Capítulo 7

Galaxias

7.1. Introducción histórica

Resumido de *The historical quest for the nature of the spiral nebulae*; Fernie, J. D. 1970, PASP 82, 1189.

M 31 Visible a ojo desnudo. Sin embargo, no hay registros de menciones por los Griegos.
1$^{\text{er}}$ registro: Abdurrahaman Al-Sûfi (Persia, s. X).
Europa: carta holandesa $\sim$ 1500.
En 1612, Simón Marius (Mayer): la describe como "vela brillando a través de material translúcido."

1618 – 1656 Cysat (jesuita) y C. Huygens describen la Neb. de Orión.

1734 E. Swendenborg (filósofo sueco): posibilidad de infinidad de "esferas" estelares como la Vía Láctea (VL en lo que sigue).

1755 T. Wright (fabricante de instrumentos inglés): modelo "piedra de amolar" para la VL, es decir, disco grueso de estrellas.

1755 Immanuel Kant (filósofo alemán):

- "Hipótesis nebular" para el origen del Sistema Solar.
- Las "nebulosas" son "universos islas" (UI) semejantes a la VL.

Pierre-Simon Laplace Difunde la hipótesis nebular; queda la base para la posterior idea de que las "nebulosas espirales" son sistemas planetarios en formación.

1761 John Lambert: VL compuesta por infinidad de estrellas lejanas. Puede haber otros sistemas, no detectables con la tecnología del momento.

1784 William Herschel: construye los mejores telescopios de la época. Con la técnica de conteos estelares, llega también a la conclusión de que la VL es disco grueso.
Expresa distancias en función de la distancia a Sirio (no hay paralajes hasta 1838, Bessel).
Diámetro VL $\simeq 800\ d_{\mathrm{S}} \equiv 2{,}1$ kpc.
Treinta años después: Diámetro VL $\geq 2300\ d_{\mathrm{S}} \equiv 6$ kpc.
Objetos nebulosos: observa que la mayoría de los objetos del catálogo Messier se resuelven en estrellas. Concluye que todas las "nebulosas" (¡incluso Orión!) son estelares, sólo que algunas están muy lejos para ser resueltas.

Fines s. XVIII: La teoría de los UI es muy popular.

1790 W. Herschel: descubre asociación nebulosa planetaria (NP) y su estrella central.
$\therefore$ hay "nebulosas" realmente *nebulosas*.
Hacia 1820, ya no estaba tan seguro: "Más allá de los límites de nuestro sistema, todo es oscuridad ..."

Principios s. XIX: crece la popularidad de la hipótesis nebular de Laplace, y decae la de los UI.

1836 Airy: cita Orión y Andrómeda como ejemplos de nebulosas que no se resuelven en estrellas.

1840 W. Parsons, 3$^{\mathrm{er}}$ Conde de Rosse: nuevo método para templar espejos $\longrightarrow$ "Leviathan of Parsosntown": tel. 1.8-m (salto tecnológico).
Descubren estructura espiral y resuelven en estrellas la "nebulosa" M 51 (hoy *Galaxia del Remolino*). Renace teoría UI. Se sugiere estructura espiral para la VL.
A partir de esto, muchos observadores creen resolver en estrellas *todas* las "nebulosas", incluso NPs, M 1 (el "Cangrejo"). ¡Hay quien hasta ve resuelto el anillo de Saturno!

1850 Bond: estructura espiral en Neb. Orión y en el cúmulo globular (CG) M 13. Se abona la relación CGs $\longleftrightarrow$ neb. espirales.

Mediados s. XIX: teoría UI muy popular.

Hacia fines s. XIX:

1. Mejores observaciones + fotografía: muchas "resoluciones" eran errores observacionales.
2. John Herschel (1830–1847): Coexisten sistemas estelares y verdaderas nebulosidades.
3. Crece la base de datos.
   - Messier (1781): 103 nebulosas
   - W. Herschel (1802): 2500 neb.

- J. Herschel (1864): ~ 5000 neb. (incluye H. Sur) $\longrightarrow$ General Catalogue (base del NGC).
- Relevamientos fotográficos.

Se puso en evidencia la "zona de exclusión" (zone of avoidance) cercana al plano de la VL, donde *no se observan nebulosas.* Nebulosas distribuidas simétricamente respecto VL $\longrightarrow$ se concluye que deben estar asociadas.

4. Roberts (1888): fotografías profundas de M 31. Espiral muy extensa, asociada con M 32 y NGC 205. Identifica éstas como protoplanetas.

5. W. Huggins (1864), Padre Secchi (1865), H. Vogel (1872): espectroscopía de nebulosas. En particular, Orión: espectro de líneas $\Rightarrow$ material gaseoso.

   M 31: espectro continuo. Se dan hipótesis "ad hoc" para meter todo en la misma bolsa.

$\boxed{\text{Fines s. XIX: teoría UI completamente desacreditada.}}$

De mediados a fines s. XIX se establecen herramientas decisivas: fotografía, espectroscopía, grandes telescopios en climas adecuados.

