

## Evolution: A new version of the Besançon Galaxy model constrained with Tycho data

Autora: Maria Anna Czekaj (mzczekaj@am.ub.es)

Tesis doctoral dirigida por:

Francesca Figueras Siñol, Annie C. Robin y

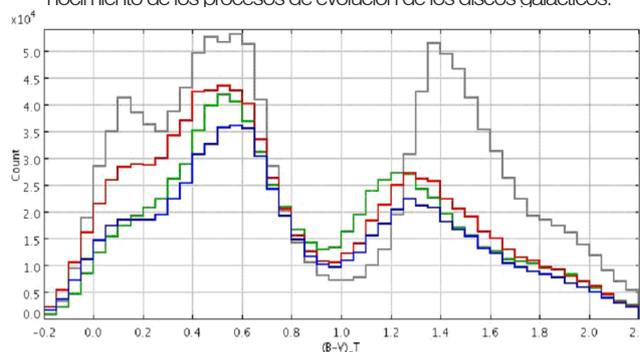
Francesc Xavier Luri Carrascoso

Centro: Universidad de Barcelona

Fecha de lectura: 22 de octubre de 2012

Uno de los principales objetivos de la misión Gaia (ESA, lanzamiento previsto para otoño de 2013) es avanzar en el conocimiento del origen y la evolución de nuestra Galaxia. Para poder realizar una óptima explotación científica de los datos que aportará este satélite es fundamental disponer de modelos y códigos que permitan contrastar varias hipótesis y escenarios sobre los procesos de formación y evolución de las componentes galácticas. Cada una de estas componentes - disco delgado, disco grueso, halo y bulbo - viene caracterizada por una ley de densidad (recuentos estelares) y unas propiedades cinemáticas. Son también ingredientes fundamentales del modelo las propiedades de las estrellas, caracterizadas a partir de los modelos de evolución estelar y los modelos de atmósfera. Así también, un correcto tratamiento de los sistemas binarios en función de los parámetros físicos estelares es esencial en este tipo de estudios. Todo este conjunto de ingredientes permiten caracterizar las poblaciones estelares a nivel global y, de aquí, inferir la distribución total de masa y el potencial gravitacional galáctico. Para abordar este objetivo, en la presente tesis doctoral nos hemos propuesto optimizar el llamado modelo de síntesis de poblaciones estelares de Besançon, cuya primera versión fue desarrollada por A. Robin en 1986. En particular, nos hemos centrado en la componente del disco delgado de la Vía Láctea. Cuando iniciamos nuestro trabajo, hace ya cuatro años, dicho modelo simulaba el contenido estelar en una dirección del cielo dado usando los llamados diagramas de Hess. Para una población dada, este diagrama estaba fijado, y se calculaba imponiendo, de antemano, una función inicial de masa (IMF), una historia de formación estelar (SFR), un modelo de evolución estelar y una relación metalicidad-edad. Ello conllevaba que cualquier generación de un catálogo estelar mediante dicha versión mantuviese fijos ingredientes tan fundamentales y poco conocidos como son la IMF o la SFR, parámetros que Gaia deberá redefinir en la próxima década. Esta tesis ofrece una nueva versión del modelo de Besançon. Hemos diseñado, desarrollado, implementado y testeado una nueva estructura de generación de las estrellas del disco delgado, una estructura que permite, mediante la comparación de los datos observados y los generados, encontrar la mejor combinación de IMF y SFR que ajusta a las observaciones. Como se detalla en el capítulo 2, el código que presentamos permite imponer la autoconsistencia dinámica en el proceso de generación estelar. Esta se realiza siguiendo los modelos propuestos por Bienayme et al. (1987). Para cada nuevo escenario de evolución (IMF, SFR, modelos de evolución estelar, ...) se recalcula el potencial galáctico y de aquí las leyes de densidad que nos permitirán generar un catálogo dinámicamente autoconsistente. La segunda aportación importante de esta tesis es la capacidad del nuevo modelo de Besançon de generar sistemas binarios. Hasta la fecha, dicho modelo, disponible en la web y de uso libre para toda la comunidad internacional, solo permitía la generación de estrellas individuales (Robin et al. 2003). Si bien el simulador de Gaia, cuya descripción del contenido estelar ha sido recientemente publicada en Robin et al. (2012), incluía ya la generación de sistemas binarios, tampoco contemplaba algo tan fundamental como es la autoconsistencia dinámica, es decir la

