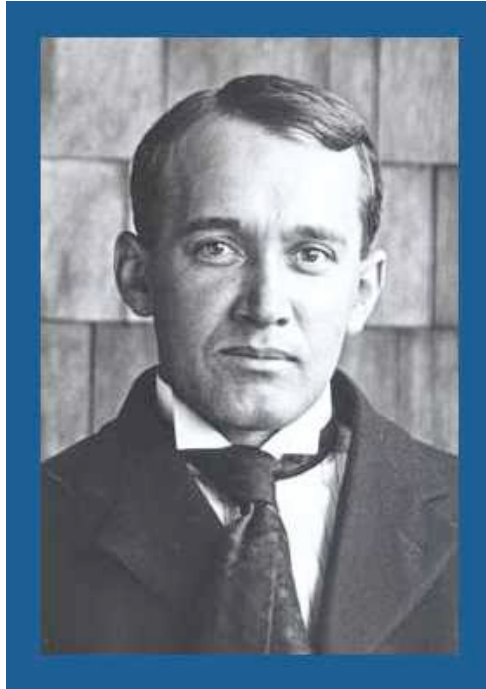


## 2.12. La Expansión del Universo: Hubble y Humason.

### 2.12.1 Introducción: Vesto Slipher.

A contar de 1914 el astrónomo norteamericano **Vesto Melvin Slipher** (1875-1969) empezó a publicar resultados acerca de las velocidades radiales (velocidades de acercamiento o alejamiento) de las nebulosas espirales. Slipher nació en Mulberry, Indiana, el 11 de Noviembre de 1875. Estudió en la Universidad de Indiana, donde obtuvo un A.B. en 1901, un M.A. (1903) y un Ph.D. (1909). Durante toda su carrera científica fue astrónomo del Observatorio Lowell, en Flagstaff, Arizona. En 1915 fue nombrado Director Asistente y en 1916, al morir Percival Lowell pasó a ser Director Interino (*Acting Director*). En 1926 se lo nombró Director en propiedad, cargo que ocupó hasta 1952. Como Director del Observatorio le tocó la tarea de supervisar la búsqueda del planeta trans-neptuniano, que culminó con el descubrimiento del planeta Plutón, hecho por el astrónomo del Observatorio Lowell Clyde Tombaugh, en 1930. Slipher murió en Flagstaff el 8 de Noviembre de 1969 a días de cumplir 94 años.

Slipher utilizó para los efectos de medir velocidades radiales de nebulosas el telescopio de refractor de 24 pulgadas del Observatorio Lowell. Estas velocidades eran mucho mayores que lo que se conocía para las estrellas y se notaba de inmediato un predominio de las velocidades de recesión. En 1917 Slipher reportó velocidades radiales para 25 galaxias espirales. Los tiempos de exposición de las placas fotográficas iban desde 20 horas hasta 80 horas. En promedio las velocidades eran de 570 km/s muy por sobre los objetos galácticos conocidos. De las 25 velocidades radiales 21 eran de recesión. Para 1925 Slipher había publicado 41 velocidades radiales que iba desde 300 km/s hacia nosotros (-300 km/s) hasta 1.800 km/s de alejamiento.



**Vesto M. Slipher (1875-1969)**

En 1921 Carl Wilhem Wirtz (1876 – 1939) buscó correlaciones entre las velocidades de las espirales y otros observables y encontró que cuando se tomaban promedio: *“se observa una dependencia aproximadamente lineal entre la velocidad y la magnitud. Esta dependencia es en el sentido que las nebulosas cercanas se aproximan a nuestra galaxia mientras las más distantes se alejan ... La dependencia de las magnitudes indica que las nebulosas espirales más cercanas a nosotros tienen velocidades de alejamiento menor que las más distantes”*.

### **2.12.2 Milton Humason:**

El trabajo inicial de Vesto Slipher fue continuado por **Milton Humason** (1891-1972) en el observatorio de Monte Wilson, con el gran reflector Hooker de 100 pulgadas de diámetro (2,5 metros). Humason nació en Dodge Centre, Minnesota, el 19 de Agosto de 1891. Siendo muy joven empezó a trabajar subiendo mulas a Monte Wilson. Su talento hizo que fuese contratado como asistente nocturno del Observatorio en 1917. Al aprender el arte de la fotografía, en 1922 fue contratado como astrónomo asistente. Su colaboración con Hubble lo llevó a determinar muchas velocidades radiales de espirales utilizando el telescopio de 100”, el más grande del mundo en esa época. Humason llegó a ser un astrónomo por su propio mérito, participando en diversas investigaciones de gran interés en astronomía extragaláctica, en los años treinta y cuarenta. Jubiló del Observatorio de Monte Wilson en 1957. Muró el 8 de junio de 1972.