1899 - 1900 Keeler: usa telescopio 90-cm (Lick). Estima que se pueden detectar 120 000 nebulosas. Mayoría espirales, otras no (momento angular).

1899 Wilson: M 31 tiene estructura. Sugiere sistema en formación, pero no planetario sino estelar (CG).

1899 Scheiner: espectro de M 31 es tipo solar $\rightarrow$ es sistema estelar y no gaseoso.

1900 Roberts "descubre" rotación en M51, pero enseguida nota que era un error.
Inmediatamente, otros empiezan a encontrar estructura espiral en casi cualquier cosa, además de resultados sorprendentes, entre ellos la medición de la paralaje trigonométrica de M 31 ($p = 0\overset{''}{.}171$).

1911 Fath: mayoría espirales espectro estelar, pero algunas emisión (eran galaxias activas). Sugiere secuencia evolutiva:
Neb. caótica (Orión) $\rightarrow$ NP $\rightarrow$ espiral con emisión $\rightarrow$ espiral sin emisión $\rightarrow$ CG.

1911 Very: estima tamaño VL (40 pc) usando distancia a una nova. Suponiendo que la "nova" de 1885 en M 31 (en realidad una supernova) es similar, calcula distancia a M 31: 490 pc. (En realidad, el parsec se adopta recién en 1922.) Las espirales más débiles estarían a 10^6 AL.
Para esta época no hay consenso sobre qué son las nebulosas, ni siquiera qué es la VL.

1909–1914 Evidencia a favor de extinción interestelar. Sin embargo, hasta Trumpler (1930) la comunidad astronómica mayormente la niega.

1914 Slipher mide $v_{\rm r} = -300$ km s^{-1} para M 31.
Luego: 15 velocidades radiales, 11 positivas. Todos valores absolutos altos ($\sim 10^2$ km s^{-1}).
Junto con Wolf (1914): las espirales rotan (en $v_{\rm r}$).

1915 Curtis mide movimientos propios para 66 espirales. Calcula distancia media 10 000 AL y tamaños de pocos cientos de AL.

1915 A. van Maanen: mide rotación de M 101 (85 000 años), y encuentra movimientos de material hacia afuera. Hoy sabemos que eran errores sistemáticos.

1914 Walkey: conteos de estrellas B $\rightarrow$ diámetro VL $\simeq$ 10 000 AL.

1917 Perrine: el centro de la distribución de CGs parece estar en la dirección de la región más brillante de la VL en Sagitario.

1918-1919 Shapley es el que lleva a la práctica esa idea. Mide la posición de la distribución de CG. Con su escala de distancias, obtiene un diámetro de 300 000 AL para la VL, con el Sol a 65 000 AL del centro.
$\therefore$ si las espirales están a 10 000 AL, son parte del sistema de la VL.
Shapley niega la existencia de material absorbente distribuido, sobre el que hay cada vez más evidencia (Adams, Kapteyn, Moore, etc.). Sin embargo, se acepta que hay material en nubes oscuras.

1914-1917 Eddington, Curtis: material absorbente en el plano, comparable a espirales vistas de canto, explicaría la zona de exclusión.

1917 Ritchey: descubre nova en NGC 6946. Otros astrónomos buscan en sus placas y encuentran al menos otras 11 en distintas nebulosas, entre ellas 3 en M 31. Curtis calcula distancias de hasta 20×10^6 AL.
Pero las "novas" de 1885 y 1895 en M 31 no podían ser novas ordinarias, sino "supernovas."
Para esta época, la idea de que las nebulosas espirales eran sistemas planetarios en formación estaba abandonada (debido a la evidencia de sus velocidades radiales y tamaños calculados), pero susbsistía la de que podían ser sistemas estelares (CG) en formación (Jeans, 1917).

1921-1923 Las mediciones de van Maanen (movimientos propios y rotación) siguen siendo el principal escollo a la teoría de los UI, a favor de la cual está el resto de la evidencia.

1920 Seares: mide el brillo superficial de varias espirales y compara con VL. Ésta resulta mucho más débil (pero porque no se considera la extinción).

1921-1922 Öpik: argumentos dinámicos para medir distancia a M 31. Obtiene 785 kpc, luego lo reduce a 450 kpc.

1922 McLaughlin: argumentos dinámicos, espirales cercanas pero muy masivas.

1922 Wirtz: correlación positiva v_{r} – mag. aparente, y correlación negativa v_{r} – diámetro aparente (precursor de Hubble).

1923 Reynolds: distingue espirales de "ovoides" (elípticas).

1920 El "Gran Debate": 26 de abril, Academia Nacional de Ciencias (EEUU), Shapley y Curtis debaten sobre "La Escala del Universo."
Shapley: VL grande, Sol lejos del centro, las espirales son más chicas y no son UI.
Curtis: las espirales son galaxias, la VL es chica y con el Sol cerca del centro.
Los dos tenían algo de razón y estaban equivocados en otras cosas. Ambos seleccionaron la información según las conveniencias de sus respectivas teorías.

1925 Edwin Hubble: descubre cefeidas en M 31 y M 33. Queda establecido que ambas son galaxias (UI).