

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS  
DEPARTAMENTO DE ASTRONOMÍA



ESTUDIO EVOLUTIVO DE CÚMULOS  
DE GALAXIAS SIN EMISIÓN  
DETECTADA EN RAYOS X

**TESIS**

que para obtener el grado de:

**Maestro en Ciencias (Astrofísica)**

presenta:

**JOSUÉ DE JESÚS TREJO ALONSO**

Director de Tesis:

Dr. César Augusto Caretta



*A mi hijo...*



# AGRADECIMIENTOS

*La ciencia es la progresiva aproximación del hombre al mundo real.*

**Max Planck**

Al Dr. Caretta, qué le puedo decir, creo que valoro mucho la confianza que me tiene para hacer las cosas. Siempre trabajamos bien porque es un ambiente muy amigable el que comparto con usted. Y más que mi asesor puedo considerarlo como un amigo. Gracias por la comprensión y por todo el apoyo en el trabajo de tesis, creo que vamos a lograr cosas grandes con esto.

Quiero agradecer de la manera más sincera a mis padres. Porque a pesar de que nunca nadie les enseñó a serlo, han sido de lo mejor. Siempre han estado a mi lado, siempre detrás de mí ya sea para apoyarme o para jalarme las orejas, sobre todo en esta etapa de mi vida tan difícil, pude ver lo que un padre en realidad es: amor y apoyo incondicional. Gracias a su ayuda.

A mis hermanos, Brenda, Edy y Orlando (lo escribo en el orden en que nacieron para que no se peleen), no sé si piensen lo mismo que yo, pero a veces parece que no nos conocemos a pesar de haber vivido tanto tiempo juntos, cada uno de ustedes me ha dado muchas sorpresas. Brenda, nunca imaginé que fueras tan persistente y tan luchona, de verdad te admiro por eso, pero deja de preocuparte tanto, siempre haces lo suficiente pero no puedes controlarlo todo. Edy, cuando se te presentó ese reto tan difícil supiste salir adelante a pesar de cada tropezón que diste (como lo de la escuela de computación), ahora eres un buen padre y no dudo que seas un buen esposo, admiro ese valor tuyo y ese amor que muestras hacia nosotros, pero nunca me ganarás con ese Honda chico. Orlando, pareciera que la perfección es uno de tus defectos, pero yo lo veo como una muy grande virtud, admiro esa actitud tan despreocupada que a veces manejas, siempre tan relajado, tal vez sólo sea apariencia y perdón por no haber ido al Requiem. Y aunque no seas mi hermana, gracias Celeste, ya eres parte de esta familia y te tengo en mucha estima, afrontaste con valor ante tu madre y ante la vida la responsabilidad de un hijo, tal vez no parezca gran cosa pero hay personas que simplemente no lo pueden hacer, creo que has ayudado mucho a Edy en todo esto y espero que ese entusiasmo que siempre llevas nunca se te quite. A Damián, esa pequeña personita, que aunque no va a leer ni entender esto hasta dentro de unos años, recuerde que siempre he pensado en él. Has traído muchas bendiciones a este hogar mi'jo, todos te amamos mucho y siempre haremos hasta lo imposible para que estés bien. Eres el más grande de los nietos y al menos por ahora el consentidote de tus abuelos (hasta tu papá te tiene celos).

A toda mi familia en Abasolo y en Santa María. Todos mis primos hermanos los quiero a todos muchachones y muchachonas, no los puedo nombrar a todos porque son demasiados. A mis abuelos maternos, de verdad que los extraño y los quiero muchísimo porque he aprendido demasiado de ustedes. A mi abuelita Juanita, que sé que no voy a verla muy seguido pero que me ha enseñado que siempre hay que luchar y

trabajar aunque uno no tenga fuerzas. A todos mis tíos, tampoco los puedo nombrar a todos, pero espero que sepan que los respeto mucho y que siempre he valorado todo lo que me dicen.

A Juan Manuel 2\*Islas, simplemente fue invaluable la ayuda que me diste en mi trabajo de tesis, siempre con ideas nuevas, siempre sugiriendo, siempre aprendiendo cosas de ti, siempre dices que cuando nos juntamos con el Dr. Caretta se nos ocurren muchas cosas y yo creo que a ti solo se te ocurren ya demasiadas, espero nunca pierdas eso y que valores más las ideas que tienes. Gracias también por la ayuda con el Linux y por enseñarme tantos comandos. Pero lo que más aprecio es la amistad que me diste, todos los días y noches que me escuchabas, sé que no te gusta ser pañuelo de lágrimas pero ni modo siempre te toca.

A mis amigos de la prepa Celaya: Laura, gracias por el regalo de la primera sobrina de la banda, eres una mujer extraordinaria y siempre te he admirado, creo que ahora más que nunca. Ram, ya no te andes quejando y gracias por invitarme a ver a Dragonforce. Felipe, muchas gracias mono por todas esas conversaciones tan largas, no son tan seguidas pero mejor calidad que cantidad, que mal que no te dedicaste a la ciencia, hubieras sido un buen científico. Pollín, muchas gracias por seguir acordándote de mí, hemos compartido mucho a lo largo de la vida y espero que siga siendo así, gracias por las palabras de aliento y los consejos. Pote, gracias carnal, sigue echándole ganas. Chio, qué te puedo decir, últimamente te he conocido mejor y me alegra encontrar una mujer tan maravillosa, y puedo decir con mucha seguridad que tú sí eres diferente. Chabe, ya casi no nos vemos pero sé que sigues siendo una triunfadora, la vida sigue, no nos queda de otra. Angie, vaya que me divierte cuando salimos, siempre tan alegre y con muchísimas ganas de salir adelante en todo y de dar el 100% en todos los aspectos. Berna ptss ptss ptss, todo un ejemplo a seguir para mí, sin lugar a dudas (y los demás no me dejarán mentir) que pareces de otro planeta, te admiro mucho Berna sigue así. A todos, sinceramente, les digo gracias por tantos años de amistad incondicional.