Mientras tanto **Edwin Hubble** (1889-1953) había encontrado una manera de medir distancias a las galaxias. El reflector Hooker, el mayor del mundo en aquella época, le permitía a Hubble detectar estrellas en nebulosas como M31 y otras. Entre las

estrellas Hubble descubrió estrellas variables de tipo cefeida y pudo calcular el período de algunas de ellas. La relación período-luminosidad para las cefeidas encontrada por Miss Leavitt le permitió a Hubble estimar las distancias a varias nebulosas. Con ello había demostrado, en 1925, que la nebulosa de Andrómeda es una galaxia externa a la Vía Láctea a dos millones de años-luz de distancia. Para 1929 Hubble y Humason pudieron probar que las nebulosas espirales se alejan de nosotros con una velocidad de alejamiento proporcional a la distancia. Las galaxias más distantes se alejan más rápido.



## Milton Humason

Milton Lasalle Humason was born in Dodge Centre, Minnesota, on 19 August 1891. As a young man he worked for a time as a mule driver on Mount Wilson, and then in 1917 he became a night assistant for the telescopes there. A student taught him the art of astronomical photography, and Humason showed such talent for the work that in 1922 he was appointed assistant astronomer. Before long he was unrivalled in the photography of the spectra of faint nebulae, and the former mule driver proved an invaluable assistant and partner to Edwin Hubble. Humason retired in 1957, and died on 18 June 1972.

largest were over 1,000 kilometres per second, suggesting that the nebulae

### 2.12.3. Edwin Hubble y la Expansión del Universo:

Edwin Powell Hubble nació en Marshfield, Missouri el 20 de Noviembre de 1889. Estudió astronomía en la Universidad de Chicago, donde recibió un B.S. (Bachelor Science) en 1910. Obtuvo una beca Rhodes para ir a Oxford a estudiar leyes. Después de combinar los estudios con diversas prácticas deportivas en Inglaterra, regresó a los Estados Unidos en 1913 donde pasó los exámenes para ejercer de abogado en

Kentucky, cosa que hizo por un año. Ahí decidió regresar a la astronomía para lo cual en 1914 inició estudios graduados en la Universidad de Chicago. Terminó su trabajo para el doctorado en 1917 y a pesar de haber sido invitado a Monte Wilson, decidió entrar al Ejército, para participar en la Primera Guerra Mundial. Entre sus muchos méritos científicos Hubble descubrió cefeidas en M31 y otras galaxias que permitieron probar, más allá de ninguna duda la naturaleza extragaláctica de la nebulosa de Andrómeda y los millones de nebulosas espirales. En 1929 demuestra que el universo se expande. Participó en el diseño y construcción del telescopio de 200 pulgadas (5 metros) que finalmente fue levantado en Monte Palomar (y no Monte Wilson) dado que Palomar está mucho más lejos de la ciudad de Los Ángeles. Desgraciadamente la salud de Hubble sufrió un gran deterioro (infarto cardíaco) al poco de inaugurarse el 200 pulgadas en 1948. Hubble murió el 28 de Septiembre de 1953 producto de una trombosis cerebral.

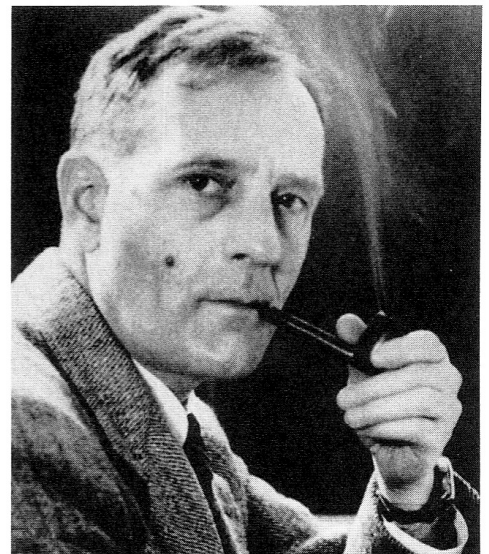
La velocidad de recesión de una galaxia es proporcional a su distancia. La interpretación más simple es aceptar que el Universo se expande. Este cambio en el factor de escala del Universo se traduce en que un observador cualquiera, en cualquier punto del Universo, verá que todos los otros puntos se alejan de él con una velocidad proporcional a la distancia.

La expansión del Universo se representa por la fórmula:

$$V_r = H_o \cdot d$$

Donde  $v_r$  es la velocidad radial y " $d$ " es la distancia.  $H_o$  es una constante de proporcionalidad, conocida ahora como la constante de Hubble. El valor más aceptado para la constante de Hubble es de 70 km/seg/Mpc. Inicialmente Hubble calculó un valor de 550 km/seg/Mpc para la constante. [1 Mpc es un megaparsec, esto es un millón de parsecs; un parsec equivale a 3,26 años-luz].

*Figure 17.22.* Edwin Hubble (1889–1953) was the leading observer of galaxies in his day. In 1923, he found Cepheids in spiral nebulae and so showed that they were separate star systems outside the Milky Way. A few years later he established the redshift-distance relation for galaxies, indicating that the universe was expanding (see Chapter 19).



