

Simulaciones de formación de galaxias disco barradas

Algorry D. G.^{1,2}, Abadi M. G.^{1,2}, Ferrero I.^{1,2}, Navarro J. F.³, Sales L. V.⁴

¹ Instituto de Astronomía Teórica y Experimental, CONICET.

² Observatorio Astronómico de Córdoba (OAC).

³ Department of Physics and Astronomy, University of Victoria, Canadá.

⁴ Institute for Theory and Computation, Harvard University.

Introducción

Las barras están presentes en más del 60% de las galaxias disco en el Universo actual. Se cree que su formación está ligada directamente a la evolución secular de la galaxia a la que pertenece. Numerosos estudios observacionales han dado información útil de las propiedades cinemáticas, morfológicas y fotométricas. Estos esfuerzos observacionales, han sido acompañados por numerosos estudios mediante el uso de simulaciones numéricas para lograr un entendimiento de los mecanismos dinámicos relevantes que influyen en la formación de barras en galaxias. El objetivo de este trabajo es realizar un análisis de la formación y evolución de las barras en galaxias mediante el uso de simulaciones numéricas cosmológicas hidrodinámicas de N-cuerpos. De este modo, incluimos efectos importantes en la evolución de una galaxia tales como interacciones entre galaxias o fenómenos de acreción, entre otros.

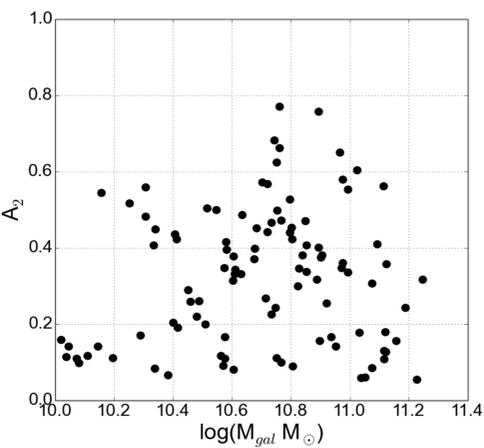


Figura 1. Relación entre la masa estelar de la galaxia (M_{gal}) y la Intensidad A_2 de las galaxias centrales de la muestra seleccionada. Las galaxias con mayor A_2 poseen barras más alargadas en su centro.

Simulaciones Numéricas

Utilizamos el conjunto de simulaciones cosmológicas hidrodinámicas de alta resolución *Galaxies-Intergalactic Medium Interaction Calculation* (GIMIC, Crain et al. 2009). Las condiciones iniciales de estas simulaciones se generaron a partir de una región esférica de aproximadamente $20 h^{-1}$ Mpc de radio extraída de las simulaciones de N-cuerpos *Millenium* (Springel et al. 2005). Estas simulaciones siguen la evolución temporal de 5 regiones esféricas seleccionadas para muestrear regiones con desviaciones respecto de la densidad media del Universo de $(-2, -1, 0, +1, +2)\sigma$ a redshift $z = 1.5$, donde σ es la desviación cuadrática media de la fluctuación de la masa medida en escalas de $20 h^{-1}$ Mpc. De las 5 regiones existentes, este trabajo se focaliza en el análisis de la región 0σ con el fin de estudiar una región de densidad típica del Universo.

Para identificar las galaxias utilizamos el algoritmo SUBFIND (Dolag et al. 2009) y seleccionamos solo las galaxias centrales con masa estelar $M > 10^{10} M_{\odot}$ a redshift $z = 0$. Este criterio identifica 119 galaxias centrales con más de 10^4 partículas estelares permitiendo una estimación razonable de sus propiedades intrínsecas.

Análisis

En primer lugar, medimos la intensidad de la barra en una galaxia mediante una técnica basada en las componentes de de Fourier de la distribución bidimensional de la masa (Athanasoula et al. 2013)

$$a_m(R) = \sum_{i=0}^{N_R} m_i \cos(m\theta_i), \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

$$b_m(R) = \sum_{i=0}^{N_R} m_i \sin(m\theta_i), \quad m = 1, 2, \dots$$

donde N_R es el número de partículas dentro de un anillo dado alrededor de un radio cilíndrico R , m_i es la masa de la partícula i y θ_i es el ángulo azimutal. A partir de estas dos funciones dependientes de R definimos la intensidad de la barra como la amplitud máxima relativa a la componente $m=2$

$$A_2 = \max \left(\frac{\sqrt{a_2^2 + b_2^2}}{a_0} \right).$$

Este parámetro puede tomar valores en el rango $[0, 1]$ y mientras mayor sea, la intensidad de la barra será mayor.