conservación de la masa total observada en el entorno solar. En la versión que se presenta en esta tesis doctoral este tema ha sido tratado y testeado con rigor de forma que podemos afirmar que el contenido estelar que genera el nuevo modelo mantiene las restricciones de la densidad local observada, restricciones que se derivan de la función de luminosidad observada en el entorno solar. Los capítulos 2 y 3 incluyen una descripción detallada de la nueva estructura del código, de las actualizaciones de todos los ingredientes del modelo de acuerdo con los avances en los últimos diez años en astrofísica galáctica y evolución estelar, así como de los procesos de generación de sistemas binarios. En el capítulo 4 discutimos los dos elementos observacionales clave para el ajuste entre modelo y observación: la función de luminosidad observada en el entorno solar y el catálogo de Tycho, ambas aportaciones relevantes de la misión Hipparcos de la ESA (Perryman et al., 1997). Una vez desarrolladas las herramientas que permiten este ajuste entre modelo y observables (ver capítulo 4), en el capítulo 5 pasamos a seleccionar los escenarios de evolución estelar y galáctica que permiten un mejor ajuste del modelo a los datos observacionales. Dicho capítulo muestra otro de los logros de la presente tesis doctoral: por primera vez hemos conseguido un ajuste aceptable a los recuentos estelares y distribuciones de color observados por Hipparcos hasta magnitud visible aparente 11 (ver Fig. 1). En este capítulo mostramos los efectos que resultan de variar cada uno de los ingredientes básicos del modelo, desde el cambio de los modelos de atmósfera o los modelos de evolución estelar al uso de uno u otro modelo de extinción interestelar. También, como ejemplo, en esta sección se han analizado los efectos en los recuentos estelares derivados de imponer una u otra masa dinámica del sistema galáctico. En conclusión, esta tesis nos proporciona una visión global no solo de los ingredientes que componen el puzzle del disco delgado de nuestra Galaxia sino también de los efectos que cada uno de estos produce en la componente estelar que observamos en una dirección del cielo dada. Para concluir, queremos mencionar que el código que aquí presentamos supone una mejora substancial al modelo de síntesis de poblaciones estelares más usado por la comunidad astronómica internacional. El ajuste de sus ingredientes básicos al catálogo Tycho aporta resultados tan relevantes como es la confirmación de que el ritmo de formación estelar en el disco galáctico no ha sido constante sino decreciente desde los inicios de la formación de esta estructura. Sin duda, la futura generación de catálogos sintéticos a partir de este código y su comparación con catálogos estelares más profundos como GSC2 o PanStars supondrá un paso significativo hacia el conocimiento de los procesos de evolución de los discos galácticos.



Distribuciones acumulativas del color (B-V)T para todo el cielo del modelo antiguo (gris), nuestros dos nuevos modelos por defecto (en azul utilizando la IMF de Haywood-Robin y en rojo la de Kroupa-Haywood v6) y los datos de Tycho-2 (en verde). Es crucial darse cuenta de los enormes cambios que aparecen en el histograma (B-V)T con nuestro nuevo modelo, respecto a los de la versión anterior. Hemos logrado disminuir el número de objetos en ambos picos, haciéndolo mucho más similar al número de estrellas observados en la muestra de Tycho-2. Hemos mejorado también el aspecto del histograma. El pico rojo de las gigantes se ha desplazado más de 0.1 mag hacia el azul ajustando significativamente mejor los datos de Tycho-2. El exceso de estrellas azules alrededor de  $(B-V)T = 0.1$  mag se ha reducido significativamente.