

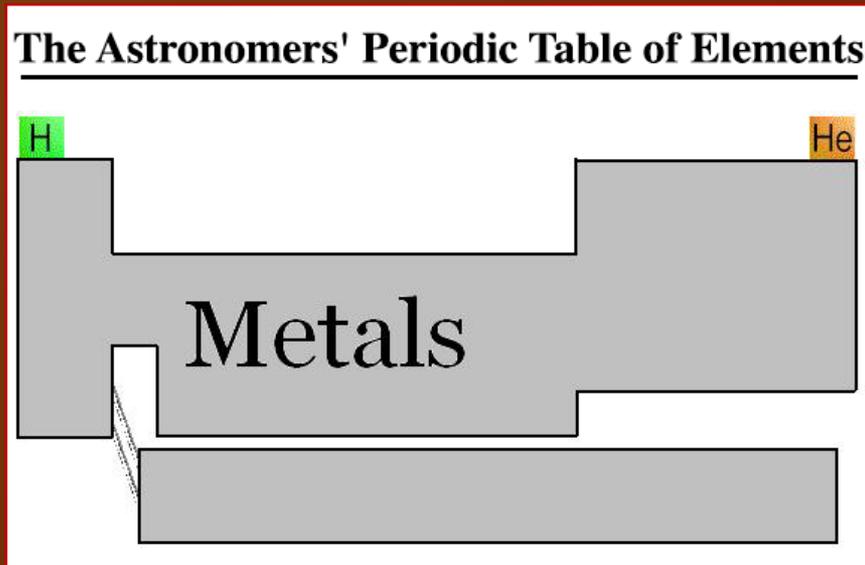
IX Jornadas de introducción a la investigación
LA METALICIDAD DE LAS ESTRELLAS M

Christian Duque Arribas

Sistemas estelares, espectroscopía y fotometría
Facultad de Ciencias Físicas · Universidad Complutense de Madrid

¿Qué se entiende por metalicidad?

La abundancia relativa de elementos más pesados que el helio, independientemente de su posición en la tabla periódica.



Para el Sol:

$$X = 0.71 \quad Y = 0.27 \quad Z = 0.02$$

Índice de metalicidad:

Proporción logarítmica entre el número de átomos por unidad de volumen de hierro frente a la de hidrógeno respecto a la abundancia solar

$$[\text{Fe}/\text{H}] = \log \left(\frac{A(\text{Fe})}{A(\text{H})} \right) - \log \left(\frac{A(\text{Fe})}{A(\text{H})} \right)_{\odot}$$

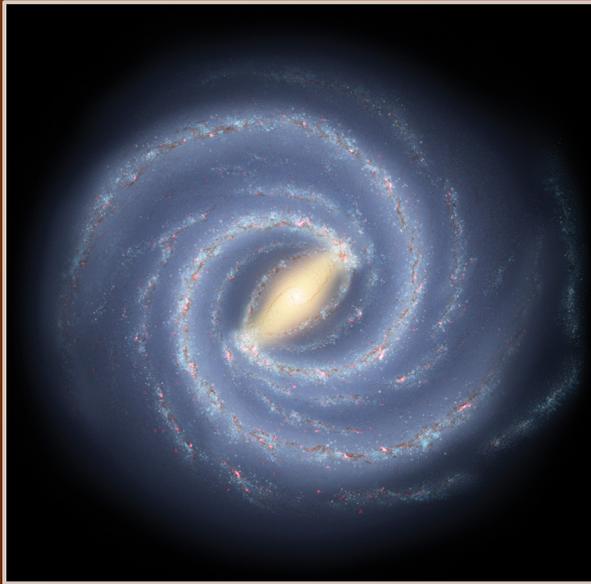
$[\text{Fe}/\text{H}] = 0$ → Abundancia solar

$[\text{Fe}/\text{H}] = -1$ → Abundancia diez veces menor a la solar (*metal-poor*)

