

Colisión de dos galaxias como un posible escenario de formación de las galaxias satélites de la Vía Láctea.

Colisión de dos galaxias como un posible escenario de formación de las galaxias satélites de la Vía Láctea

Diana J. Cubillos-Jara ^{a*}, Rigoberto A. Casas Miranda ^b,

^aUniversidad ECCI

^bUniversidad Nacional

Aceptado Diciembre de 2014; Publicado en línea Marzo 2015.

ISSN 2256-3830.

Resumen

Por medio de las simulaciones numéricas de N-cuerpos se analiza un escenario en el cual la Vía Láctea hace 10Gyr colisionó con otra galaxia de disco de menor tamaño y como producto de dicha colisión, se generaron las galaxias que ahora se conocen como las galaxias enanas satélites de la Vía Láctea.

La simulación se realiza partiendo de una razón de masas de 4 a 1 para las galaxias en colisión, con un millón de partículas en cada una y parámetro de impacto de 6 Kpc, para una orbita parabólica. Los resultados muestran como las fuerzas de marea entre las galaxias llevan a la destrucción de la galaxias menos masiva, haciendo que sus escombros queden orbitando a la galaxia nodriza en un plano perpendicular de forma similar a la distribución espacial mostrada por las galaxias satélites de la Vía Láctea.

Palabras Claves: Galaxias Satélites, Vía Láctea, Disco de satélites.

Abstract

Through numerical N-body simulations we analyze a scenario in which 10 Gyr ago the Milky Way collided with a smaller disk galaxy. As a result of this collision, the Milky Way's satellite dwarf galaxies were created.

The simulation is performed starting from a mass ratio of 4-1 for galaxies in collision with a million particles for each galaxy, and a 6 kpc impact parameter for a parabolic orbit. The results show that the tidal forces between galaxies lead to the destruction of the less massive galaxy, making their remaining debris orbit the nurse galaxy in a perpendicular plane, similar to the spatial distribution shown by the satellite galaxies of the Milky Way.

Keywords: Galaxies Satellite Galaxies, Milky Way, Satellite disk

* djcubillosj@unal.edu.co

1. Introducción

Dado que las galaxias enanas son una población importante debido a su gran número, estudiarlas es de gran relevancia, ya que podrían dar cuenta de la formación de estructuras de mayor tamaño como por ejemplo galaxias como la Vía Láctea. Otra razón que hace atractivo el estudio de la formación de éstas galaxias enanas de nuestra galaxia es la inconsistencia entre las predicciones dadas por el modelo cosmológico de materia oscura fría y lo adquirido mediante datos observacionales, ya que el modelo predice una cantidad de galaxias muy superior a la que se ha podido registrar por medio de las observaciones. Además en el caso de la Vía Láctea se ha mostrado que sus galaxias satélites están en una distribución muy particular, debido a que se encuentran orbitando a nuestra galaxia de forma anisotrópica, formando un plano casi perpendicular a ella en forma de disco.

La distribución anisotrópica de dichas galaxias satélites fue encontrada primero para las llamadas 11 enanas “clásicas” [LMC, SMC, Sculptor, Fornax, Carina, Leo I, Sextans, Leo II, Ursa Minor, Draco, Sagittarius, Tucana, Ursa Mayor II, Canes Venatici I, Canes Venatici II, Pices II, Segue I, Segue II, Segue III, Coma, Hercules, Leo VI, Bootes, Bootes II, Leo T, Willman I y Leo V] [1] llamadas así debido a que fueron las primeras descubiertas y a su cercanía a la Vía Láctea. Con respecto a ellas se encontró que están orbitando a nuestra galaxia organizadas en una estructura virtual parecida a un disco, inclinado aproximadamente 88° con respecto al plano de la Vía Láctea, es decir que, el llamado disco de satélites (DoS) clásicos esta orientado de forma casi perpendicular a nuestra galaxia.

Luego, nuevas galaxias fueron descubiertas, entre ellas un nuevo tipo llamado galaxias enanas ultra tenues, [Leo IV, Her, CVn II, CBe, etc] que se caracterizan por tener una densidad estelar y luminosidad muy bajas, que mostraron tener una distribución espacial muy similar a la mostrada por los satélites clásicos [2], ya que estas galaxias ultra tenues responden a una estructura espacial susceptible de ser ajustada al mismo plano de las galaxias “clásicas” mas brillantes, corroborando de esta forma la anisotropía de la distribución espacial y a su vez, generando mas interés en la misma.

Dado lo anterior el propósito de este trabajo fue realizar una simulación de la colisión de dos galaxias, una de ellas la joven Vía Láctea ($\sim 10^9$ años antes de la época actual), con otra galaxia de disco de menor masa, para poder evidenciar si es posible que de dicha colisión se pudieran generar escombros producto de las fuerzas de marea que lleven a la formación de pequeñas estructuras distribuidas espacialmente de forma similar al disco de satélites de la Vía Láctea.

2. Escenario y condiciones iniciales para la colisión

Se tubo en cuenta un escenario en donde hace aproximadamente 10 Gyr, la Vía Láctea colisionó con otra galaxia de disco cuatro veces menos masiva.

