

# EVOLUCIÓN E IMPACTO DE ESTALLIDOS DE FORMACIÓN DE ESTRELLAS EN NÚCLEOS DE GALAXIAS

Verónica P. Melo Martín

vmelo@iac.es

Tesis doctoral dirigida por Dr. Casiana Muñoz-Tuñón y Dr. José Miguel Rodríguez-Espinosa

Centro: I.A.C. (Instituto de Astrofísica de Canarias)

Fecha de lectura: 24 de junio de 2005

Los estallidos de formación de estrellas o *starbursts* en núcleos de galaxias son eventos en los que se forman más de  $10^4 M_{\odot}$  de estrellas a un elevado ritmo en un área muy pequeña (menos de 1 kpc). Estos sucesos duran muy poco tiempo en comparación con la edad del universo pero su influencia sobre éste es tan importante que su estudio es esencial para entender su evolución. La consecuencia final de algunos *starbursts* es la expulsión de todo el material procesado hacia fuera de la galaxia por medio de los llamados supervientos galácticos (SVG). Los SVG son además los principales responsables de la presencia de metales en el medio intergaláctico.

En este trabajo se estudian tres casos de galaxias candidatas a desarrollar SVG. Se discuten los observables y se concluye que solo una de ellas, M82, presenta evidencias que apoyen esa posibilidad. Esta galaxia ha sido utilizada para establecer las condiciones necesarias para el desarrollo de un SVG. Se ha identificado además, que la población de supercúmulos estelares existentes en el núcleo de la galaxia es la responsable de la producción de supervientos a través del halo.

Las galaxias objeto de esta tesis son: M82, NGC 253 y NGC 4631. Para su estudio se han utilizado observaciones de alta resolución espacial del instrumento WFPC2 en el HST en múltiples longitudes de onda, observaciones fotométricas en el infrarrojo medio y lejano y observaciones espectroscópicas de rendija larga y Fabry-Perot. Se han catalogado los supercúmulos estelares (SSC) de los *starburst* de las tres galaxias en  $H\alpha$  ya que son los responsables de la formación de los filamentos de supervientos galácticos que se extienden a grandes distancias del núcleo de la galaxia como proponen Tenorio-Tagle et al. (2003, ApJ, 597, 279).

Concluimos en nuestro trabajo que, de las tres galaxias analizadas sólo M82 está desarrollando un superviento galáctico mientras que en los otros casos los estallidos estelares quedan confinados en la galaxia. Hemos identificado además los SSC como los elementos constituyentes de los *starburst* en galaxias y concluimos que sus propiedades, densidad

(número de SSC por unidad de área) y luminosidades, son factores determinantes para desencadenar supervientos galácticos. Así, en M82 – el caso cierto de supervientos galácticos en el universo próximo – se dan las condiciones suficientes para que se genere un SVG.

Además exploramos las condiciones necesarias para que los SSC puedan ir enriqueciendo de metales el medio interestelar del *starburst* en cada galaxia anfitriona y su entorno concluyendo, de nuevo tomando M82 como ejemplo, que cuando dos o más SSC están suficientemente cerca se pueden formar filamentos por donde escapa el material rico en metales enriqueciendo el medio intergaláctico. En las otras galaxias estudiadas este material procesado se queda dentro de la galaxia lo que influye en la población de SSC formados posteriormente.

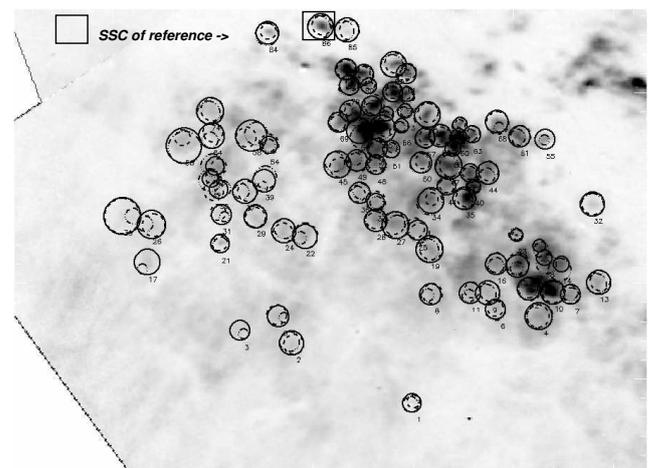


Figura 1 — Población de SSC en una zona del *starburst* de M82 (Melo et al. 2005, ApJ, 619, 270).