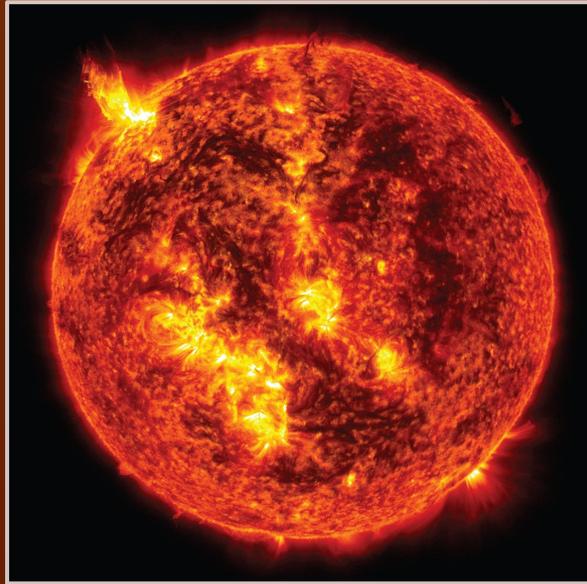
$[\text{Fe}/\text{H}] = +1$ → Abundancia diez veces mayor a la solar (*metal-rich*)

¿Por qué es importante conocer la metalicidad de las estrellas M?

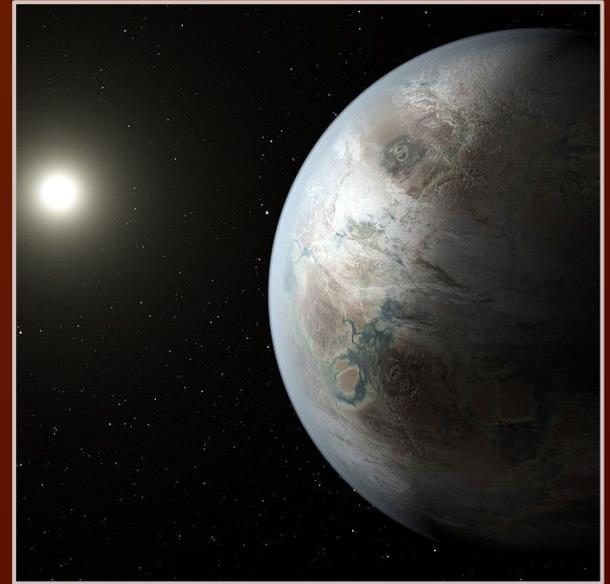
La metalicidad de las estrellas M resulta de gran interés para los astrofísicos en diferentes campos, desde estudios de la Vía Láctea a gran escala hasta la búsqueda de otros mundos más allá de nuestro Sistema Solar.



ASTROFÍSICA
GALÁCTICA



ASTROFÍSICA
ESTELAR



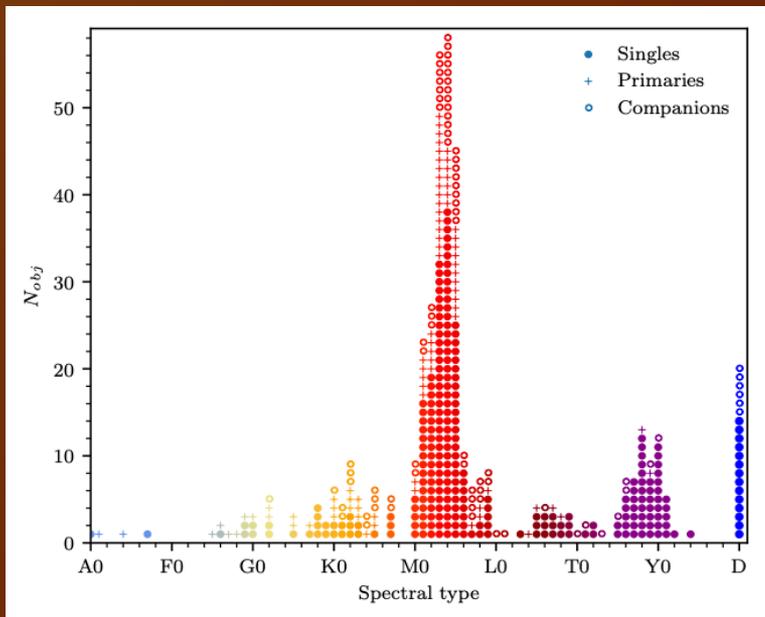
ASTROFÍSICA
EXOPLANETARIA

Metalicidad en: Astrofísica Galáctica

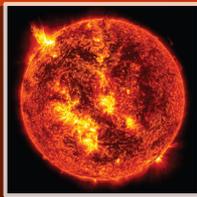


Las estrellas M resultan los objetos idóneos para el estudio tanto de la **evolución química como dinámica de la Vía Láctea**:

- Tiempos de vida que exceden la edad del Universo.
- Muy abundantes, en torno al 70-75% de las estrellas.



