

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

Departamento de Astronomía de la División
de Ciencias Naturales y Exactas



Estudio Comparativo del Origen de Asimetrías de Galaxias en Interacción en Diferentes Ambientes

T E S I S

que para obtener el grado de Doctor en Ciencias (Astrofísica)

P R E S E N T A

Ilse Plauchu Frayn

Director:

Dr. Roger Coziol

OCTUBRE 2009.

GUANAJUATO, GTO. MÉXICO

A mi madre, mi hermano y Jenson...

Resumen

Presentamos las observaciones y análisis de 306 galaxias en grupos compactos, pares aislados y galaxias aisladas, en las bandas de V e I del óptico (214 galaxias) y J y K' del infrarrojo cercano (92 galaxias) obtenidas con los telescopios de 1.5m y 2.1m del Observatorio Astronómico Nacional (OAN) en San Pédro Mártir (B.C., México).

La muestra de galaxias fue extraída de los catálogos de Grupos Compactos de Hickson (HCGs), Pares Aislados de Galaxias de Karachentsev (KPGs) y Galaxias Aisladas de Karachentseva (KIGs), los cuales representan ambientes de diferente densidad de galaxias: los HCGs representando el ambiente de más alta densidad, seguido de los KPGs, y finalmente el ambiente de más baja densidad, el de los KIGs.

Nuestro estudio sobre las galaxias en estos catálogos comenzó con la recopilación de las magnitudes aparentes, diámetros angulares y velocidades radiales de cada galaxia, a partir de las bases de datos de LEDA y 2MASS. Posteriormente, determinamos sus propiedades básicas, tales como la magnitud absoluta, radio lineal, y color. Por último, llevamos a cabo la comparación de estas propiedades entre los tres diferentes ambientes de densidad de galaxias. Los resultados de este primer análisis están de acuerdo con un escenario en el cual los grupos compactos se formaron inicialmente en lugares más densos y por lo tanto, tuvieron un mayor número de interacciones entre sus galaxias, explicando la alta fracción de galaxias tipo temprano. En el caso de sistemas de pares y galaxias aisladas, éstos han pasado por menos interacciones, lo que ha permitido una mayor formación de galaxias de disco.

Nuestro estudio sobre las imágenes obtenidas en el OAN en óptico e infrarrojo provee información complementaria. Las imágenes obtenidas en el óptico trazan la componente estelar joven, polvo y regiones de formación estelar, mientras que las obtenidas en el infrarrojo cercano trazan la mayor parte de la masa estelar de las galaxias, a través de las poblaciones estelares más viejas y evolucionadas. El proceso de reducción y calibración fue estándar dentro del paquete IRAF. El análisis de las imágenes se llevó a cabo mediante dos métodos, el estudio isofotal y el estudio de asimetría. El primero nos da información de la distribución de luz en galaxias: brillo, concentración, color, *twist*, forma de la isofota, etc. El segundo nos da información sobre distribuciones no homogéneas de masa en las galaxias: colas de marea, puentes, galaxias satélite, núcleos dobles, polvo, etc. El resultado de este análisis indica que los parámetros obtenidos en ambos estudios para las galaxias en

los diferentes ambientes presentan diferencias. En ambos, óptico e infrarrojo, las galaxias KIGs son más simétricas (70 %) y compactas que las HCGs. Las asimetrías están presentes tanto en las KPGs, como en galaxias de HCGs, y en ambos ambientes las galaxias muestran la misma alta proporción de asimetrías relacionadas con efecto de interacciones ($\sim 60\%$). En los HCGs se encuentran más galaxias con asimetría en el infrarrojo que en el óptico (67 % vs. 44 %), lo cual sugiere que las interacciones ocurren en ausencia de gas.

Por otro lado, usando datos del Sloan Digital Sky Survey hemos determinado el tipo de actividad nuclear para 30 % (241 espectros) del catálogo de KPGs. Comparando con los resultados obtenidos por Martínez et al. (2008) para los HCGs encontramos diferencias importantes: los HCGs son más ricos en galaxias sin emisión (38 %) y AGNs (29 %) que los KPGs (18 % y 21 %, respectivamente), donde la mayoría son galaxias con formación estelar (46 % vs. 20 % en HCGs). Ésto sugiere que los KPGs son, probablemente, estructuras que se formaron más recientemente que los HCGs, las cuales todavía muestran un contenido de gas suficiente para fomentar la formación estelar en sus galaxias.

En conjunto, los resultados obtenidos dentro de nuestro análisis de galaxias en los diferentes ambientes de densidad indican que la fracción de galaxias en interacción es tan alta en grupos compactos como en pares de galaxias. Sin embargo, la diferencia radica en la ausencia de gas en los primeros, donde las interacciones entre sus galaxias están ocurriendo en seco como lo indica nuestro estudio sobre actividad nuclear. La ausencia de gas podría explicarse si las galaxias en HCG empezaron a interactuar antes que aquellas en pares. De esta forma el gas se habría consumido en estrellas formando un mayor número de galaxias tipo temprano en los grupos compactos, mientras que el gas aún presente en galaxias de par, fomenta la formación estelar en éstas.

