

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

DIVISIÓN DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

DEPARTAMENTO DE ASTRONOMÍA

THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF MASTER IN SCIENCES IN
ASTROPHYSICS



TITLE:

**A NEW CATALOGUE OF SUPERCLUSTERS OF GALAXIES UP TO $z \sim 0.15$,
WITH NEW RADIAL VELOCITIES FOR ACO CLUSTERS**

By:

Marcel Chow Martínez

ADVISOR:

Dr. César Augusto Caretta

CO-ADVISOR:

Dr. Heinz Andernach

Dedicated to Elsa...

AGRADECIMIENTOS

*“science is like sex; it has practical uses,
but that is not why we do it...”*

Como sucede a cualquier viaje que, por largo que sea, llega a su fin, es hora de agradecer a la gran cantidad de personas que han hecho posible esta odisea. Como suele suceder en estos casos, la gran cantidad de gente a la que le debo haber llegado hasta donde estoy hoy es tan grande, que difícilmente podré recordarlos a todos en estos resumidos párrafos. Sin embargo haré una labor titánica para poder dar con todos ellos dentro de los linderos de mi corazón.

Ante todo, debo agradecer al pueblo mexicano, quienes abrieron completamente sus puertas a mí persona, sin pedir nada a cambio, mostrándome ese calor por el cual son tan famosos en el resto del mundo. De todos ellos agradezco a mi Profesor de toda la vida, José H. Peña, quien es sin lugar a dudas principal responsable de que me encuentre donde estoy ahora. Agradecer también a Héctor Bravo quien realizó todos los esfuerzos posibles para traerme hasta aquí, y que sepa que siempre se le agradecerá. Y por supuesto al comité de sinodales, incluido Héctor nuevamente, y al Dr. Juan Pablo Torres Papaqui y al Dr. Carlos Alanias Rodríguez Rico, por haberse comprometidos a la herculea labor de revisar esta tesis. Además, me gustaría agradecer a, aunque no todos fueran mexicanos, todo los profesores del DA, con especial cariño al Dr. Solai Jeyakumar por haber sido tan buena onda conmigo durante estos años. Otro agradecimiento para Laura y Karina que siempre tuvieron buena fe para atender mis asuntos cuando requería de su ayuda.

Por supuesto que no puedo dejar de mencionar a los dos más importantes: Heinz y César. Heinz por haberse mostrado siempre tan gentil a enseñarme cosas y a discutir los resultados de nuestro trabajo, intentando transmitirme siempre esa mentalidad científica que tanto le caracteriza, y claro está, por todo el esfuerzo que puso para checar mis derroteros del inglés. César por su parte, siempre y en todo momento realizó un esfuerzo por, más que ser un asesor, intentar convertirse en un amigo y en alguien en quien confiar. Y si he de mencionar a César, también debo agradecer profundamente a Elcia por haberme dado alojamiento en el calor de su hogar.

Y siguiendo esta línea, me gustaría agradecer a mis compañeros del DA, Santiago por haberme dado posada sin chistar ni preguntar, René que siempre estuvo dispuesto a ayudarme con Linux, y con gran cariño a Josué quien intentó siempre contagiarnos ese entusiasmo que le caracteriza. También, por supuesto, a quienes más que mis compañeros se convirtieron en mis hermanos, Francisco y Yoga. De ellos solo puedo decir que un grupo tan dispar como el que formamos no creo que vuelva a encontrar nunca.

A la gente de Nicaragua sin la cual no estaría aquí: Humberto, Karla, Pomares, y en especial Pichardo. A esos amigos que duran toda la vida, igual no los veas en un millón de años: Alberto, Mario y en especial, ese gran amigo que es Aitor. Ahora toca a mis seres más queridos, mi

familia, mi mamá y mi papá de quienes debo agradecer no solo estar aquí, si no ser quien soy; mi tía Elo que me apoyó no solo con carinõ si no también con recursos económicos; mi hermano y buen amigo, compañero de guerra del GEARS. Y finalmente a esa persona tan importante y que de entre todas las otras sobresale por todo el amor que me tiene reservado, en quien he depositado mi corazón y a quien va dedicada esta tesis.

Y faltarían páginas (más de las que tiene esta tesis) para agradecer a toda la gente a la que le debo algo. Así que habiendo intentado recordar a aquellos que sobresalen de entre todos, es hora de comenzar el último tramo de este viaje. Espero les sea de su agrado..

Nota: la frase que abre esta entrada fue tomada de Richard Feynman, sustituyendo la palabra “physics” por “science”.