Una consecuencia directa de la expansión actual del Universo es la existencia de un instante en el pasado en que el Universo debe haber tenido una altísima densidad. En efecto, dos puntos cualquiera del Universo separados una distancia “d” se alejan el uno del otro con una velocidad “Hd”. Si la expansión fuese constante en un tiempo “t” = d/Hd los dos puntos se habrían separado la distancia “d”.  $t=1/H$  y es independiente de la distancia “d” que consideremos. Por lo tanto todas las galaxias del Universo observables deben haber estado muy cerca de la Vía Láctea hace  $1/H$  años atrás. Este tiempo  $1/H$  se lo llama “*tiempo de Hubble*”. Un Megaparsec son  $3 \times 10^{19}$  km y con una velocidad de 70 km/seg se demora en recorrerla  $4,4 \times 10^{17}$  segundos, equivalentes a 14.000.000.000 años.



**Edwin Hubble hacia el final de su vida.**

Inicialmente este cálculo, con una constante de 550 daba 1.800.000.000 años, tiempo notoriamente inferior a la edad de la Tierra, que se conocía ya como 4.600.000.000 años. Como la edad del Universo no puede ser menor que la edad del Sol y la Tierra, esta discrepancia llevó a muchos a buscar salidas alternativas, en particular las que otorgan una fuerza de repulsión, como la constante Lambda de Einstein que haría que la edad del Universo podría ser mucho mayor que la derivada a partir del valor actual de la constante de expansión.

El problema de la medición de la constante de expansión es la determinación de la escala de distancias extragaláctica. La escala utilizada por Hubble en 1929 estaba muy equivocada, con distancia que estaba sub-estimadas en un factor 8. La relación período-luminosidad que Hubble utilizaba estaba errada en un factor mayor que 3; con ello su distancia a Andrómeda estaba equivocada en dicho factor. Otros errores se adicionaban y eso lo llevó a una primera estimación muy alejada del valor que hoy es aceptado como el mejor. En 1952, gracias al trabajo de Walter Baade y otros, se aceptó cambiar la escala de distancias extragaláctica en un factor dos, con lo cual de súbito la constante de Hubble, que a esas alturas se estimaba en 250 km/s/Mpc se disminuyó a 125 km/s/Mpc. Baade re-calibró las estrellas variables de tipo RR Lyrae, estrellas presentes en los cúmulos globulares y que poseen un corto período. La magnitud

absoluta de las RR Lyrae se hacía sub-estimado y por ello la escala de distancia se modificó en un factor 2.

Trabajos posteriores de muchos astrónomos, principalmente de Allan Sandage en Monte Wilson y Monte Palomar, han colocado el valor de la constante de Hubble en el rango entre 50 y 80. Durante los años setenta y ochenta hubo una áspera disputa entre diversos astrónomos acerca del valor de la constante de Hubble: algunos la situaban en la cercanía de 80 y Sandage y otros, en la vecindad de 50. Sólo en los últimos diez años se empezó a lograr un consenso entre 60 y 75, que las supernovas de tipo Ia sitúan en torno del valor de 70 km/s/Mpc. Hoy parece haber un buen acuerdo en torno a 70.

Con una constante de Hubble de 70 km/seg/Mpc el Universo podría ser vacío (o casi vacío) y no tener ninguna contradicción entre la edad del Sol, la edad de las estrellas más viejas, unos 13 a 15 mil millones de años y la edad del universo (14.000.000.000 años). Actualmente las evidencias cosmológicas a comienzos del siglo XXI (año 2006) nos indican que el Universo en gran escala es plano, tiene entonces una densidad igual a la densidad crítica y su edad sería 14 mil millones de años. Lo último en modelos cosmológicos, como veremos más adelante, es que el Universo tiene una constante de repulsión que hace que el Universo en gran escala se acelera. Con ello se logra reconciliar las escalas de tiempo en alrededor de 14 mil millones de años para el big-bang y para las estrellas más viejas. Recuerde que un universo crítico tiene una edad es  $2/3$  el tiempo de Hubble si no hay repulsión, con lo cual si el tiempo de Hubble es de 14.000 millones de años la edad del Universo sería de 9.000 millones, tiempo menor que las estrellas más viejas de la Vía Láctea.

La expansión del Universo es uno de los datos observacionales más importantes para la cosmología que elevó el nombre de su descubridor, Edwin Hubble, a la galería de los más destacados astrónomos del siglo XX. Gracias al éxito de Hubble y del Observatorio de Monte Wilson, Rockefeller donó el dinero para construir un telescopio de 5 metros de diámetro, en Monte Palomar. La segunda guerra mundial retrasó la construcción pero el gigante de hierro y cristal fue finalmente inaugurado en 1948. Desgraciadamente Hubble no lo alcanzó a utilizar pues su salud se debilitó y murió en 1953.

## **Bibliografía:**

Publications of the Astronomical Society of the Pacific, **Vol 81**, 922.

Berendzen, R., Hart, R. & Seeley, Daniel "Man Discovers the Galaxies", Science History Pub., New York 1976.