Metalicidad en: Astrofísica Estelar



En las últimas décadas se ha experimentado un **increíble avance en el campo de los modelos teóricos estelares**.

Sin embargo, todavía hoy se encuentran **discrepancias** entre las características observacionales y los valores predichos por los modelos actuales, por ejemplo:

- Temperaturas efectivas de los modelos hasta 200-300 K superiores a los valores observados.
- Radios que difieren de las medidas interferométricas hasta un 25%.

Algunos autores apuntan a que estas diferencias pueden deberse a:

- Efectos causados por el nivel de **actividad** (López-Morales & Ribas, 2005)
- Diferencias en el valor de la **metalicidad** (Berger et al. 2006, López-Morales 2007)

→ Son necesarias medidas más precisas que nos permitan desarrollar nuevos y mejores modelos teóricos a fin de comprender en mayor profundidad las estrellas de baja masa.

Metalicidad: Astrofísica Exoplanetaria



En 1995 fue descubierto 51 Pegasi b (M. Mayor & D. Queloz)



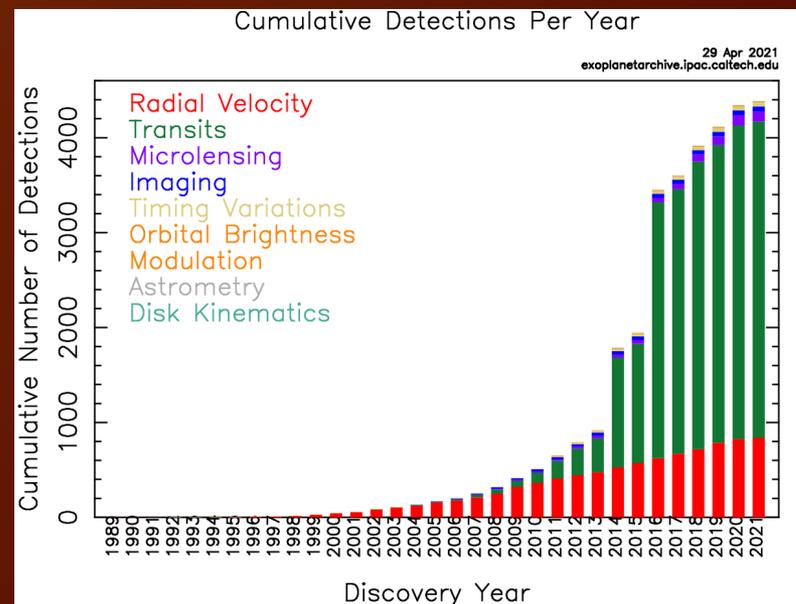
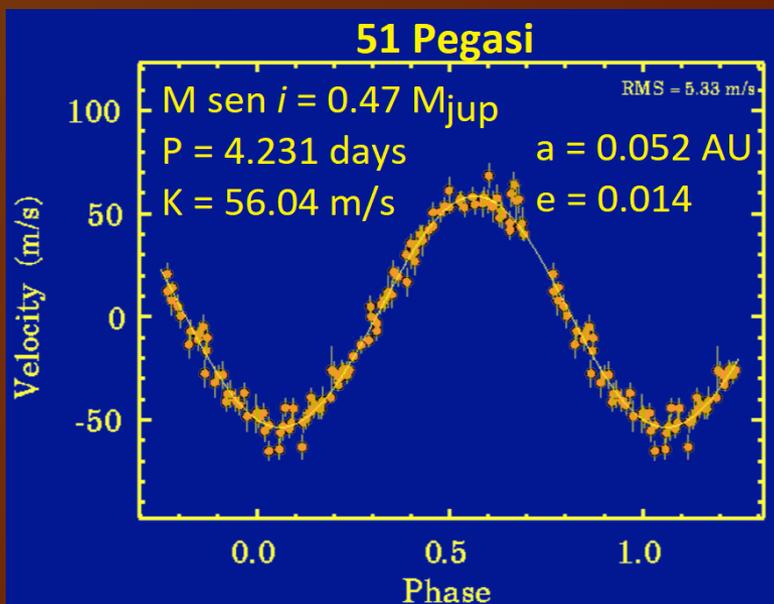
En 1999 se descubrió Gliese 876 b, el primer exoplaneta conocido en orbitar una enana M.

