Determinación de masas de supercáscaras de HI

Suad, L.A.[1], Caiafa C.F.[1,2], Cichowolski S.[3] & Arnal E.M.[1,4]

1- Instituto Argentino de Radioastronomía (CCT-La Plata, CONICET), CC 5, 1894, Villa Elisa, Argentina
2- Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, C.A.B.A., C1063ACV, Buenos Aires, Argentina
3- Instituto de Astronomía y Física del Espacio (CONICET-UBA), Cuidad Universitaria, C.A.B.A, Argentina
4- Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, 1900 La Plata, Argentina

Introducción

Las supercáscaras (SCs) de hidrógeno neutro (HI) son grandes estructuras del medio interestelar. Las mismas se observan, en un dado rango de velocidades radiales, como mínimos en la distribución de la emisión de HI rodeados, total o parcialmente, por regiones de mayor emisión. Se las detecta principalmente en la emisión de HI. Los radios de las SCs varían desde 100 a 500 pc (Suad et al. 2014).
Uno de los grandes interrogantes con respecto a las SCs es el origen de las mismas. Si bien varios trabajos sugieren que para la mayoría de las SCs el origen podría estar relacionado con la población estelar de estrellas de alta masa que pudiera haber existido en la región donde se detecta la SC, se han propuesto otros mecanismos para explicar el origen de las SCs más energéticas. Entre estos podría mencionarse, a modo de ejemplo, el impacto de nubes de alta velocidad con el plano Galáctico (Tenorio-Tagle 1981).
Para estudiar el origen de estas estructuras es necesario conocer la masa de las mismas para así poder estimar su energía cinética.
En este trabajo presentamos los primeros resultados obtenidos utilizando un algoritmo automático de detección y cálculo de masas de SCs que estamos desarrollando a fin de derivar de manera uniforme la masa de las 566 SCs del catálogo de Suad et. al (2014), y de esta manera junto al conocimiento de su velocidad de expansión determinar la energía cinética de las mismas.

Cálculo de masas en forma manual

Con el fin de desarrollar el algoritmo automático de medición de masas, el primer paso fue medir a mano las masas de 45 candidatas a SCs del catálogo de Suad et al. (2014), para poder validar el correcto funcionamiento del algoritmo. Para cada estructura se midieron dos valores de masas, la masa de la SC y la masa faltante. La primera es la masa de las regiones de mayor emisión que rodean al mínimo que define a la estructura. La masa faltante es la que existía en el mínimo y que ha sido "barrida" y actualmente se encuentra en la SC. El valor de la masa de cada SC debería , dentro de los errores, coincidir con la masa faltante .
El cálculo se implementó en dos cubos de datos de HI cuyos límites en longitud Galáctica son 80º < l <130º y en latitud Galáctica varían de -50º< b <+10º y de -10º < b < +50º, respectivamente. Se utilizó el relevamiento de HI de Leiden-Argentina-Bonn (Kalberla et al. 2005).

Algoritmo

Para estimar las masas de las estructuras el algoritmo realiza perfiles radiales (ver Figura 1, panel derecho) en imágenes promediadas teniendo en cuenta el rango de velocidad de cada SC (Suad et al. 2014) . A partir del mínimo de emisión, en el interior de la supercáscara, se calculan estos perfiles radiales con un paso de 1°.
El algoritmo tiene dos parámetros libres, α y δ.
α: para cada estructura se busca que los puntos que definen la pared de HI (máximo local) sigan un patrón ordenado, esto es, que la distancia de un punto de la pared de HI al centro de la SC no cambie drásticamente en comparación con las distancias del resto de los puntos sobre la cáscara. Mediante un proceso de depuración, basado en un análisis de componentes principales (PCA), se eliminan los puntos que tienen una distancia al centro superior a un umbral determinado por este parámetro (ver descripción en Suad et al, 2014).
δ: es un porcentaje del máximo del perfil que define el borde externo de la estructura (ver Figura 2, panel (b)). Este índice indica el límite de la pared externa de la SC hasta donde se va a calcular la masa.
La determinación de estos parámetros no es trivial y encontramos que cambia significativamente de estructura a estructura.

Para estimar la masa de las estructuras es imprescindible tener en cuenta la emisión de fondo, la cual no es sencillo estimar y es necesario hacer aproximaciones (Fig. 2, panel (b)). En este caso se estimó a partir del ajuste de una elipse que une el centro de la estructura y el punto definido por el parámetro δ.
Para medir la masa de las SCs se le restó primero esta emisión de fondo y luego se integró sobre un área definida por los perfiles individuales. En la Figura 2, la masa así estimada de una SC está representada en color verde.

Por otro lado, se ha calculado la "masa faltante" de las estructuras. Dicha masa se deriva a partir de distribuir la masa de la SC en el mínimo hasta alcanzar el valor de la emisión de fondo (ver Figura 2).

Para cada SC se obtuvieron varios valores de masas (de las SC y de las faltantes), un par para cada combinación de los parámetros α y δ. Para determinar cuál es la combinación óptima de los parámetros que mejor va a representar el valor real de la masa de las SCs, se exige que los valores de masas de la SC y la masa faltante, coincidan para cada una de las estructuras.

