

# Informe Pasantías de Iniciación a la Investigación

Jorge Ibañez  
Tutor: Dra. Cecilia Mateu

Diciembre, 2022

Las estrellas RR Lyrae son estrellas pulsantes de la rama horizontal, ampliamente conocidas por ser estándares de luminosidad. Esta propiedad significa que es posible conocer su luminosidad a partir de parámetros observables, en este caso, la metalicidad y el período. Conociendo ésta, la distancia a una RR Lyrae se puede calcular fácilmente a partir de la medida de su brillo aparente. Esto, sumado a que son estrellas relativamente luminosas, las vuelve excelentes trazadores de estructura en la Vía Láctea. Las calibraciones hasta el momento se enfocan en la luminosidad de las RR Lyrae en la Rama Horizontal de Edad Cero (ZAHB, por sus siglas en inglés). Al terminar esta etapa las estrellas evolucionan fuera de la ZAHB volviéndose más luminosas. Para estas estrellas evolucionadas, el cálculo de la distancia con las calibraciones usuales, en función de la metalicidad, basadas en la ZAHB, tendrá un error sistemático debido a la subestimación de la luminosidad, lo que lleva a sobreestimar su distancia. Esto se debe a que en su evolución post-ZAHB, una RR Lyrae mantiene su metalicidad constante mientras su luminosidad aumenta. Kunder et al. 2009 propuso utilizar el corrimiento en período, además de la metalicidad, para calibrar la luminosidad.

El objetivo del proyecto fue, utilizando observaciones de la misión Gaia, calibrar la luminosidad de estrellas RR Lyrae como función del corrimiento en período y la metalicidad para corregir los efectos sistemáticos que introduce la evolución fuera de la Rama Horizontal de Edad Cero. Para esto utilizamos el catálogo de estrellas RR Lyrae proporcionado por Muraveva et al. 2018 actualizado con nuevos datos proporcionados por Gaia DR3. Esto nos permite además de realizar nuestra calibración, comparar el desempeño de la misma con las tradicionales en función de la metalicidad.

Nuestra primera tarea fue encontrar una forma de definir el corrimiento en período. De manera tradicional, se definió como un ajuste cuadrático sobre las RR Lyrae tipo OoI (pertenecientes a la ZAHB). Esta definición tiene un problema y es que, para aquellas RR Lyrae que poseen un período mayor al máximo del ajuste cuadrático, no es posible calcular el corrimiento en período de manera tradicional. Encontramos una nueva forma de definir el corrimiento en período, minimizando la desviación estándar de los residuos en el ajuste  $M_G - \Delta \log P$ . Obtuvimos que una mejor forma de definir el corrimiento en período no es la tradicional como un ajuste sobre las OoI, sino que el ajuste cuadrático se encuentra en una región intermedia entre las RRab tipo OoI y OoII (RR Lyrae post-ZAHB). Esta forma de definirlo redujo además el porcentaje de estrellas en las cuales no es posible calcular el corrimiento ya que el máximo de nuestro ajuste es mayor al ajuste sobre las OoI.

Con dicha definición del corrimiento en período se calibró la relación  $M_G - \Delta \log P$ . Se obtuvo que la desviación estándar de los residuos del ajuste  $M_G - \Delta \log P$  fue menor en comparación con el ajuste tradicional  $M_G - [\text{Fe}/\text{H}]$  (Muraveva et al. 2018). Además, se evaluó el desempeño de la calibración en comparación con la tradicional en función de la metalicidad mediante el cálculo de la desviación de la distancia a cúmulos globulares. Se obtuvo que, para la lista de cúmulos globulares utilizados, el ajuste de la luminosidad en función del corrimiento en período mostró un error relativo promedio en el cálculo de la distancia a cúmulos globulares de 2.97 %, un 21.89% menos en comparación con el ajuste en función de la metalicidad, que fue 3.70 %. Para el ajuste en dos variables, metalicidad y corrimiento en período, se realizó el mismo procedimiento y se encontró nuevamente que es una mejor definición del corrimiento en período la encontrada mediante la minimización de residuos. La desviación estándar de los residuos del ajuste  $M_G - \Delta \log P - [\text{Fe}/\text{H}]$  fue menor que la relación  $M_G - \Delta \log P$  y esta última, menor que  $M_G - [\text{Fe}/\text{H}]$ . Por último, se evaluó también el desempeño mediante el cálculo de distancias

a cúmulos globulares para un ajuste lineal, cuadrático y cúbico. Se obtuvo que el cuadrático mostró un error relativo promedio de 2.40%, un 35.13% mejor que el ajuste en función de la metalicidad.

Concluimos entonces que el ajuste de la luminosidad como función del corrimiento en período mostró un mejor desempeño que el ajuste clásico como función de la metalicidad. El ajuste que mejor desempeño mostró fue el ajuste en dos variables, en función del corrimiento en período y la metalicidad. Esto se debe a que el primer factor de dependencia la altura de la ZAHB y, por lo tanto, su luminosidad, es la metalicidad y su evolución post-ZAHB es caracterizada por el corrimiento en período.

## Bibliografía

- Muraveva, et al. 2018, MNRAS, 481, 1195
- Kunder & Chaboyer, AJ, 138, 5, 1284

## Firma