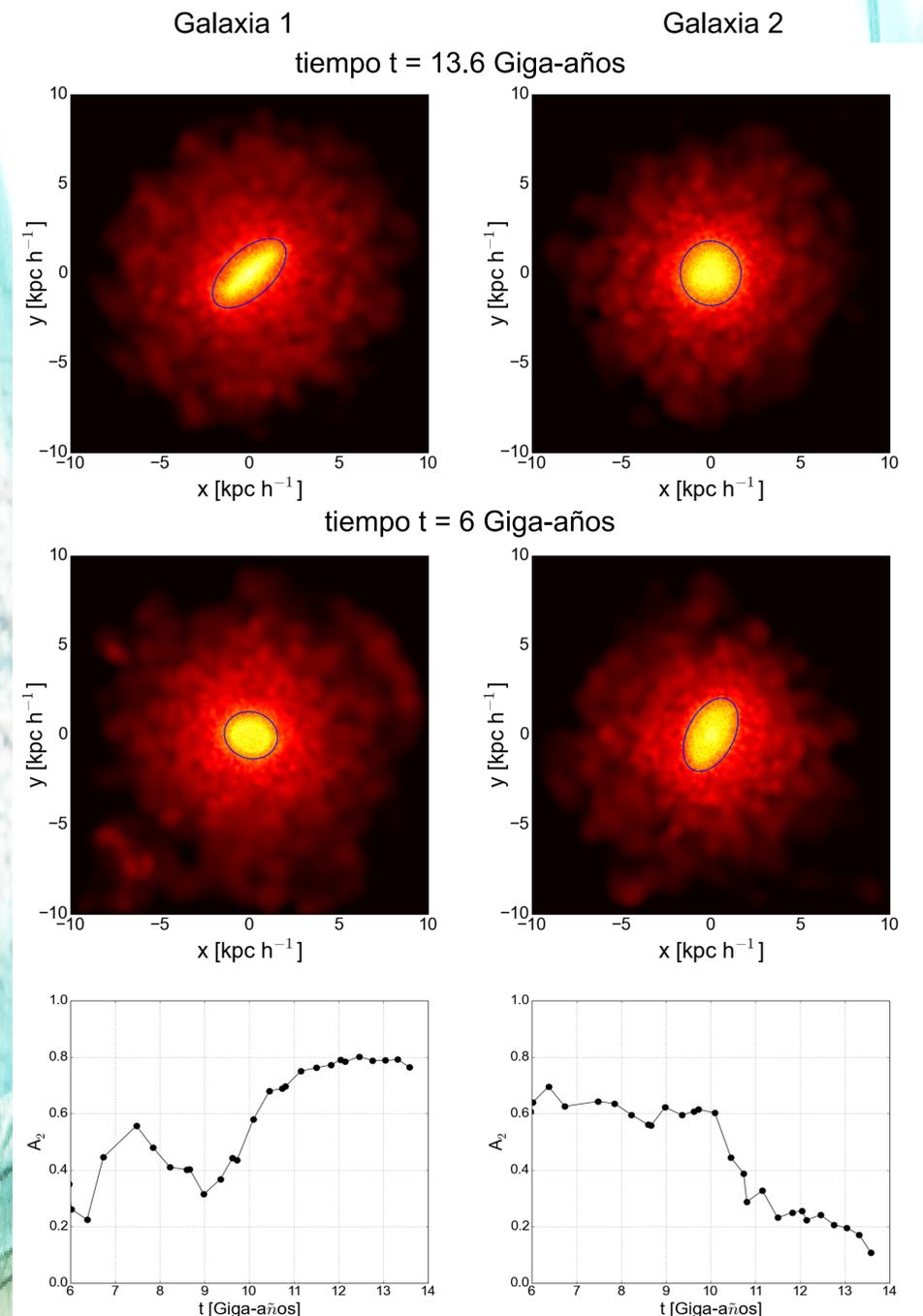


Figura 2. Paneles superiores: Distribución espacial de dos galaxias vistas de frente con $A_2 = 0.76$ (izquierda) y $A_2 = 0.13$ (derecha) a redshift $z=0$ ($t=13.58$ Giga años). Paneles centrales: Distribución espacial de las mismas dos galaxias a un tiempo $t=6$ Giga-años. Paneles inferiores: Evolución temporal de la Intensidad A_2 de los dos ejemplos anteriores.

La Figura 1 muestra la relación que existe en la masa estelar de la galaxia y la intensidad A_2 . Las galaxias con barra más intensa se encuentran en el rango de masas de $10^{10.6} M_{\odot} \leq \log(M_{gal}) \leq 10^{11} M_{\odot}$.

Para ejemplificar la robustez de este método, en la Figura 2 se muestra la distribución de las partículas estelares de dos galaxias a redshift $z=0$ (tiempo $t = 13.6$ Giga-años). La galaxia 1 (panel superior izquierdo) posee una intensidad $A_2 = 0.75$ mientras que la galaxia 2 (panel superior derecho) posee una intensidad $A_2 = 0.13$. En este tiempo, la galaxia 1 presenta una barra interna de gran intensidad mientras que la galaxia 2 no posee barra.

Analizando la evolución temporal de la galaxia 1 (panel inferior izquierdo), se observa que la intensidad A_2 es constante para $t > 10$ Giga-años, siendo creciente en el rango $6 < t/\text{Giga-años} < 10$. En $t = 6$ Giga-años la galaxia posee una intensidad baja ($A_2 = 0.25$) y por lo tanto, no presenta una componente barrada interna (panel intermedio izquierdo). La galaxia 2 posee un comportamiento opuesto al de la galaxia 1. En $t = 6$ Giga-años la intensidad de su barra es de $A_2 = 0.65$ lo que implica la presencia de una barra interior (panel intermedio derecho). Además, esta galaxia posee una barra interna para $t < 10$ Giga-años, decayendo su intensidad hasta quedar sin barra en redshift $z=0$.

Referencias

- Athanasoula E. et al., 2013 MNRAS 429, 1949
 Crain R. A. et al., 2009 MNRAS 399, 1773
 Dolag K., Borgani S., Murante G., Springel V., 2009, MNRAS, 399, 497
 Springel et al., 2005, Nature 435, 629