



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Stellar radio beacons for Galactic astrometry

Quiroga Nunez, L.H.

Citation

Quiroga Nunez, L. H. (2020, March 12). *Stellar radio beacons for Galactic astrometry*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/86289>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/86289>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/86289> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Quiroga Nuñez, L.H.

Title: Stellar radio beacons for Galactic astrometry

Issue Date: 2020-03-12

Resumen en Español

Hace cien años, todavía teníamos un conocimiento muy básico de nuestra galaxia: la Vía Láctea. No estaba claro si las estrellas en el cielo eran parte de un grupo, y por lo tanto, podría haber otros grupos de estrellas en el universo, o en cambio, sí las estrellas estaban ampliamente difundidas en el universo. Es por eso que se organizó un debate entre dos astrónomos estadounidenses que propusieron diferentes hipótesis basadas en observaciones. Por un lado, Harlow Shapley propuso que vivimos en un universo isla y que no se han detectado otros universos isla porque estaban muy lejos. Por otro lado, Heber Curtis propuso que vivimos en una pequeña galaxia y que no podíamos observar otras galaxias debido a que su luz era absorbida por el polvo presente en nuestra galaxia. Al mirar hacia atrás, uno encuentra que la base de esta discordia era la falta de mediciones precisas de las distancias a otras estrellas. Al no tener una distribución fiable de las estrellas alrededor del Sol, era imposible determinar qué objetos en el cielo son parte de nuestra galaxia o aquellos que parecen estar más allá.

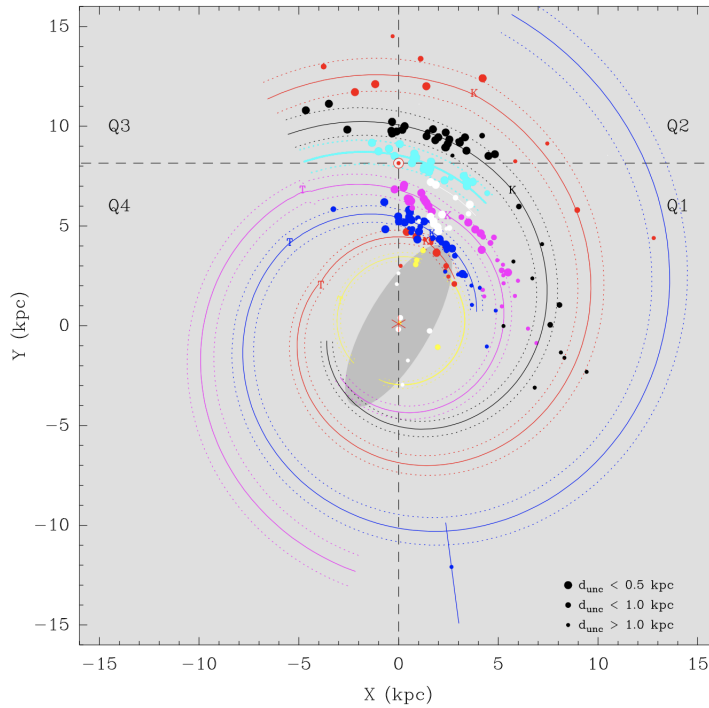


Figura C1: Vista de la Vía Láctea desde el polo norte galáctico que muestra las posiciones de las regiones de formación de estrellas masivas usadas en el proyecto BeSSeL y las posiciones inferidas de los brazos espirales (Reid et al. 2019), donde la incertidumbre de la distancia se relaciona con el tamaño de los puntos. En esta vista, el Sol se encuentra a (0,8.15) kpc y la Galaxia gira en el sentido de las agujas del reloj.

Con el tiempo, se usaron nuevas tecnologías que permitieron a los astrónomos estable-

cer distancias y movimientos de las estrellas más precisos, para encontrar que los universos isla o galaxias son de hecho objetos extragalácticos que se mueven con respecto a nosotros. Además, se descubrió que nuestra galaxia tiene una forma específica donde las estrellas se encuentran en un disco giratorio que exhibe varias particularidades morfológicas, tales como brazos espirales prominentes y una barra central (Fig. C1 y C2).

Durante el tiempo de esta tesis, la misión espacial *Gaia* proporcionó mediciones precisas de posición y velocidad para más de mil millones de estrellas en la Vía Láctea. Sin embargo, los datos proporcionados por *Gaia* están limitados por la gran cantidad de polvo que absorbe y dispersa la luz en longitudes de onda en el óptico, particularmente en el plano galáctico. En contraste, las ondas de radio no se ven afectadas por el polvo y, por lo tanto, pueden penetrar fácilmente en el plano galáctico proporcionando datos complementarios (Fig. C3). Campañas recientes en el radio (vease por ejemplo BeSSeL ¹¹ y BAaDE ¹²) han medido posiciones y movimientos precisos de fuentes estelares brillantes (conocidas como máseres ¹³) en el plano galáctico usando un técnica llamada interferometría de muy larga base (VLBI, por sus siglas en inglés). En esta técnica, un objeto estelar es detectado por varias antenas de radio distribuidas a largas distancias, incluso en diferentes continentes. Las señales detectadas se combinan generando una imagen detallada del objeto. Al estudiar las posiciones y la velocidad de las estrellas en el plano galáctico usando VLBI, se han detectado varias estructuras galácticas (Fig. C1 y C2).