Abstract

We present the results of observations and analysis of 306 galaxies in compact groups, isolated pairs and isolated galaxies in the optical V and I (214 galaxies) and near infrared bands J and K' (92 galaxies) using the 1.5m and 2.1m telescopes of the Observatorio Astronómico Nacional (OAN) in San Pedro Mártir (B.C., México).

The sample of galaxies has been extracted from the Hickson Compact Groups of Galaxies (HCGs), Karachentsev Isolated Pairs of Galaxies (KPGs), and Karachentseva Isolated Galaxies (KIGs) and represent different density environments: the HCGs represent the highest density, followed by the KPG and finally the lowest density environment, the KIGs. Our study of galaxies in these catalogues started by extracting apparent magnitudes, angular diameters, and radial velocities of each galaxies from Hyperleda and 2MASS databases. From these parameters, we have determined their basic properties, such as the absolute magnitude, linear radius, and color. After this, we have compared these properties among the samples. The results from this first analysis agree with a scenario in which compact groups have formed initially in denser regions where galaxies have had a higher number of interactions. This explains the high fraction of early-type galaxies in these systems. On the other hand, systems like pair of galaxies and isolated galaxies have suffered less interactions, enabling the dominant discs.

Our imaging study in the optical and infrared provide complementary information. The images obtained in the optical trace the young stellar component, dust and star forming regions, while those obtained in the near infrared draw most of the stellar mass of galaxies through the old and evolved stellar populations. The reduction and calibration processes were done using IRAF packages and using standard techniques. The image analysis was performed using two methods: the fit of ellipses to isophotes and the detection of asymmetries in galaxies. The former gives us information on the light distribution in galaxies: brightness, concentration, color, twist and isofotal shape, etc. The second gives information on the non-homogeneous mass distribution in galaxies: tidal tails, bridges, satellite galaxies, double nuclei, dust, etc.

The result of this analysis indicates that the parameters obtained in both studies for galaxies vary with the environment. In the optical and infrared the KIGs galaxies are more symmetric (70%) and compact than the HCGs. The asymmetries are present in both the KPGs and HCGs galaxies and they show the same high proportion of asymmetric

interactions related to interaction effects ($\sim 60\%$). In the HCGs, there are more asymmetric galaxies in infrared than in the optical (67% vs. 44%), suggesting that the interactions are occurring in absence of gas a phenomenon known as dry interaction or dry merger.

Furthermore, using data from the Sloan Digital Sky Survey we have determined the type of nuclear activity for 30% (241 spectra) of the KPG catalogue. Comparing with the results obtained by Martínez et al. (2008) for HCGs we find important differences: the HCGs are richer in galaxies without emission (38%) and AGNs (29%) than the KPGs (18% and 21% , respectively), where star forming galaxies dominate (46% vs. 20% in HCGs). This suggests that the KPGs are structures that formed more recently than the HCGs. They still possess sufficiently high gas content to promote star formation.

Overall, the results obtained in our analysis of galaxies in three different density environments show that the fraction of interacting galaxies is as high in compact groups as in pair of galaxies. However, the main difference is in the absence of gas in the HCG, where the interactions happen under dry conditions, as indicated by our study of nuclear activity. The absence of gas could be explained if the galaxies in HCG began to interact earlier than those in pairs. The gas would have been consumed in stars, forming a higher fraction of early-type galaxies in compact groups, while the gas still present in pair galaxies favours star forming activity within them.

Agradecimientos

A mi mejor amiga, mi madre, Graciela Frayn por enseñarme que solo la práctica y la constancia me permitirán alcanzar mis metas, por motivarme constantemente a alcanzar mis sueños, y porque aunque no estamos juntas ella se encarga de hacerme saber que siempre está al pendiente de mi. A mi hermano y amigo Isaac, porque si él mi infancia simplemente hubiera sido muy triste. A mi director de tesis y amigo, el Dr. Roger Coziol por su continuo apoyo, motivación, enseñanzas, pláticas, y tiempo dedicado en la realización de este trabajo de tesis.

A mis sinodales, los Drs. Ascensión del Olmo, Heinz Andernach, César Caretta, Carlos Rodríguez, y Klaus-Peter Schröder por destinar parte de su valioso tiempo en leer y comentar esta tesis. A mis compañeros, en especial a Juan M. Islas por su amistad y a Tatiana Rodríguez, quien sin querer me ha hecho valorar las oportunidades que hay en mi país.

Al Departamento de Astronomía de la División de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de Guanajuato (DA-DCNyE-UG), en especial los Drs. Victor Migenes y Klaus-Peter Schröder, por fomentar la investigación en esta área del conocimiento y procurar el crecimiento del posgrado. Al personal académico y administrativo del DA por el trato ameno, espacio proporcionado, y apoyo brindado a lo largo del doctorado.

Al Observatorio Astronómico Nacional (OAN) por confiar en mi y otorgarme casi dos meses de noches de observación para realizar este trabajo. Disfruté mucho mi tiempo ahí e incluso hice nuevos amigos, gracias Amalia, Roberto, Nacho y todos los que me cuidaron allá arriba.

Finalmente, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y a la Universidad de Guanajuato por el apoyo otorgado durante el transcurso del doctorado.

¡ Gracias !

Ilse Plauchu Frayn

