



CAMPUS GUANAJUATO
DIVISIÓN DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

¿CÚMULOS SUBLUMINOSOS EN
RAYOS X?
NATURALEZA DE CÚMULOS DE
GALAXIAS SIN MEDIO
INTRACUMULAR DETECTADO

Tesis presentada al
DEPARTAMENTO DE ASTRONOMÍA
como requisito para obtener el grado de:

Doctor en Ciencias (Astrofísica)

por:

JOSUÉ DE JESÚS TREJO ALONSO

Director de Tesis:

Dr. Cesar Augusto Caretta

Guanajuato, Guanajuato - Julio 2014



En memoria de
Juana Segura Grimaldo
¡Ay!, ¡Ay! y comiéndome lo que hay

El futuro está a un sueño de distancia
Thomas Wayne

AGRADECIMIENTOS

Mi vida es la suma de todas las personas que por ella han pasado. Quiero agradecer muy especialmente a mis padres por su apoyo incondicional, su preocupación sincera y sus desvelos injustificados. A mi prometida por creer en nosotros en las malas y por la felicidad en las buenas. A mis hermanos por siempre lograr sacarme una sonrisa, espero haberles dado un buen ejemplo. Para mis abuelos, creo que nunca leerán esto, pero que quede escrito que mi parte espiritual se las debo a ellos. A mis amigos, que son muchos los que se suman a esta lista y no podré mencionarlos a todos, pero sepan que cada uno me ha mostrado una lección importante de la vida, no buena, ni mala, simplemente una lección bien aprendida. A mi segunda familia, el Departamento de Astronomía, porque esta institución la formamos todos juntos y las relaciones que tenemos, no por las individualidades, espero, en verdad, que podamos sacar este barco adelante, hay estudiantes ahí afuera que se lo merecen. A mis sinodales, que hicieron la tarea titánica de revisar esta tesis y dar lo necesario para que esto sea un trabajo de calidad internacional. Y por último, a mi asesor, que me llevó un rato de la mano, para después echarme a volar en la Amazonia astronómica, fue un gusto trabajar con usted. A todos, muchas gracias, esto es de mí para ustedes.

Resumen

En el presente trabajo se realizó un estudio sobre una muestra de 32 cúmulos de galaxias con baja o nula emisión en rayos X, con el propósito de encontrar diferencias o similitudes entre éstos y los cúmulos que presentan masa en forma de gas intracumular. Datos espectroscópicos fueron obtenidos por comunicación privada de la recopilación de Andernach et al. Información fotométrica fue extraída del catálogo de SuperCOSMOS. Se hicieron pruebas de membresía, riqueza, dispersión de velocidades, masas viriales, existencia de subestructuras y cálculo de masas por efecto de lente gravitacional, este último estudio fue aplicado solamente a una sub-muestra de 3 sistemas. Además, con datos del RASS, se calcularon límites superiores de luminosidad en rayos X. De los 32 cúmulos, tres fueron descartados por tener pocas velocidades radiales después del análisis de membresía. De los 29 restantes, 7 resultaron ser subestructuras de cúmulos más masivos, los cuáles en su mayoría tienen emisión medida en rayos X. El muestreo espectroscópico, datos espectroscópicos entre datos fotométricos, es del 65%. El promedio de la dispersión de velocidades y masa, para los 22 cúmulos, son de 574 km s^{-1} y $5.65 \times 10^{14} M_{\odot}$, respectivamente. Obtuvimos 6 sistemas que presentan subestructuras ligadas, después de hacer pruebas en 1, 2 y 3 dimensiones. Lo que nos deja con un 46% de la muestra como sistemas no virializados. Comparando las propiedades de nuestra muestra con las de cúmulos normales, a través de un estudio de la secuencia roja, se encontró que los cúmulos nombrados como AXU tienen pendientes más planas que los cúmulos con emisión en rayos X. Además, la dispersión intrínseca en la secuencia para estos últimos siempre es menor que para los cúmulos AXU. Se observaron 3 sistemas en el telescopio Blanco de Cerro Tololo, Chile y se obtuvieron imágenes de calidad para aplicar el procedimiento de lente gravitacional débil. Se obtuvo una diferencia de hasta 23% para las dispersiones de velocidad calculadas por este procedimiento y con los datos espectroscópicos y de hasta 3 veces más masa. Concluimos que la mayoría de los cúmulos de esta muestra pueden ser catalogados como cúmulos AXU, además, todos presentan diferencias si los comparamos con aquellos cúmulos que tienen emisión en rayos X, lo que nos da un indicativo de que el gas intracumular acelera el proceso de evolución de un cúmulo haciendo que llegue más pronto a la virialización.

