

The Supergiant Interstellar Bubble LMC 1

La Super-Burbuja Interestelar LMC 1

G. Goldes ⁽¹⁾, A. Laval ⁽²⁾, G. Carranza ⁽¹⁾,
E. LeCoarer ⁽³⁾, Y.P. Georgelin ⁽²⁾, Y.M. Georgelin ⁽²⁾,
M. Marcelin ⁽²⁾, P. Amram ⁽²⁾

(1) Observatorio Astronómico de Córdoba y CONICET

(2) Observatoire de Marseille

(3) Observatoire de Grenoble

Abstract:

The study of one of the nine objects classified by Meaburn in 1980 as "Supergiant Bubbles" of the Large Magellanic Cloud has been undertaken by using $H\alpha$ observations carried out with an imaging Fabry-Pérot interference spectrometer.

A morphological, kinematical and photometrical study about this object is here presented, supporting the idea that we are dealing with a spheroidal, expanding shell. The probable origin of this huge superstructure is discussed on the basis of energetical considerations for classic stellar-wind and supernova-explosion models. An alternative approach is also discussed.

Resumen:

Se ha abordado el estudio de uno de los nueve objetos catalogados por Meaburn en 1980 como "Burbujas Supergigantes" de la Nube Mayor de Magallanes mediante observaciones en $H\alpha$ llevadas a cabo con un espectrómetro interferencial Fabry-Pérot formador de imágenes.

Se presenta un estudio morfológico, cinemático y fotométrico del objeto que respalda la idea de que se trata de una cáscara esferoidal en expansión. Se discute el origen probable de esta superestructura en base a consideraciones energéticas para modelos clásicos de vientos estelares y explosiones de supernova. Se discute una hipótesis alternativa.

Introducción

Entre las nebulosas localizadas de la Nube Mayor existe un grupo diferenciado de objetos a simetría esferoidal, de 20 pc a 200 pc de diámetro que se conocen como burbujas gigantes o normales. Sin embargo se detecta también un conjunto bien diferenciado de 9 burbujas "supergigantes", con diámetros de entre 600 y 1400 pc. Las 9 "superburbujas" muestran morfologías muy diferentes entre sí, desde cáscaras cuasi-esféricas delineadas por filamentos sencillos (LMC 1) hasta objetos de estructuras complejas (LMC 4, LMC 5), pasando por burbujas cuyas paredes se hallan tapizadas por burbujas menores (LMC 9). La distribución de diámetros de las burbujas de la Nube Mayor no es normal, sino que existen dos distribuciones diferentes separadas por un "gap" entre los 250 pc y los 600 pc (Meaburn 1980). Ese tipo de distribución de diámetros bien podría ser indicativa de un ORIGEN

también diferenciado para burbujas "normales" y "supergigantes". En este trabajo se describe el estudio llevado a cabo sobre LMC 1 en el marco del "Survey H α de las Nubes de Magallanes" (LeCoarer et al. 1993).

LMC 1 fue por primera vez identificada como una cáscara de 700 pc de diámetro por Goudis y Meaburn (1978). Sin embargo, el mismo Meaburn (1980) sugería, basándose en consideraciones poco claras, que el objeto tendría simetría cilíndrica y no esférica. Nuestros estudios respaldan por el contrario la imagen de cáscara esférica en expansión.

Parámetros observacionales

Se trata de un objeto con evidente continuidad morfológica y cinemática, y no de un mero agregado a lo largo de la visual. Se detecta emisión H α en todo el interior de la estructura, mostrando que la misma es 3-D y no un anillo plano. La figura 1 muestra un mapa de brillos superficiales medios en H α , en una escala para la cual el brillo de DEM 47 es de 100; en la misma figura se mapean las densidades electrónicas medias para un modelo de cáscara esférica de espesor 25 pc sin material en el interior y suponiendo ionización total. La figura 2 muestra un mapa de velocidades radiales LSR; la velocidad radial media de la burbuja es de 285 km/s y su velocidad media de expansión de 25 km/s.

Masas y energías

Los valores límites para la masa de la cáscara calculados en base a las densidades electrónicas resultan, asumiendo ionización total: $1,5 \times 10^5 M_{\odot}$ y $2,6 \times 10^5 M_{\odot}$. La masa total de la cáscara en expansión podría ser sin embargo muy superior si existiera un envoltorio masivo de H I frío en expansión rodeando la capa ionizada.

Las energías involucradas en el proceso pueden computarse haciendo uso de modelos físicos y evolutivos para la estructura: los mecanismos a los que usualmente se recurre para explicar el origen de este tipo de estructuras son dos: explosiones de supernovas y vientos estelares;

- asumiendo los modelos numéricos de Chevalier (1974) para la evolución de una cáscara de supernova en su etapa snowplough, y utilizando los parámetros derivados de las observaciones, se obtiene para la cáscara una edad dinámica de $4,4 \times 10^6$ años. La energía mecánica inicial liberada por la explosión resulta de 7×10^{52} erg. Dicho valor es unos dos órdenes de magnitud superior al de los valores típicos aceptados de energía mecánica liberada para supernovas de tipo II. La simetría esferoidal del objeto descarta por otra parte la sumatoria de explosiones separadas como probable origen. Resulta claro que la energía mecánica disponible en el medio originada en explosiones de supernova es totalmente insuficiente para generar una estructura tan vasta y con una expansión actual tan rápida.

