

1 Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones
2 Escuela Politécnica Superior
3 Universidad de Alcalá



4

5

ANTEPROYECTO

6 *Desarrollo de soluciones de inteligencia artificial*
7 *para datación de estrellas*

8

Diciembre - 2020

9

Autor - Jarmi Recio Martínez

10

Director - Roberto Javier López Sastre

1. Introducción

Este proyecto se titula *Desarrollo de soluciones de inteligencia artificial para datación de estrellas* y tiene por objetivo la estimación de la edad de estrellas mediante técnicas de inteligencia artificial.

Masa, composición y edad son los tres determinantes clave del estado físico de una estrella. La masa de las estrellas se puede determinar a partir de la física básica, mientras que, la obtención de la composición de las estrellas no es sencilla, aunque, el proceso es inequívoco y permite comprender sus limitaciones. Por otro lado, la edad de las estrellas no puede medirse de forma concreta, solo puede realizarse una estimación para obtener una aproximación de esta.

En ocasiones, es posible determinar la edad de las estrellas, si se logra colocar los eventos en la secuencia correcta y comprender la duración relativa de las fases. Pero, a menudo se necesita unir observaciones de objetos independientes para llegar a la comprensión de un proceso.

Por lo tanto, la comprensión completa de los fenómenos astrofísicos, se traduce en una secuencia correcta de eventos, conociendo su escala de tiempos. Gran parte de estos fenómenos están relacionados con estrellas individuales o con las estrellas más cercanas, por lo que se necesitan métodos confiables para obtener la edad de estas.

1.1. Estado del arte

Para conocer los métodos de estimación de edad y la calidad de estos, se hace referencia al estudio *The Age of Stars*, realizado por *David R. Soderblom*, Doctor en Astronomía en el *Space Telescope Science Institute*. [3]

En este documento, se muestra una clasificación de los principales métodos de estimación empleados en la actualidad. Entre los que se encuentran:

- Edades fundamentales y semifundamentales: nucleocosmocronometría, edades cinemáticas o de expansión y límite de agotamiento de litio.
- Edades dependientes del modelo: ajuste de isocronas y astrosismología.

- 40 ■ Edades empíricas: *spin down* rotacional y girocronología, actividad y
41 edad, agotamiento de litio y variabilidad fotométrica.
- 42 ■ Edades estadísticas: relación edad-metalicidad y *disk heating*

43 Otro de los métodos empleados para la estimación de estrellas involucra
44 al ajuste de isocronas con la girocronología empírica, detallado en el estudio
45 *Toward Precise Stellar Ages: Combining Isochrone Fitting with Empirical*
46 *Gyrochronology*, publicado en *The Astronomical Journal* en noviembre del
47 2019. En esta publicación, se describe el modelo empleado para la media y
48 la varianza de los periodos de rotación en función de la edad estelar, además
49 de la combinación de este modelo con otro modelo de estimación de edades
50 estelares mediante girocronología y ajuste de isocronas simultáneamente. [2]

51 También es oportuno añadir el estudio realizado por *Payel Das* y *Jason*
52 *L. Sanders*, titulado *A spectroscopic Mass, Age, and Distance Estimator for*
53 *red giant stars with Bayesian machine learning*. En este se presenta una serie
54 de estimaciones de masa, edad y distancia entre estrellas mediante redes
55 neuronales bayesianas a partir de una combinación de datos astrométricos,
56 fotométricos y espectroscópicos. [1]

57 2. Objetivos y campos de aplicación

58 Este proyecto tiene por objetivo principal la estimación de edad de las
59 estrellas mediante modelos de inteligencia artificial, por lo que pretende ser
60 una herramienta de apoyo para la astrofísica, siendo esta la ciencia que estu-
61 dia estrellas, planetas, galaxias, agujeros negros y otros objetos astronómicos,
62 incluyendo su composición, estructura y evolución.

63 Los siguientes ejemplos ayudan a comprender el interés y la necesidad
64 por conocer la edad de las estrellas:

- 65 ■ La formación y evolución de los discos protoplanetarios parece ocurrir
66 en los primeros 100 Myr de la vida de una estrella, y los discos de es-
67 combros se forman más tarde. En la actualidad, apenas se puede limitar
68 esta escala temporal con los métodos disponibles y para comprender la
69 física de los procesos implicados, es necesario observar las diferencias

70 en los procesos de formación y conocer la escala temporal entre ellos,
71 además del de las estrellas implicadas.

