

# Vera Rubin, curvas de rotación galáctica y materia oscura

**POR MIGUEL ÁNGEL PÉREZ TORRES (IAA-CSIC)**

Tomemos la teoría de la gravitación de Newton, apliquémosla a galaxias en rotación y enseguida nos daremos cuenta de que algo no cuadra: las galaxias deberían desgajarse. ¿Por qué no lo hacen? Ya a mediados de los años 50 del siglo pasado, los astrónomos sabían de este problema. La materia de una galaxia orbita en torno a un punto central porque la mutua atracción gravitatoria genera fuerzas centrípetas. Pero no hay masa (luminosa) suficiente para que las galaxias produzcan la rotación observada. ¿Entonces, qué es lo que mantiene a las galaxias enteritas? Incluso antes, en los años 30, Fritz Zwicky había señalado que las velocidades de las galaxias en el interior del cúmulo de galaxias de Coma eran tan grande que solo podían explicarse si la razón masa/luminosidad era de 500. Por razones que ahora es difícil entender, nadie hizo caso a los resultados de Zwicky hasta pasados más de treinta años.

Vera Cooper Rubin (1928, Filadelfia, EE.UU.) se licenció en astronomía a finales de los 40 e intentó inscribirse en Princeton para hacer su tesis doctoral allí, pero no la admitieron por ser mujer (Princeton solo aceptó mujeres para el grado de astronomía a partir de 1975). Así que Vera se inscribió en el máster de la universidad de Cornell. No sé cómo le habría ido en Princeton, pero no creo que hubiera tenido mejores profesores de Física Cuántica (Richard Feynman) ni de Mecánica Cuántica (Hans Bethe). Finalizó el máster en 1951 y ese mismo año obtuvo las primeras observaciones de galaxias que no seguían el flujo de Hubble, sugiriendo que las galaxias podrían estar rotando alrededor de centros desconocidos, en lugar de estar separándose radialmente unas de otras, como la teoría del Big Bang proponía. Esta idea no tuvo una buena acogida entre sus colegas.

## La grumosa distribución de las galaxias

Lejos de deprimirse, Vera Rubin continuó su trabajo, ahora para la tesis doctoral, en la Universidad de Georgetown, en el área de Washington D.C. Esta universidad era la única que ofrecía un doctorado en astronomía en toda el área cercana donde vivían los Rubin (Vera se casó con veinte años con Bob Rubin, físico, que había conseguido por entonces un trabajo estable en Washington). Entre 1952 y 1954, Vera Rubin fue dos veces por semana, por la noche, a los cursos de doctorado de astronomía. Rob y, especialmente, Vera, vivieron años frenéticos, en los que al tiempo que uno trabajaba y la otra cursaba el doctorado, iban naciendo y creciendo sus primeros dos hijos (tuvieron cuatro).

El director de tesis de Rubin fue George Gamow, conocido promotor de la teoría del Big

Bang. "Aprendí mucho de mis discusiones con él, aunque poco de ello relacionado con mi tesis", diría Rubin sobre Gamow. Vera se graduó en 1954 con un trabajo en el que concluía que las galaxias estaban distribuidas de modo grumoso, como la harina en la sartén para preparar una salsa bechamel, en lugar de seguir una distribución aleatoria en el espacio. Como también le pasó a Gamow, cuyas ideas rompedoras sobre el Big Bang durmieron el sueño de los valientes durante casi veinte años, la sugerencia de Rubin no se retomó seriamente por el resto de colegas hasta principios de los 70.

Al año siguiente, en 1955, Vera aceptó una plaza de investigadora en el departamento de astronomía de la universidad de Georgetown, donde permaneció durante diez años. Fue a partir de 1960 cuando Vera se convirtió en la pionera de estudios de rotación estelar en galaxias. Rubin, junto a sus colaboradores, descubrió la existencia de una fuerte discrepancia entre las predicciones teóricas de curvas de rotación de numerosas galaxias, cuyas velocidades deberían ir decreciendo al alejarse del centro de la galaxia, y las observaciones, que indicaban un aplanamiento de las curvas de rotación, lo que en los años setenta llegó a conocerse como el "problema de la rotación galáctica".