ABSTRACT

We obtained new radial velocities for 335 galaxies, candidates to be members of Abell/ACO clusters taken in the course of nineteen observing runs in four different 2 m class telescope. These velocities made possible to calculate new or revised systemic velocities for 121 of these clusters, 80% of them with $N_z \geq 3$ (where N_z is the number of galaxies with measured redshifts). We used these systemic velocities and the ones taken from the Andernach's Abell cluster redshift compilation to produce two new catalogues of superclusters of galaxies, using an improved Friends-of-Friends (FoF) algorithm that takes into account the selection functions of different parts of the sample to tune the linking length. We used a subsample of 3415 Abell/ACO A-clusters (with $z \leq 0.15$, 93% of them having measured redshifts, and a fraction of 76% of these clusters with $N_z \geq 3$) to produce the *Main SuperCluster Catalogue* (MSCC), a whole-sky catalogue up to $z \sim 0.15$, the deepest in distance all-sky catalogue of superclusters yet produced. This catalogue contains 605 superclusters with multiplicities from 2 to 42. We checked both, the largest and most nearby structures of MSCC, and found a good agreement with previous studies of these superclusters in the literature. A second catalogue, the *Southern Supercluster Catalogue* (SSCC) was produced for the southern sample ($\delta \leq -17^\circ$ and $z \leq 0.15$), using 1231 A-clusters and 1178 S-clusters, a total of 2409 clusters, 90% of these having measured redshifts and 69% of them with $N_z \geq 3$. In this region, 427 superclusters with multiplicities between 2 and 39 were found. This catalogue was used to analyse the role of the S-clusters in the Large-Scale Structure. We found that the S-clusters are frequently found in the space between the A-clusters, probably inside the filaments, connecting the richer clusters as a “glue”. The inclusion of S-clusters sometimes fragments the largest filamentary structures, due to the smaller linking lengths, sculpting the superclusters to more compact shapes. With the catalogues yielded in this thesis, we have doubled the number of superclusters known up to $z \sim 0.12$, and tripled the number up to $z \sim 0.15$. Finally, we used our MSCC and the X-ray clusters provided by the Meta Catalogue of X-ray detected Clusters of galaxies (MCXC) to study whether X-ray emission of a cluster depends on its supercluster environment. We did not find any significant such dependency.

RESUMEN

Se obtuvo nuevas velocidades radiales para 335 galaxias, candidatas a ser miembros de cúmulos Abell/ACO, tomados en 19 diferentes temporadas de observación en cuatro diferentes telescopios de la clase de 2 metros. Estas velocidades hicieron posible la obtención de nuevas, ó la revisión de velocidades sistémicas para 121 de los mencionados cúmulos, teniendo el 80% de ellos $N_z \geq 3$ (donde N_z es el número de galaxias con *redshifts* medidos). Estas velocidades sistémicas, junto con otras obtenidas de la compilación de Andernach de *redshifts* para cúmulos de galaxias, fueron usadas para producir dos nuevos catálogos de supercúmulos de galaxias, implementando una mejora al algoritmo *Friends-of-Friends* (FoF) que toma en cuenta la función de selección de diferentes partes de la muestra para modificar el *linking length* en dependencia del *redshift*. Se usó una submuestra de 3415 cúmulos A (con $z \leq 0.15$, teniendo el 93% de ellos *redshifts* medidos, con una fracción de cúmulos con $N_z \geq 3$ de 76%) para producir el *Main SuperCluster Catalogue* (MSCC), un catálogo de todo el cielo hasta una profundidad de $z \sim 0.15$, el catálogo de supercúmulos de todo el cielo más profundo en distancia hasta el momento. Este catálogo contiene 605 supercúmulos con multiplicidades desde 2 hasta 42. Revisando las estructuras más grandes y también las más cercanas del MSCC, se encontró un buen acuerdo con estudios individuales realizados sobre estas estructuras en la literatura. Un segundo catálogo, el *Southern Supercluster Catalogue* (SSCC) fue producido para la muestra sur ($\delta \leq -17^\circ$ y $z \leq 0.15$), usando 2409 cúmulos A y 1178 cúmulos S, un total de 2409 cúmulos con un 90% de estos cúmulos con *redshifts* medidos y con $N_z \geq 3$. En esta región 427 supercúmulos con multiplicidades entre 2 y 39, fueron encontrados. Este catálogo fue usado para analizar el papel de los cúmulos S en la Estructura a Gran Escala. Se encontró que los cúmulos S son frecuentemente encontrados en espacios entre los cúmulos A, probablemente en los filamentos, conectando los cúmulos ricos a modo de “pegamento”. El incluir los cúmulos S a veces fragmenta las grandes estructuras filamentosarias, debido a los menores *linking lengths*, esculpiendo los supercúmulos volviéndolos más compactos. Con los catálogos construidos en esta tesis hemos duplicado el número de supercúmulos conocidos hasta $z \sim 0.12$, y triplicado la cantidad de supercúmulos hasta $z \sim 0.15$. Finalmente, se usó el MSCC y los cúmulos de rayos X obtenidos del MCXC para estudiar si la emisión de rayos X de un cúmulo depende de la multiplicidad del supercúmulo que la hospeda. No se encontró ninguna dependencia significativa.

