

La Relación Tully – Fisher: Una aproximación al Estudio de la Evolución de Aureolas de Materia Oscura en Galaxias Espirales

Objetivo: Investigar el comportamiento de la relación Tully – Fisher utilizando los datos recolectados en catálogos galácticos (Galaxias Espirales) e identificar el corrimiento de la línea (V^4 vs. L) hacia la derecha a velocidades rotacionales mayores a 200 km s^{-1} . Inquirir si las Aureolas de Materia Oscura son las posibles causantes de este fenómeno y su relación con la evolución galáctica.

Introducción: La Relación Tully – Fisher es la comparación entre la luminosidad y la velocidad de una galaxia espiral. La luminosidad de la galaxia se mide utilizando la magnitud absoluta (M) que es una medida logarítmica del brillo de un objeto celeste a una distancia estandarizada de 10 parsecs (pc). La magnitud absoluta se puede conocer a partir de la magnitud aparente (m), la distancia del objeto celeste observado (pc) y aplicando la siguiente fórmula:

$$m - M = 5 \log_{10}(d/10)$$

d : distancia en pc

La velocidad de la galaxia se mide utilizando espectroscopía de Long – Slit que es capaz de capturar el espectro de la totalidad de la galaxia. De ésta manera se puede observar el corrimiento de la línea de Hidrogeno I en el lado de la galaxia que se aleja, comparándolo con el lado que se acerca y de esta manera encontrar la velocidad de rotación en km s^{-1} .

La relación observada por Tully y Fisher entre Luminosidad y Velocidad, está estrechamente ligada a la masa de la galaxia. El brillo de la galaxia está dado por su contenido en estrellas, lo que quiere decir que a mayor luminosidad, mayor cantidad de estrellas y por ende es más masiva. En cuanto a la velocidad, a mayor masa, mayor velocidad rotacional. Esta relación se puede observar de la siguiente manera:

$$L \propto V^{4.34 \pm 1}$$

Para observaciones en la banda K.

Actualmente la relación Tully – Fisher se utiliza como una “Candela Estándar” secundaria. Esto quiere decir que una vez este calibrado con Cefeidas y Supernovas, este método puede ser usado para medir distancias a otras galaxias. Por efectos de extinción, es muy difícil observar la luminosidad intrínseca de una galaxia lejana, en cambio, la velocidad rotacional es más fácil de medir y gracias a la relación se puede conseguir de esta manera la luminosidad y así la distancia.

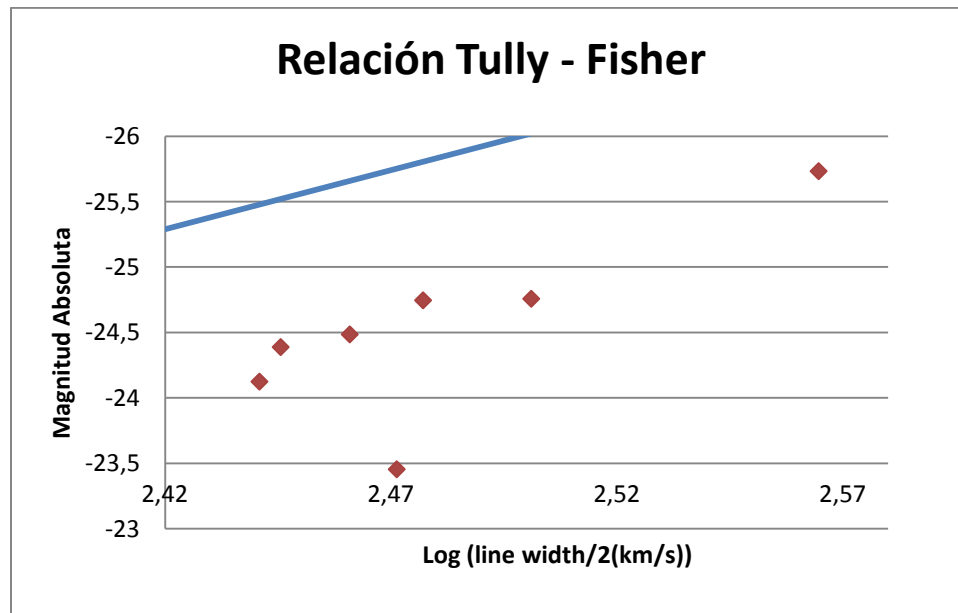
¹ <http://mnras.oxfordjournals.org/content/391/4/1712.full>

Procedimiento: A continuación se presenta brevemente el procedimiento que se utilizó para investigar la inclinación en la curva d Tully – Fisher.