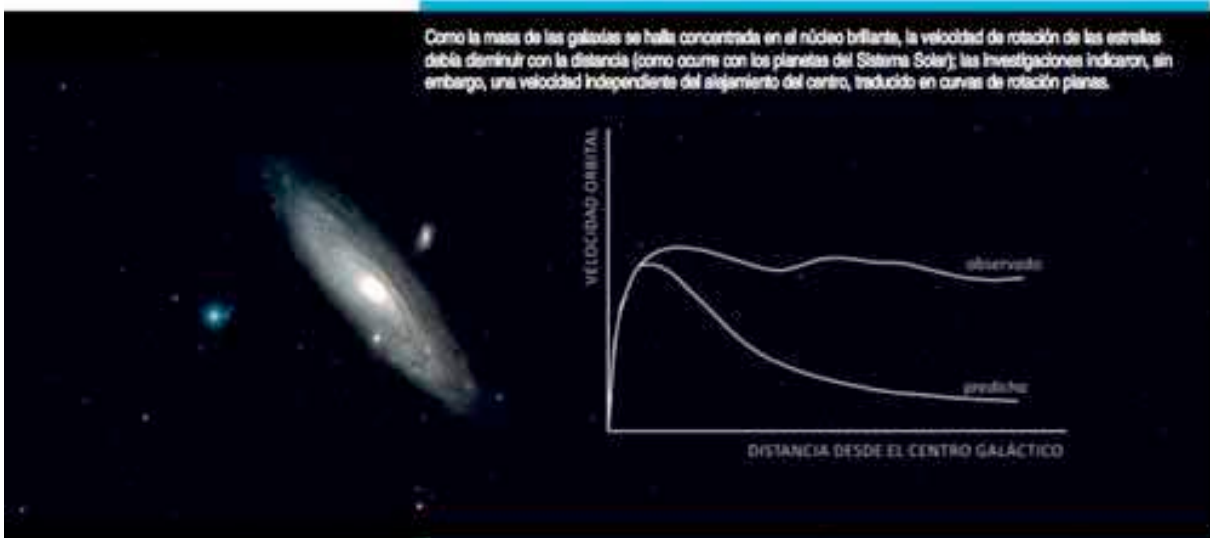
### **Rotación de galaxias y materia oscura**

Todo se inició con un curso de máster que Rubin impartió a principios de los 60. Vera propuso a los seis estudiantes del curso que trabajaran en la determinación de una curva de rotación de estrellas de nuestra galaxia que estuvieran muy alejadas del centro. En el resumen del artículo (1) se puede leer: "Para radios  $R > 8.5$  kpc, la curva de rotación es plana y no decrece como se esperaría si las órbitas fueran keplerianas". Tras su publicación, muchos comentarios fueron negativos y hasta desagradables. Esta fue la primera curva de rotación plana publicada y, hoy día, el trabajo sigue citándose.

Este trabajo se hizo en colaboración con sus estudiantes de máster, así que cuando lo envió a *The Astrophysical Journal*, todos los estudiantes firmaban también el artículo. El editor dijo que aceptaba el trabajo, pero que no publicaría los nombres de los estudiantes. Vera replicó, tajante: "Entonces retiro el artículo". El editor dio marcha atrás y todos los estudiantes firmaron el artículo. Este no es sino uno de los muchos casos en los que Vera Rubin ha demostrado ser una persona íntegra, además de una defensora de la igualdad de derechos entre hombres y mujeres.

En los años 70, Rubin obtuvo la evidencia más clara hasta ese momento de la existencia de materia oscura, en una serie de trabajos publicados junto a sus colaboradores, en especial junto a Kent Ford (2, 3, 4). Aunque inicialmente la

comunidad científica acogió con escepticismo estas observaciones, los resultados obtenidos por Rubin y sus colaboradores se han visto plenamente confirmados desde entonces. Con el tiempo, los intentos por explicar de forma satisfactoria este problema condujeron inevitablemente al desarrollo de la teoría de la materia oscura, que permite explicar, entre otras cosas, las curvas de rotación de las galaxias y el movimiento de estas en cúmulos de galaxias. Si hoy día prácticamente nadie cuestiona la existencia de la materia oscura, esto se debe esencialmente a las observaciones de Vera Cooper Rubin.



Sin su perseverancia y falta de dogmatismos a la hora de interpretar las observaciones, la materia oscura habría permanecido mucho más tiempo en el cajón del olvido. Hay teorías alternativas de la gravitación newtoniana, como MOND (*Modified Newtonian Dynamics*), que no consideran la materia oscura, pero parecen quedar definitivamente excluidas, para gran desilusión de Rubin: "Si pudiera escoger, me gustaría que las leyes de Newton se pudieran modificar para describir correctamente las interacciones gravitatorias a grandes distancias. Me parece mucho más atractivo que un universo lleno de un nuevo tipo de partícula subatómica".

(1) Rubin VC, Burley J, Kiasatpoor A, Klock B, Pease G, Rutscheidt E, Smith C. 1962. *Astron. J.* 67:491

(2) Rubin VC, Ford WK Jr, Rubin JS. 1973. *Ap. J.* 183:L111

(3) Rubin VC, Ford WK Jr, Thonnard N, Roberts MS. 1976. Astron. J. 81:719 (4) Rubin VC, Ford WK Jr, Thonnard N, Roberts MS, Graham JA. 1976. Astron. J. 81:687

**Miguel Ángel PÉREZ TORRES (IAA-CSIC)**  
**Este artículo aparece en el número 49, junio 2016,**  
**de la revista *Información y Actualidad Astronómica*,**  
**del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA\_CSIC)**