72 ■ Se han descubierto muchos planetas gigantes gaseosos alrededor de es-
73 trellas de tipo solar cercanas. Para obtener una mejor comprensión de,
74 por ejemplo, la dinámica de tales sistemas y la migración hacia el inte-
75 rior de los planetas, se requieren edades precisas.

76 ■ Se podría comprender mejor el comportamiento y el futuro de nuestro
77 Sol si pudiéramos crear una verdadera cohorte basada en la masa, la
78 composición y la edad. En la actualidad, las comparaciones del Sol
79 con otras estrellas a menudo se basan en las propiedades estelares, el
80 proceso es autorreferencial.

81 ■ Para comprender completamente la historia de formación, enriqueci-
82 miento y dinámica de la Galaxia, se necesita poder asignar edades a
83 las estrellas individuales. Las estrellas de baja masa viven lo suficiente
84 para estar presentes en todas las épocas de formación estelar, lo que las
85 hace atractivas para estos fines. Estudios recientes han aplicado algu-
86 nas de las técnicas descritas en la publicación de *David R. Soderblom*
87 a los problemas galácticos, con resultados diferentes y a veces contra-
88 dictorios.

89 ■ La búsqueda de vida y cualquier comprensión obtenida al observar
90 signos de vida más allá de nuestro sistema solar tiene una profunda
91 necesidad de medir las edades estelares si se espera obtener información
92 sobre la evolución biológica.

93 3. Descripción del trabajo

94 Para llegar al objetivo principal del proyecto, la datación de estrellas,
95 se van a realizar tareas de limpieza sobre la base de datos y posteriormente,
96 estimaciones mediante diversas técnicas de inteligencia artificial.

97 En primer lugar, se van a realizar estimaciones empleando algoritmos
98 clásicos de inteligencia artificial. Estos algoritmos son *Random Forest*, *Gaus-*
99 *sian Process* y *Support Vector Machine*, con los que se pretende conseguir
100 una primera aproximación que permita valorar la precisión de las estimacio-
101 nes. A continuación, se van a realizar técnicas de *stacking*, combinando los
102 diferentes algoritmos clásicos mencionados.

103 En segundo lugar, se van a aplicar técnicas avanzadas de inteligencia
104 artificial. Una de las técnicas se basa en el modelo bayesiano, el cual se
105 implementa mediante la herramienta *Stardate* que combina el ajuste de iso-
106 cronas con la girocronología para aumentar la precisión en la estimación de
107 las edades estelares. Por otro lado, se aplicarán redes neuronales de carácter
108 bayesiano, profundizando en algoritmos específicos para problemas con pocos
109 datos (*Few-Shot Learning* y *One-Shot Learning*).

110 4. Fases de desarrollo

111 A continuación, se enumeran las principales fases del proyecto:

- 112 1. Estudio de bibliografía y documentación sobre el problema de datación
113 de estrellas.
- 114 2. Estudio de bibliografía y documentación sobre las soluciones de inteli-
115 gencia artificial a emplear.
- 116 3. Estudio y depuración del conjunto de datos.
- 117 4. Aplicación de algoritmos clásicos de inteligencia artificial (*Random Fo-*
118 *rest*, *Gaussian Process* y *Support Vector Machine*) y técnicas de *stac-*
119 *king*, combinando los diferentes métodos clásicos de regresión.
- 120 5. Aplicación de técnicas avanzadas de inteligencia artificial (modelo ba-
121 yesiano y redes neuronales).
- 122 6. Extracción de resultados y elaboración de conclusiones.
- 123 7. Realización de la memoria.

124 Referencias

- 125 [1] Payel Das and Jason L. Sanders. Made: a spectroscopic mass, age, and
126 distance estimator for red giant stars with bayesian machine learning.
127 *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2018. 3

- 128 [2] Daniel Foreman-Mackey Jennifer van Saders Jason Curtis Stephen R.
129 Kane Megan Bedell Rocio Kiman David W. Hogg Ruth Angus, Timothy
130 D. Morton and John Brewer. Toward precise stellar ages: Combining iso-
131 chrone fitting with empirical gyrochronology. *The Astronomical Journal*,
132 2019. 3
- 133 [3] David R. Soderblom. The ages of stars. *Annual Reviews of Astronomy*
134 *and Astrophysics*, 2010. 2