La Figura 3 muestra un ejemplo de una de las estructuras para la cual se calculó la masa utilizando el algoritmo.

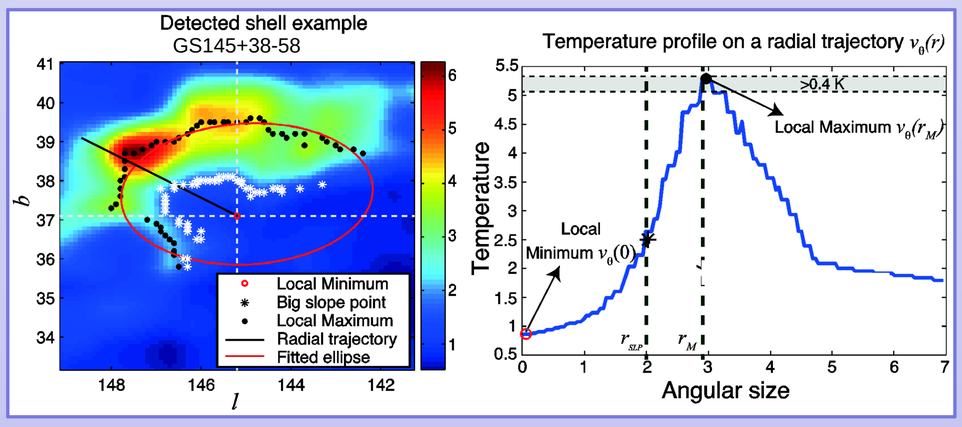

Figura 1. Ejemplo de una SC detectada. La línea negra en el panel izquierdo indica donde se calculó el perfil que se muestra en el panel derecho.

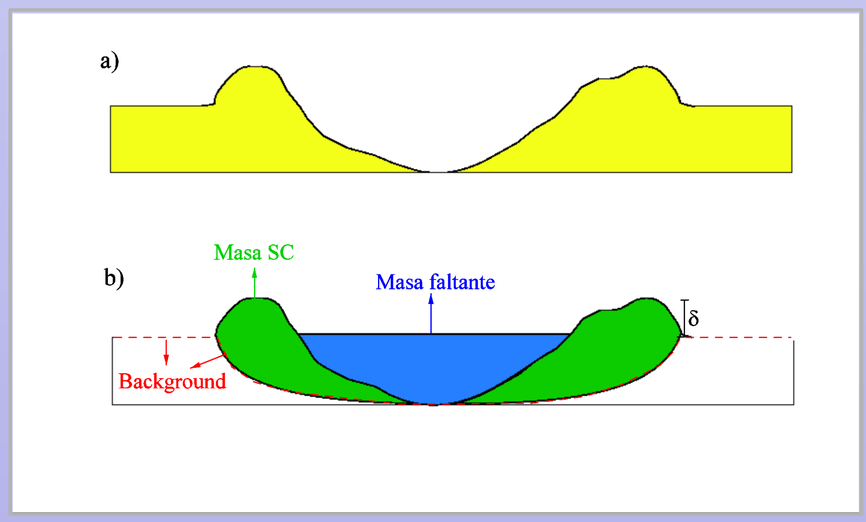

Figura 2. Ejemplificación de un perfil (panel superior) y de la masa de una SC, masa faltante, emisión de fondo y parámetro δ (panel inferior).

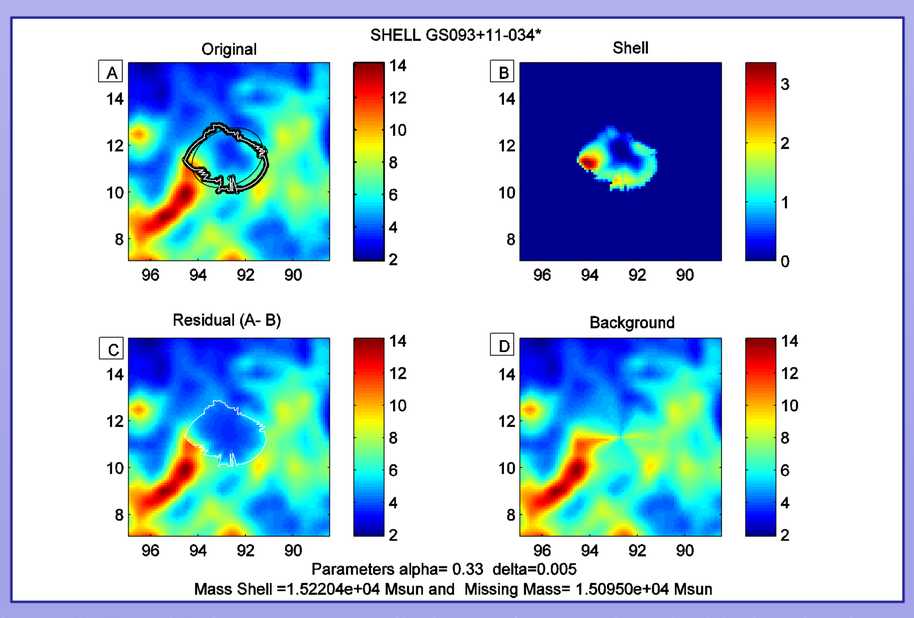

Figura 3. *Panel A*: imagen promediada en el rango de velocidades donde se detecta la SC. *Panel B*: la SC sin la emisión del medio circundante. *Panel C*: es la imagen resultante de hacer panel A-B. *Panel D*: Background.