- considerando los modelos teóricos de Castor et al. (1977) y Weaver et al. (1977) para vientos estelares de estrellas O y B, la edad dinámica del sistema resulta de 8×10^6 años, y la potencia mecánica media necesaria para "soplar" la estructura del orden de $1,2 \times 10^{38}$ erg/s: ¡se requerirían alrededor de un centenar de estrellas tempranas emitiendo fuertes

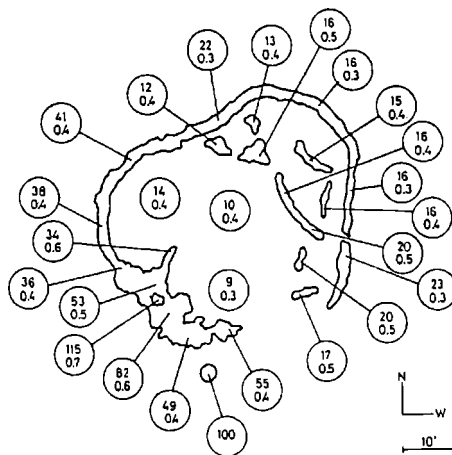


Fig. 1: Distribución de brillos superficiales $H\alpha$ y densidades electrónicas para los filamentos más conspicuos de LMC 1. La escala de brillos superficiales es tal que el valor correspondiente para la nebulosa DEM 47 (extremo S) resulta de 100. Las densidades están expresadas en e^-/cm^3 .

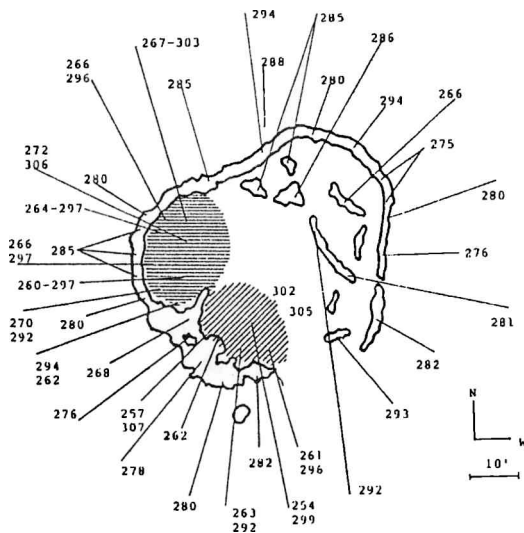


Fig. 2: campo de velocidades radiales LSR de la burbuja en km/s. Las partes sombreadas corresponden a zonas de desdoblamiento.

vientos durante un período de tiempo mayor que la vida media de tales estrellas en secuencia principal, y mucho mayor aún que su vida en la fase de emisoras de vientos, para justificar semejante aporte de energía! Es decir, gran cantidad de estrellas presentes durante varias generaciones estelares, y distribuidas según una simetría central. Dicho escenario no resulta probable.

- el mecanismo alternativo analizado es el de colisiones de nubes neutras de alta velocidad con el disco galáctico (Tenorio-Tagle 1980, 1981). La energía cinética total (macroscópica más interna) de la cáscara ionizada fue estimada, suponiendo que todo el material se desplaza con igual velocidad (25 km/s), en un valor del orden de 2×10^{52} erg. Dicho valor sería idéntico al de la energía cinética inicial de la nube intrusa si se asume que el choque fue absolutamente plástico (la nube coalesce con el disco galáctico) y si se desprecian además pérdidas radiativas. Una nube de $5 \times 10^4 M_{\odot}$ con una velocidad de caída de 250 km/s sobre el disco galáctico proveería en ese caso suficiente energía. Nubes de tales características han sido detectadas (Hulsbosch 1975).

Conclusiones

- * LMC 1 es sin dudas una cáscara esferoidal, con velocidad de expansión de 25 km/s
- * Explosiones de supernova o vientos estelares son incapaces de explicar el origen de la estructura
- * Se debe pensar en mecanismos diferentes para explicar la existencia de objetos también diferentes y no forzar los mecanismos conocidos extrapolándolos a escalas macroscópicas a nivel galáctico
- * Se propone como mecanismo responsable de la formación de la burbuja el de colisiones de nubes frías de alta velocidad con el disco galáctico. El mecanismo merece ser estudiado en mayor detalle. La simetría del objeto respalda la idea de un **evento único** como responsable de su formación.
- * La muestra total de "superburbujas" es estadísticamente muy reducida, y las nueve candidatas muestran morfologías sumamente dispares entre sí. Se hace necesario un estudio detallado de todas ellas a fin de establecer si constituyen una verdadera "categoría" diferenciada de objetos.

Referencias

- Castor J., McCray R., Weaver R., 1977, ApJ, 200, L107
Chevalier R., 1974, ApJ, 188, 501
Goudis C., Meaburn J., 1978, A&A, 68, 189
Hulsbosch A., 1975, A&A, 40, 1
LeCoarer E., Rosado M., Georgelin Y., Viale A., Goldes G., 1993, A&A, 137, 343
Meaburn J., 1980, MNRAS, 192, 365
Tenorio-Tagle G., 1980, A&A, 88, 61
Tenorio-Tagle G., 1981, A&A, 94, 338
Weaver R., McCray R., Castor J., Shapiro P., Moore R., 1977, ApJ, 218, 377