La simulaciones se realizaron usando un código de simulaciones numéricas de N-cuerpos llamado GADGET2 [3] para realizar la colisión de las mismas y las galaxias fueron construidas usando un potencial que consta de una componente para el disco y una para el Halo.

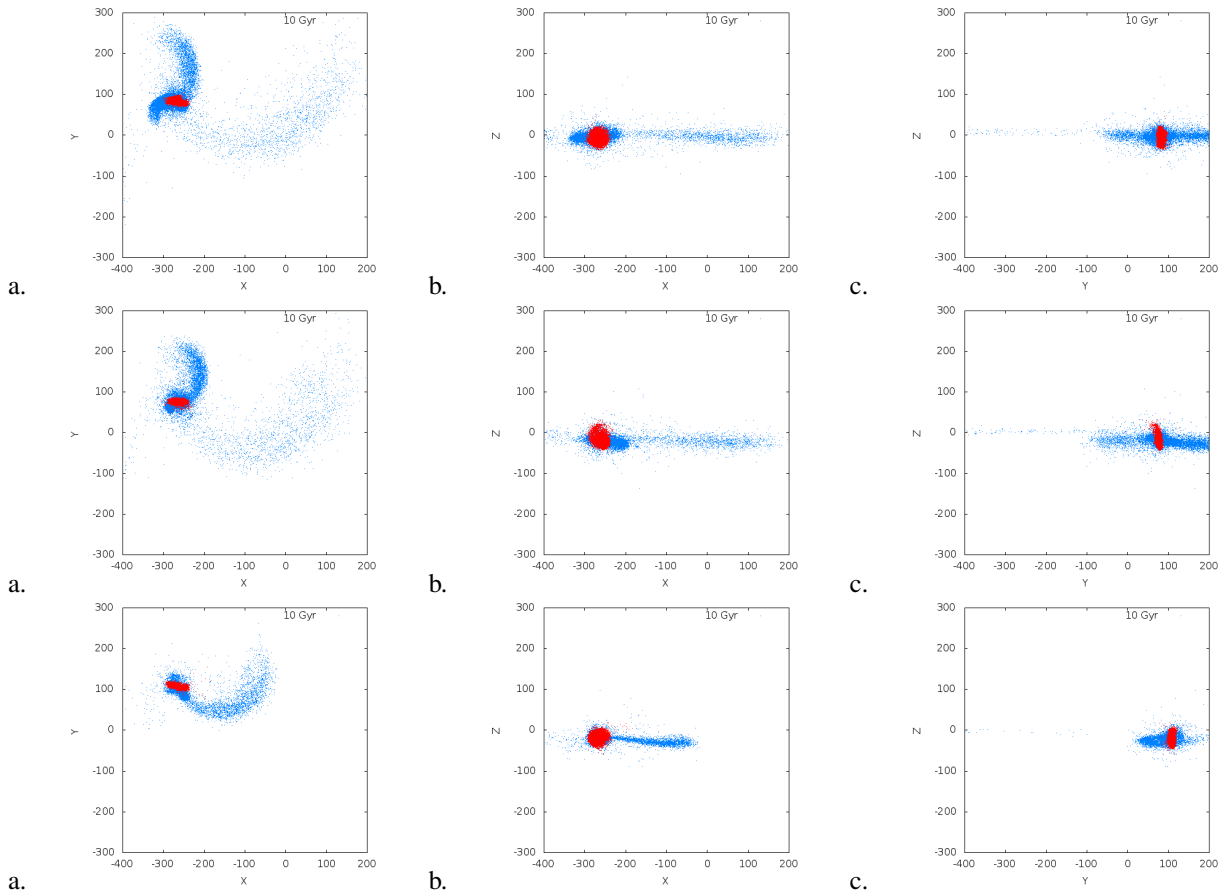
El Halo tiene una distribución de densidad tipo Hernquist [4] y para el disco se uso un modelo de disco exponencial [5], cada galaxia esta compuesta por un millón de partículas y la razón de masa entre ellas es de 4 a 1, donde la galaxia mas masiva es la nodriza.

Con respecto a la geometría de la colisión, se usaron orbitas parabólicas [6], ya que, de trabajos anteriores, es conocido que dichas las orbitas son mas eficientes con respecto a la generación de puentes y colas de marea [7] [8], con el propósito de lograr una colisión fuera de centro donde la galaxia menos masiva de varios pasos cercanos y pierda material, antes de colisionar directamente con la otra. Las galaxias giran progradas respecto a la orbita, con una distancia inicial entre ellas de aproximadamente 200kpc.

Las galaxias se ubican de tal forma que sus planos sean perpendiculares entre ellos, para propender por la generación de escombros de marea perpendiculares a la galaxia nodriza.