Algoritmo vs cálculo manual

En la Figura 4 se muestra una comparación entre las masas faltantes calculadas tanto de forma manual como de forma automática. En este caso se adoptó un error del 50% para ambos cálculos. De esta última figura se desprende que los valores de las masas de 11 (24%) de las 45 estructuras evaluadas no coinciden entre sí dentro del 50%.
Los valores de las masas faltantes obtenidos por el algoritmo van desde 0.1 x 10^5 a 2.3 x 10^5 Msol.
Para las estructuras en las que no hubo coincidencia entre los valores arrojados por el algoritmo y los calculados a mano, encontramos que 9 de las SC presentan emisión de HI dentro de la misma, lo que hace que el algoritmo detecte estructuras más pequeñas, dando valores de masa más pequeños.
Para las restantes 2 estructuras para las cuales no hay coincidencia el algoritmo sólo encuentra uno o dos puntos en la paredes y las completa con una elipse. El algoritmo falla en detectar las paredes porque son muy débiles y por ello se produce una diferencia entre los valores medidos a mano y los arrojados por algoritmo.

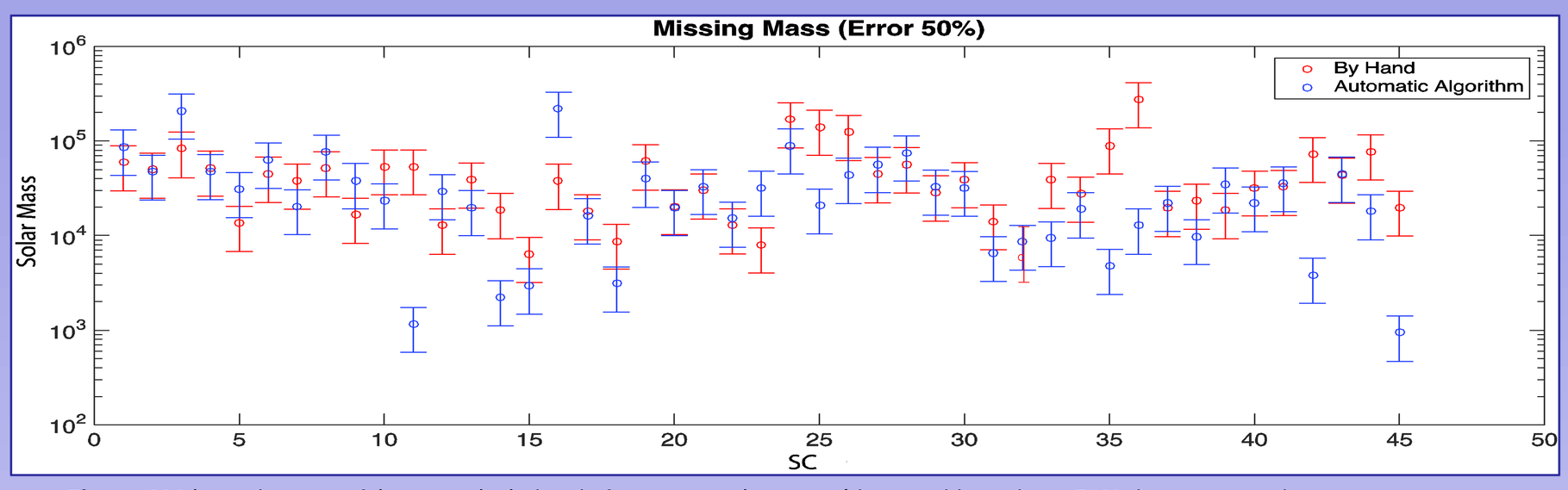

Figura 4. Valores de masas faltantes calculados de forma manual y automática considerando un 50% de error en ambos casos.

Conclusiones

Poder estimar la energía cinética de cada estructura es imprescindible para intentar determinar su origen. Con este fin estamos desarrollando un algoritmo automático de cálculo de masas. En esta primera muestra de 45 estructuras, el algoritmo parece funcionar muy bien ya que un 76 % de las estructuras medidas en forma manual pudo ser, dentro de los errores, replicado utilizando el algoritmo.
Esta herramienta permitirá obtener estimaciones de masas de todas las estructuras incluidas en el catálogo de Suad et al. (2014) y posiblemente sacar conclusiones sobre el origen de las mismas.

Referencias: Kalberla, P. M. W., Burton, W. B., Hartmann, D., et al. 2005, A&A, 440, 775.
Suad L. A., Caiafa C. F., Arnal E. M., Cichowolski S., 2014, A&A, 564, A116.
Tenorio-Tagle, G. 1981, A&A, 94, 338.

Contacto: **lasuad@iar.unlp.edu.ar**