Esta tesis demuestra cómo se pueden realizar mediciones astrométricas robustas en el régimen de radio para estrellas masivas jóvenes en toda la galaxia. Dichos resultados son comparados con simulaciones de áreas en la galaxia que no se han observado para determinar los límites de esta técnica. Además, se estableció la correspondencia entre los datos ópticos y de radio para las estrellas evolucionadas alrededor del Sol, utilizando información adicional en las longitudes de onda infrarrojas. Finalmente, se realizó un estudio de un sistema binario en particular que demuestra cuánta información estelar se puede obtener al tener mediciones astrométricas precisas de diferentes épocas y en diferentes frecuencias.

El objetivo de esta tesis es demostrar cómo se pueden utilizar mediciones astrométricas precisas de emisores estelares de radio para obtener información crucial de propiedades particulares de diferentes sistemas estelares, así como determinar las principales estructuras y parámetros de nuestra Vía Láctea. Para hacer eso, hicimos uso de observaciones astrométricas y fotométricas a diferentes longitudes de onda, simulaciones avanzadas de Monte Carlo y modelos teóricos. Esta tesis tiene como objetivo responder estas cuatro preguntas:

- **Capítulo 2:** ¿Cómo se pueden usar las mediciones astrométricas de VLBI en regiones de formación de estrellas masivas para trazar las estructuras de brazos espirales?
- **Capítulo 3:** ¿Qué tan precisos se pueden estimar los parámetros estructurales de la Vía Láctea si tenemos observaciones con sensibilidad limitada y una ubicación fija de los telescopios?
- **Capítulo 4:** ¿Cómo se pueden usar los datos astrométricos a diferentes longitudes de onda para estudiar las poblaciones estelares antiguas en el vecindario solar?
- **Capítulo 5:** ¿Cómo se pueden usar las mediciones astrométricas para descubrir y estudiar la emisión de estelar de radio que es variable de un sistema estelar binario?

¹¹<http://bessel.vlbi-astrometry.org/>

¹²<http://www.phys.unm.edu/baade/>

¹³Los cuales se producen naturalmente en diferentes ambientes estelares y siguen el mismo principio físico que los láseres pero en el régimen del radio.

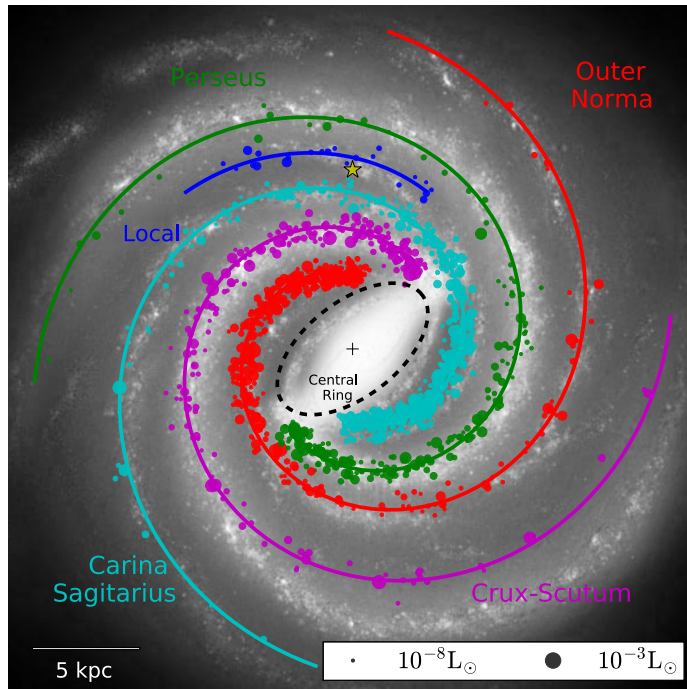


Figura C2: Simulación de la distribución de regiones de formación de estrellas masivas superpuesta en una impresión artística de la Vía Láctea (R. Hurt: NASA / JPLCaltech / SSC). La gráfica también incluye la luminosidad para cada fuente representada en el tamaño de los puntos.

En los siguientes párrafos, se describe el contenido de cada capítulo científico de esta tesis ilustrando cómo responden las preguntas relacionadas anteriormente.