1. Se buscaron las galaxias que rotaran más rápido (por encima de 250 km s^{-1}) que se estuvieran alejando a menos de 3000 km s^{-1} . Esto se hizo con el objetivo de minimizar errores por corrección de absorción de luz por polvo interestelar.
2. Una vez seleccionadas las galaxias, se procedió a encontrar la magnitud aparente en el infrarrojo cercano (banda H). Esta banda de luz nos permite ver la masa estelar de la galaxia en mayor detalle, además de reducir los efectos de absorción de polvo.
3. Luego se calculó la distancia a cada galaxia utilizando la constante de Hubble (71 (km/s)/Mpc) y su velocidad de recesión. El cálculo de la distancia fue necesario para poder computar la magnitud absoluta de los cuerpos celestes.
4. Usando la magnitud absoluta se puede calcular la luminosidad absoluta de la galaxia en cantidades solares y así establecer la gráfica para comparar los resultados con la ecuación de Tully – Fisher.
5. Una vez se tiene la Luminosidad y la relación Tully – Fisher, se puede calcular la masa observada y teórica de la galaxia para poder compararlas. Para encontrar la masa se debe tener en cuenta la proporción de estrellas de cada tipo dentro de la galaxia y esto se puede lograr con la diferencia entre las magnitudes tomadas en bandas B y V (Azul y Visual respectivamente).

Resultados:

Gráfica de la relación Tully –Fisher con las galaxias seleccionadas:



Gráfica 1.

En esta gráfica los puntos rojos representan cada una de las galaxias escogidas y la línea azul es la relación Tully – Fisher esperada. En este caso podemos ver que la posición de todas las galaxias se encuentra a la derecha de la relación.

Tabla de masa observada y masa esperada:

Galaxia	Velocidad Rotacional (Km/s)	Masa Observada (M ₀)	Masa Esperada (M ₀)
NGC 4594	367	3,5884E+11	1,31179E+12
UGC 9499	317	1,4617E+11	6,94723E+11
NGC 2613	300	1,2833E+11	4,85465E+11
UGC 4966	296	3,9077E+10	4,57992E+11
NGC 7410	289	1,0097E+11	4,12808E+11
UGC 1929	279	1,0404E+11	3,99151E+11
ES240-011	276	6,5084E+10	3,03829E+11

Tabla 1.

En esta tabla se puede observar que para todas las galaxias el valor de la masa esperada es mayor que la observada.

Análisis de Resultados: Como se puede observar en la gráfica, todas las galaxias están del lado derecho de la relación Tully – Fisher. Esto significa que estas galaxias están rotando a velocidades mayores que lo que se espera dadas sus magnitudes absolutas. Dado que la velocidad de rotación de una galaxia es directamente proporcional a la masa de la misma, se puede decir que estas son más masivas de lo que parecen. Esto se puede observar con mayor claridad una vez que se realizan las transformaciones de velocidad a masas solares en la Tabla 1. La masa observada a partir de la luminosidad absoluta de las galaxias es en casi todos los casos entre tres y cuatro veces más pequeña de lo que se espera en términos de velocidad de rotación. Esta masa oculta puede estar en cuerpos oscuros como el polvo interestelar, agujeros negros y enanas marrones entre otros. Sin embargo, se considera que la mayor parte de la masa oculta debe pertenecer a la materia oscura. Dado que esto es una característica de galaxias que rotan más rápido de 250 km/s, se puede decir que la proporción entre materia oscura y materia bariónica no se mantiene igual para todas las galaxias, aparentemente esto solo ocurre para objetos que se encuentran rotando a velocidades menores a 250 km/s. Esto tiene como consecuencia que un aumento en la luminosidad de la galaxia se vea reflejado en un aumento incrementado en la velocidad rotacional de la galaxia.

Conclusión: En conclusión se puede decir que las galaxias con velocidades rotacionales altas se encuentran sistemáticamente a la derecha de la relación Tully – Fisher, dándonos evidencia de una mayor proporción de materia oscura frente a materia bariónica que en otros objetos. Si esto es así, esto puede significar que el aumento de masa de una galaxia después de aproximadamente 3.5×10^{11} M₀ se debe principalmente a la aureola de materia oscura. Se puede decir entonces que la materia oscura cumple un papel principal en la organización y distribución del universo al tener una influencia significativa en procesos de evolución y desarrollo galáctico.

Bibliografía:

http://www.astro.virginia.edu/~as8ca/thesis/SinghalAThesis_bw.pdf
<http://www.astro.umd.edu/~ssm/ASTR620/mags.html>

<http://mnras.oxfordjournals.org/content/391/4/1712.full>

<http://iopscience.iop.org/0004-637X/550/1/212/fulltext/52546.text.html>