A la pequeña (Angela), gracias por tus regañones peque, quisiera poder ir más seguido a Celaya y vernos pero gracias a que no voy terminé la tesis. A Mayra porque aunque está muy lejos siempre ha encontrado la manera de apoyarme. A Julio César que desde la secundaria ha estado ahí, siempre pendiente, gracias por tu larga amistad Julio de verdad, creo que eres el único amigo que tengo desde la secundaria. A Chelo por los pocos me gratos meses de una larga y duradera amistad. A Aldo por todas las aventuras y por escucharme tantas veces.

A mis amigos de Guana: Tino, Daniel, Pulido, Carlos, Verbena, Isabel, Cachapán, Ilse, Abdías, Sergio y Renata. Cada uno de ustedes es mi segunda familia, todos los días estamos en nuestra casa (el DA) y sin lugar a dudas hacen la carga menos difícil. Tal vez sean los que más sepan lo que cuesta hacer una tesis porque viven lo mismo que yo día con día. Gracias por tantas bromas, fiestas, música y pláticas. Creo que sin chavos como ustedes, tan parranderos (Isa y Verbena), sinceros (René), risueños

(sobre todo Carlos), tan sabios (como Pulido y Abdias), que les gusta de todo en la música (aunque Daniel y Sergio sean de música banda) o que se han integrado al grupo siendo externos (como tinito) o que simplemente vienen de otro país (verdaderamente Renata), sin ustedes me habría vuelto loco antes de terminar. Gracias por aguantarme todos los días y por esa amistad tan sincera que me ofrecen.

A mis amigos de León: Néstor, Celia, Luis, Coutinho, Claudia, Carlos, Erika, Mimí y Arturo. Ya parece que cada quien agarró su rumbo, ya de muchos de ustedes no sé nada más que “lo que la gente cuenta”. Espero que la generación y el contacto entre nosotros nunca se pierda porque son increíbles personas y hombres de ciencia. Y que bueno que no se olviden de mí y a veces me vengan a visitar.

Y por último quiero agradecer a Ceci, por el mejor regalo.

# RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio de las propiedades evolutivas de una muestra de cúmulos Abell sin emisión de rayos X detectada. Para la selección de dicha muestra se usaron datos del catálogo Abell(ACO), *Base de Données Amas de Galaxies X* (BAX), *ROSAT Brightest Cluster Sample* (BCS), *extended Brightest Cluster Sample* (eBCS), *ROSAT-ESO Flux Limited X-ray* (REFLEX), *Clusters in the Zone of Avoidance* (CIZA), imágenes del *Virtual Observatory* (VO) y placas del *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS). Además para realizar el análisis evolutivo usamos datos de la recopilación de corrimientos al rojo llevada a cabo por Andernach et al. (2005) y datos de magnitudes de SuperCOSMOS. De una muestra inicial de 30 cúmulos sin emisión en rayos X detectada según la literatura y con más de 75 galaxias con velocidad radial candidatas a ser miembros, obtuvimos una muestra final de 17 cúmulos después de checar los respectivos mapas del RASS y refinar las membresías. Para cada uno de ellos hicimos tres pruebas de subestructura obteniendo 13 cúmulos (76 %) con un resultado positivo en al menos dos pruebas, además de encontrar 34 estructuras en 17 cúmulos. Calculamos dispersiones de velocidad ( $\sigma$ ), radios armónicos, masas viriales y tiempos de travesía viriales para las subestructuras y para la estructura central, encontrando  $\sigma$  típicos de cúmulos relativamente pobres tanto para los cúmulos de forma global ( $614 \text{ km s}^{-1}$ ) como para las estructuras centrales ( $607 \text{ km s}^{-1}$ ), mientras para las subestructuras encontramos  $\sigma$  típicos de grupos de galaxias ( $258 \text{ km s}^{-1}$ ). También hicimos el diagrama color-magnitud del que obtuvimos la mayoría de los cúmulos con pendientes positivas, que es lo contrario a lo que se espera. Esto puede deberse a un error en las magnitudes o que realmente sea un comportamiento intrínseco de los cúmulos sin emisión detectada. Encontramos también evidencia de jovialidad en los sistemas por un análisis de sus GDCs. Hay una fracción muy alta de GDCs en formación, caracterizadas por su morfología dumbbell o en interacción. Además, esas galaxias tienen baja luminosidad para ser galaxias dominantes inferior a lo encontrado para galaxias D y cD (excepto A4012). También encontramos casos en que la BCM está en una subestructura, reforzando la hipótesis de que esas galaxias se forman en grupos. Se concluye que los sistemas de galaxias sin emisión en rayos X también son cúmulos debido a las similitudes con los sistemas que sí tienen medio intracumular (ICM) con emisión en rayos X, aunque probablemente sean cúmulos pobres.