En el Capítulo 2, se presenta una investigación sobre una región de formación de estrellas masivas ubicada en el brazo espiral exterior de la Vía Láctea: Sharpless 269 (S 269). Utilizando 16 observaciones con el Very Large Baseline Array (VLBA) en los Estados Unidos, se realizaron mediciones precisas de la distancia y los movimientos de los máseres de agua en S269. Los resultados astrométricos obtenidos confirman una curva de rotación galáctica plana a grandes distancias desde el centro de la Vía Láctea. Utilizando la distancia obtenida junto con una simulación galáctica y observaciones de otras estrellas masivas jóvenes en la región exterior, fue posible demostrar la existencia de un pliegue en el brazo exterior. Además, se encontraron tres fuentes en el catálogo de *Gaia* que probablemente sean miembros de la misma asociación estelar dado su movimiento, paralaje y etapa evolutiva (estrellas jóvenes muy masivas).

En el Capítulo 3, se simuló la población de estrellas masivas jóvenes en la Vía Láctea, generando muchas muestras y comparándolas con las muestras observadas del proyecto BeSSeL. Se verificó que los parámetros estructurales de la Vía Láctea obtenidos por BeSSeL no están sesgados por la selección de la muestra utilizada. De hecho, las estimaciones de error publicadas parecen ser conservadoras para la mayoría de los parámetros. Mostramos que los datos futuros de BeSSeL y las observaciones futuras utilizando máseres de la región sur de la Vía Láctea mejorarán las estimaciones de los parámetros estructurales de la Vía Láctea y reducirán

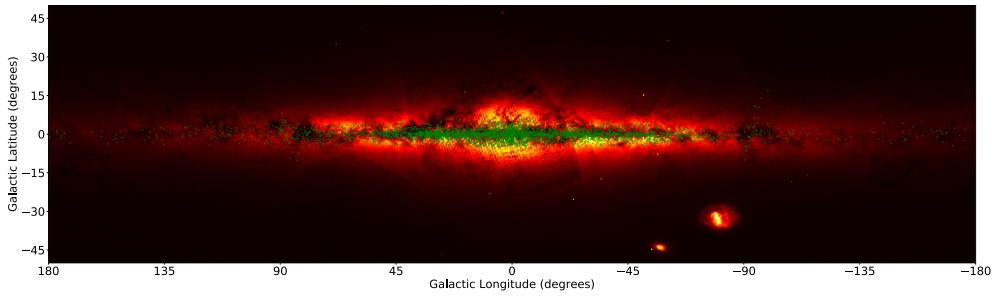


Figura C3: Distribución galáctica de los objetivos estelares propuestos por el proyecto BAaDE que no poseen contrapartes en *Gaia* (puntos verdes) superpuestos en el primer mapa del cielo que *it Gaia* obtuvo. Esta muestra se correlaciona con precisión con regiones muy oscuras en el régimen óptico. Crédito: ESA / *Gaia* / DPAC.

su correlación mutua.

En el Capítulo 4, los objetivos del proyecto BAaDE se han estudiado con datos de varias misiones en el óptico, infrarrojo y radio. Al comparar estas observaciones, se ha caracterizado la muestra del proyecto BAaDE alrededor del Sol (2,060 estrellas), que consiste principalmente en estrellas evolucionadas. Las magnitudes bolométricas absolutas (emisión estelar en todo el espectro) se compararon con muestras de estrellas evolucionadas de la literatura encontrando que nuestra selección está contaminada con objetos de baja luminosidad, probablemente objetos estelares jóvenes. Sin embargo, descubrimos que las propiedades de las estrellas, para las cuales se detectan máseres de SiO, son consistentes con estrellas tipo Mira ricas en oxígeno con períodos entre 250 y 750 días.

En el Capítulo 5, hemos redescubierto por casualidad la emisión de radio del sistema binario Ross 867-8 cuando estábamos inspeccionando la astrometría de los datos de archivo del Radiotelescopio Gigante de Ondas Metricas en India. En este sistema binario, ambas estrellas enanas comparten características similares, como el tipo espectral, los parámetros astrométricos, la edad y la emisión en infrarrojo, óptico y rayos X. Además, después de revisar los datos de archivo de varios observatorios de radio, confirmamos que aunque ambas estrellas nacieron juntas, solo Ross 867 es brillante en las longitudes de onda de radio, mientras que Ross 868 permanece sin ser detectada. Como tienen una gran separación orbital, este sistema estelar binario proporciona un laboratorio para examinar y restringir las propiedades estelares vinculadas a la actividad de radio en las estrellas enanas. Finalmente, se especuló que la diferencia observada en la actividad de radio entre las estrellas podría deberse a diferencias en las topologías de campo magnético o que Ross 867 tiene una dinamo intrínsecamente diferente.