

Subestructura en el espacio de fase de la Galaxia con *Gaia*

Autor: Pau Ramos

Tesis doctoral dirigida por: Teresa Antoja

Centro: Institut de Ciències del Cosmos,

Universidad de Barcelona

Fecha de lectura: 25 de septiembre de 2020

En esta tesis hemos explorado y caracterizado en detalle la subestructura cinemática de nuestra Galaxia, la Vía Láctea (VL), mediante la explotación del segundo catálogo de datos del satélite *Gaia* publicado en abril de 2018. Este catálogo nos ha permitido, por primera vez en la historia, acceder a las posiciones, velocidades, distancias y fotometría de más de mil millones de estrellas de la VL. Todo ello medido con la precisión necesaria para acceder a un nuevo nivel de detalle nunca visto y así, tal y como demostramos en este trabajo, avanzar en la comprensión de nuestra Galaxia.

La mera existencia de subestructura cinemática demuestra que nuestra Galaxia está viva. Cualquier acumulación significativa de estrellas en torno a un cierto tipo de órbitas se puede asociar con un evento pasado que todavía hoy perdura a pesar de la rotación diferencial, o bien, con los efectos persistentes en el tiempo de un elemento no axisimétrico como la barra Galáctica. Esto abarca desde cúmulos (abiertos o globulares), galaxias satélites, sistemas en proceso de evaporación y corrientes estelares, así como procesos dinámicos a gran escala tales como las resonancias con la barra o los mismos brazos espirales.

Así pues, hemos explorado el espacio de fases (posiciones y velocidades) completo de seis millones de estrellas del disco Galáctico de forma sistemática y robusta más allá de la vecindad Solar. Con ello hemos revelado de forma clara la existencia de estructuras cinemáticas con distintas morfologías conviviendo en el plano de velocidades, algunas de ellas con forma de arco de energía constante. Al seguir los cambios en morfología y velocidades de estas estructuras a lo largo y ancho de la VL hemos descubierto que no todas presentan los mismos gradientes: algunas tienden a preservar el momento angular mientras que otras la energía. Gracias a estos resultados nos ha sido posible proponer por primera vez una distinción entre las estructuras causadas por la barra y aquellas causadas por perturbaciones externas.

A continuación, con el fin de analizar los más de 700 millones de estrellas lejanas que hay en el catálogo de *Gaia*, diseñamos una

estrategia que nos permitiese utilizar una metodología similar a la usada en el disco para la búsqueda de subestructura, pero ahora trasladada de forma eficiente al halo y los confines de la Galaxia. Nuestro método pionero en el uso masivo y paralelizable del archivo *Gaia* (gea.esac.esa.int/archive) nos ha permitido detectar de forma simultánea un gran número de cúmulos globulares, galaxias enanas, así como otros satélites de la VL como las nubes de Magallanes e incluso *ultra faint dwarf galaxies*. Adicionalmente, hemos podido detectar también varias estructuras extendidas en el cielo, las cuales hemos estudiado en detalle en esta tesis por su gran relevancia dentro de la historia de la VL.

Dos de estas estructuras extensas son el Anticentre Stream (ACS, por sus siglas en inglés) y Monoceros, las cuales hemos aislado y caracterizado a un nivel de detalle sin precedentes. Ambas son estructuras situadas en el anticentro galáctico, inesperadas tanto por su densidad como por su color y su ubicación relativa al disco (respectivamente, a $\sim 6,5$ kpc y $\sim 4,5$ kpc del plano). Gracias a nuestro estudio de su morfología y poblaciones estelares, concluimos que antaño las estrellas que ahora forman ACS y Monoceros eran parte del disco, que sin embargo fueron "levantadas" por la prolongada interacción gravitatoria con la galaxia enana de Sagitario.

Nuestros datos también nos han permitido elaborar dos muestras distintas de, precisamente, la corriente estelar de Sagitario. Esto ha dado lugar a la primera determinación empírica precisa de los movimientos propios a lo largo de todo el corriente estelar, así como de su dispersión de velocidades gracias a la combinación de distancias y movimientos propios. Como resultado de la tesis, demostramos que los datos de la galaxia de Sagitario no son consistentes con los modelos actuales, requiriéndose otros elementos como las nubes de Magallanes para explicar las observaciones.

Este tipo de estudios no habían sido posibles hasta ahora por la falta de catálogos de todo el cielo y con la suficiente estadística. Esta tesis ha sido pionera tanto por su metodología como por su enfoque, tratando de unificar tres aspectos de nuestra Galaxia generalmente tratados como independientes pero que ahora los resultados nos obligan a interpretar como una sola pieza de la historia reciente de la VL: la subestructura en el disco, las estructuras del anticentro Galáctico y la corriente estelar de Sagitario.

Con este trabajo, se ha evidenciado la necesidad de avanzar en el modelaje dinámico de la Galaxia para poder tratar rigurosamente el acoplamiento entre distintos mecanismos dinámicos y desarrollar un marco teórico que nos permita reconstruir la evolución del potencial gravitatorio y la historia reciente de nuestra Galaxia a partir de nuestros resultados.

Tesis disponible en: <https://www.tdx.cat/handle/10803/670916>

Proyección Mollweide en coordenadas galácticas de la intensidad relativa de nuestras detecciones cinemáticas en el halo y los confines de la VL. Solo se muestra la estructura que domina el espacio cinemático a cada HEALpix del cielo. Con ello, podemos aislar decenas de cúmulos globulares, galaxias satélites, la corriente estelar de Sagitario y, en el centro de la figura, ACS y Monoceros.