Como lo que se busca es una organización de escombros casi perpendicular al disco de la galaxia nodriza, es necesario definir el parámetro de impacto adecuado, que permita dicha distribución. Por este motivo se realizaron varias simulaciones con pocas partículas (1×10^5) en cada galaxia, con el objetivo de encontrar un rango para éste parámetro y así poder realizar la simulación con un millón de partículas con un parámetro fijo y acortar el tiempo de simulación.

Se encontró un rango entre 6, 6,5 y 7 kpc y en las siguientes figuras, cada fila representa el resultado de la simulación para 100 mil partículas, en los tres planos y en unidades de kpc, para cada parámetro de acuerdo al orden ya mencionado.



Como se puede ver en las últimas dos filas para parámetros de 6.5 y 7 kpc, la galaxia nodriza queda acompañada muy de cerca, por una pequeña galaxia remanente que no consigue destruirse por completo y como esto no es apoyado por las observaciones, así que, se decide realizar la simulación con un millón de partículas para el parámetro de impacto de 6 kpc, ya que con él, como se puede observar en las graficas de la primera fila, si es posible obtener la destrucción total de la galaxia menos masiva y también que sus escombros queden distribuidos mas perpendicularmente a la nodriza. Estos resultados son mostrados con mayor detalle en un artículo que esta en imprenta [9].

Con relación a los resultados obtenidos para la simulación de un millón de partículas con el parámetro de impacto escogido de 6 kpc citados anteriormente, se muestra como la galaxia menos masiva realiza un par de pasos muy cercanos a la galaxia nodriza dejando en cada uno de ellos material orbitante, debido a las fuerzas de marea generadas por las galaxia mas masiva. Al tercer paso, el remanente choca por última vez y se destruye completamente. Con los datos de esta última simulación, el paso a seguir fue encontrar grupos de partículas en los escombros de

marea dejados por la colisión, para poder analizar su distribución espacial y compararla con las observaciones sobre la Vía Láctea. Para tal propósito, se utilizó un código llamado Friends of Friends (FoF) bajo ciertas condiciones iniciales, lo que permitió encontrar varios grupos de partículas susceptibles de ser ajustados a un plano, cuya inclinación respecto al plano de la Vía Láctea fue de 85° , es decir, que el plano de los grupos encontrados para esta simulación es casi perpendicular al plano de la Vía Láctea.

3. Conclusiones

Usando las simulaciones numéricas de N-cuerpos, se realizó la simulación de la colisión de dos galaxias de disco con una razón de masa de 4 a 1, comenzando con pocas partículas con el fin de hallar un rango para el parámetro de impacto y se encontró un rango entre 6, 6,5 y 7 kpc.

Observando los resultados para los parámetros de 6,5 y 7 kpc se llegó a la conclusión de que no eran adecuados, ya que dejaban una pequeña galaxia remanente muy cerca de la nodriza, que no concuerda con las observaciones y por ende el parámetro a usar en la simulación con un millón de partículas es el de 6kpc.

Respecto a la simulación para un millón de partículas se encontró que debido a las fuerzas de marea, la galaxia de menor masa logra hacer un par de pasos pericéntricos alrededor de la más masiva perdiendo partículas en cada uno de ellos, para luego colisionar directamente con la galaxia nodriza y destruirse completamente y con el uso del código (FoF) se logran encontrar grupos de partículas a partir de los escombros de la colisión, que muestran estar distribuidos casi perpendicularmente al plano de la Vía Láctea.

Se encuentra que el número de grupos hallados cerca de la Vía Láctea es muy grande, lo que no concuerda con las observaciones, así como la deformación del disco de la galaxia nodriza con cada paso pericéntrico de la galaxia de menor masa.

Solo se vió similitud con las observaciones, respecto a la perpendicularidad en la distribución de los grupos hallados, pero para futuros trabajos se podría probar con razones de masa diferentes a 4 a 1 para buscar una mayor aproximación a las observaciones.

References

- [1] Kroupa, C. Theis, and C. M. Boily, *Astronomy and Astrophysics* 431, 517 (2005).
- [2] M. Metz, P. Kroupa, C. Theis, G. Hensler, and H. Jerjen, *ApJ* 697, 269 (2009), arXiv:0903.0375 [astro-ph.CO].
- [3] V. Springel, *MNRAS* 364, 1105 (2005), arXiv:astro-ph/0505010.
- [4] L. Hernquist, *ApJ* 356, 359 (1990), L. Hernquist, D. N. Spergel, and J. S. Heyl, *ApJ* 416, 415 (1993).
- [5] V. Springel, T. Di Matteo, and L. Hernquist, *MNRAS* 361, 776 (2005), arXiv:astro-ph/0411108, V. Springel and S. D. M. White, *MNRAS* 307, 162 (1999), arXiv:astro-ph/9807320.
- [6] P. van de Kamp, *Elements of Astromechanics* (W. H. Freeman and Company, 1964).
- [7] A. Toomre and J. Toomre, *ApJ* 178, 623 (1972)
- [8] J. Binney and S. Tremaine, *Galactic Dynamics* (Princeton Univ.Press, 1994)
- [9] Diana J. Cubillos-Jara, Rigoberto A. Casas Miranda, *Revista Momento*, 2014, en imprenta