M82 es el prototipo de galaxia con supervientos galácticos. Hemos catalogado casi doscientos supercúmulos estelares en su *starburst*. Estos además son muy compactos ( $3 \leq R(\text{pc}) \leq 9$ ), masivos ( $4 \leq \log M (M_{\odot}) \leq 6$ ) y cercanos entre sí con una distancia entre SSC del orden de 2–3 veces el radio típico de los mismos. Hemos analizado las propie-

dades de los SSC para encasillar M82 como patrón de referencia de las características necesarias para desarrollar los supervientos galácticos.

NGC 253 tiene una población de SSC en su *starburst* menor que M82, sólo 48 SSC aunque con las mismas propiedades físicas. Además hemos detectado en el infrarrojo lejano un halo de polvo frío que se extiende a grandes distancias del disco lo que impide que el material expulsado por el *starburst* alcance el medio intergaláctico.

Por otro lado, NGC 4631 tiene distribuida la formación estelar a lo largo de todo el disco de la ga-

laxia. Los SSC son diferentes que los SSC de M82 y NGC 253, no son compactos, tienen masas similares pero repartida en un radio mayor. Además los SSC están muy separados entre sí. El material producido por los brotes de formación estelar está contenido en el halo de la galaxia en estructuras de burbujas.

También se discuten otros aspectos como son el impacto del *starburst* en las galaxias, la historia de la formación estelar en M82 y el desenlace de la historia de la formación estelar en las tres galaxias, entre otros.

## LINEAR AND NON-LINEAR KELVIN-HELMHOLTZ INSTABILITIES IN RELATIVISTIC FLOWS. APPLICATION TO EXTRAGALACTIC JETS.

Manuel Perucho Pla

perucho@mpifr-bonn.mpg.de

Tesis doctoral dirigida por José María Martí Puig

Centro: Universitat de València

Fecha de lectura: 13 de junio de 2005

Las inestabilidades Kelvin-Helmholtz (KH) se desarrollan en la interfase que separa dos fluidos en movimiento relativo a partir de pequeñas perturbaciones. Esta circunstancia se da claramente en la transición entre los chorros relativistas extragalácticos y el medio que les rodea. A este tipo de inestabilidades se asocia, por ejemplo, la carga de materia fría del medio externo, que destruye los chorros a escalas del kiloparsec en las radiogalaxias FRI, o las estructuras helicoidales observadas en los chorros de escala del parsec. Aunque se han realizado muchos trabajos en el desarrollo lineal, poco o nada se puede encontrar en la literatura hasta finales de los años 90 sobre la estabilidad de los chorros relativistas. Esta tesis doctoral se planteó desde el objetivo de analizar de manera exhaustiva el desarrollo y propiedades de este tipo de inestabilidades en fluidos relativistas, en función de los parámetros físicos del sistema, y teniendo en cuenta la aplicación astrofísica del trabajo. Para ello usamos un código numérico de hidrodinámica relativista en dos dimensiones.

En primer lugar se realizó un estudio del desarrollo de una perturbación determinada, de la que conocíamos las propiedades a partir de la solución del problema lineal, en el caso de un chorro separado del medio externo por una discontinuidad (*vortex sheet approximation*). Este estudio se realizó para una serie de casos barriendo cerca de cuatro órdenes de magnitud en energía interna es-

pecífica ( $0,07 - 60c^2$ ) y factores de Lorentz entre 5 y 20 para fluidos en simetría plana y en equilibrio de presiones con el medio. Ello nos permitió estudiar la respuesta del código a las perturbaciones respecto a la teórica, y si podíamos confiar en los resultados de la fase no lineal de dicho código. Posteriormente, y una vez confirmada esta capacidad del código, se estudió el desarrollo no lineal de las inestabilidades en los chorros. Como resultado, pudimos caracterizar la evolución de una perturbación en un fluido relativista en tres fases: 1) Fase lineal, en la que la inestabilidad crece pero sus efectos no son detectables en la estructura del chorro. 2) Fase de saturación, en la que las perturbaciones en velocidad dejan de crecer debido a que alcanzan, en el sistema de referencia del fluido, el límite físico de la velocidad de la luz. En esta fase las perturbaciones se hacen evidentes en la estructura del chorro, y las ondas empiezan a desarrollar choques internos. 3) Fase no lineal, donde, tras la saturación y el desarrollo de choques se produce una mayor transferencia de momento lineal entre el chorro y el medio externo y se produce mezcla y carga de material por parte del primero. En esta fase los chorros pueden ser decelerados y desarrollar turbulencia en las zonas de mezcla.

En una segunda parte, se estudió la influencia de la presencia de una transición continua entre chorro y medio externo (*shear layer*) en el desarrollo de las inestabilidades. Para ello se utilizaron unas condi-