Abstract

In the present work we defined and studied a sample of 32 galaxy clusters with low or null X-ray emission, to compare it with other samples of galaxy clusters with high X-ray emission and to get some clues about the origin of the intracluster medium. We defined our sample based on spectroscopic data, obtained by private communication from the recompilation of Andernach et al. Complementary photometric information was extracted from SuperCOSMOS' catalogue. Tests of membership, richness, velocity dispersion, virial masses, substructures, and weak lensing analysis were performed; for the latter, a sub-sample of three clusters was used. In addition, using RASS images, we calculated upper X-ray limits for every system in our sample. After the membership analysis, we found that three clusters of our original sample do not have enough radial velocity information to obtain reliable results, and another seven systems seemed to be substructures of more massive galaxy clusters. Spectroscopic data was calculated for 65% of the galaxies in the sample with photometric data. Considering only the 22 remaining systems, according with what we said before, we obtained a mean velocity dispersion of 574 km s^{-1} and a mean mass of $5.65 \times 10^{14} M_{\odot}$. Our substructure analysis indicated that six galaxy clusters have, at least, one bounded substructure, which gave us a total of 46% of no virialized systems. Comparing the red sequence of "normal" emitting X-ray galaxy clusters with the poor/null emitting X-ray clusters, taken from the Popesso et al. sample, we found that the last ones are flatter and possess lower intrinsic dispersion. Three systems of our sample were observed in the 4 meter Blanco Telescope in Cerro Tololo, Chile. We constructed color-magnitude diagrams and performed a weak gravitational lensing analysis with these data. Comparing the obtained velocity dispersion with this last method and the spectroscopic data based method, we obtained 23% of dynamical overestimation, and up to three times in mass. In conclusion, at least, 22 systems in our sample can be catalogued as low X-ray emitting systems and they show remarkable differences with those clusters who possess X-ray emission. Also, this intracluster medium could accelerate the evolution of the galaxy clusters and take them to the virialization faster than those who do not have it.

Resumo

Neste trabalho se define e estuda uma amostra de 32 aglomerados de galáxias com pouca ou nula emissão em raios-X, para fazer comparações com amostras que têm medições de gás intra-aglomerado na literatura. A nossa amostra está baseada em dados espectroscópicos obtidos, por comunicação privada, da recopilação de velocidades radiais de Andernach et al. Informações fotométricas foram obtidas do catálogo de SuperCOSMOS. Foram feitas análises de membresia, riqueza, dispersão de velocidades, massas virais, subestruturas e lentes gravitacionais fracas, este foi para uma sub-amostra de 3 aglomerados. Também, das imagens do RASS, computamos limites superiores em raios-X para todos os sistemas da nossa amostra. Obtivimos 65% de dados espectroscópicos contra dados fotométricos. Se encontra que 3 aglomerados têm poucas velocidades radiais para se encontrar resultados confiáveis e outros 7 sistemas parecem ser subestruturas de outros aglomerados mais massivos. Para os 22 aglomerados restantes, nos obtivimos uma dispersão de velocidades média de 574 km s^{-1} e uma massa média de $5.65 \times 10^{14} M_{\odot}$. Nossa análise de subestrutura indica que seis aglomerados têm, pelo menos, uma subestrutura ligada gravitacionalmente, resultando que 46% da nossa amostra são sistemas não virializados. Fazendo uma comparação das sequências vermelhas entre os aglomerados “normais”, que emitem em raios-X, com aqueles que são sub-luminosos, temos que as inclinações das sequências vermelhas aumentam com o redshift, além disso, os aglomerados sub-luminosos apresentam inclinações mais planas que aqueles que possuem raios-X. Também, a dispersão intrínseca das sequências vermelhas de aglomerados sub-luminosos são maiores que os aglomerados “normais”. Três aglomerados da nossa amostra foram observados no Telescópio Blanco, em Cerro Tololo, Chile. Com esses dados foram feitos diagramas cor-magnitude e uma análise de lente gravitacional fraca. Comparando os resultados de dispersão de velocidades e massas pelos dois métodos deste trabalho, obtemos uma estimativa de até 23% e 75% maior, respectivamente, para o método dinâmico que para a análise de lentes fracas. Concluímos que, pelo menos, 22 sistemas dentro de nossa amostra são aglomerados AXU, e possuem marcadas diferenças quando foram comparados com aglomerados que possuem emissão em raios X.