Exoplanetas: exoplanets.nasa.gov (11 mayo)

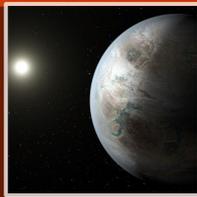
Confirmados: 4383

Candidatos: 5939

Sistemas planetarios: 3254



Metalicidad: Astrofísica Exoplanetaria



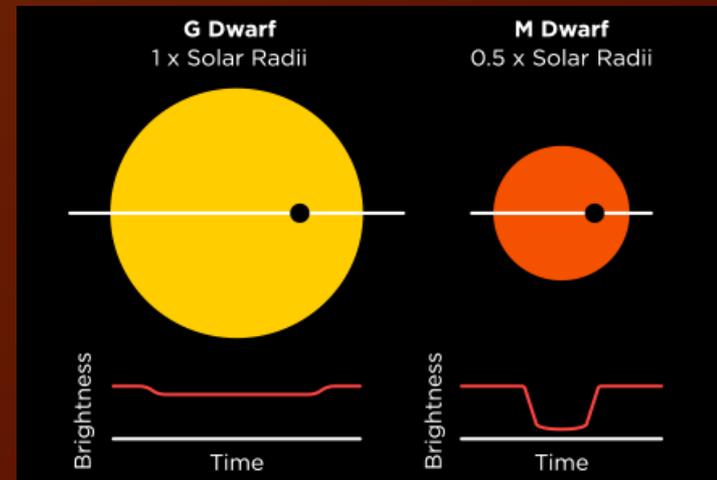
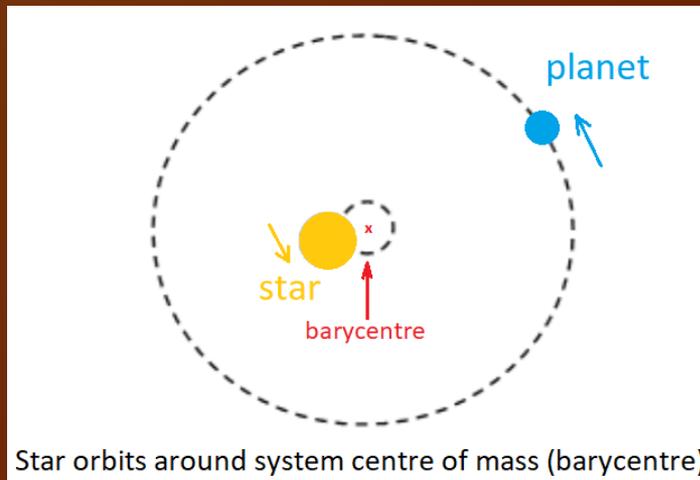
Los dos métodos de detección de exoplanetas más fructíferos se ven favorecidos en el caso de las estrellas M:

- **VELOCIDAD RADIAL**

La baja masa de estas estrellas facilitan el desplazamiento de las mismas al orbitar el centro de masas común del sistema estrella-planeta.

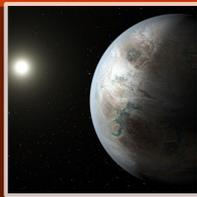
- **TRÁNSITOS**

Al ser estrellas tan frías y pequeñas, la zona de habitabilidad se encuentra mucho más cerca de la estrella, con periodos orbitales mucho menores.



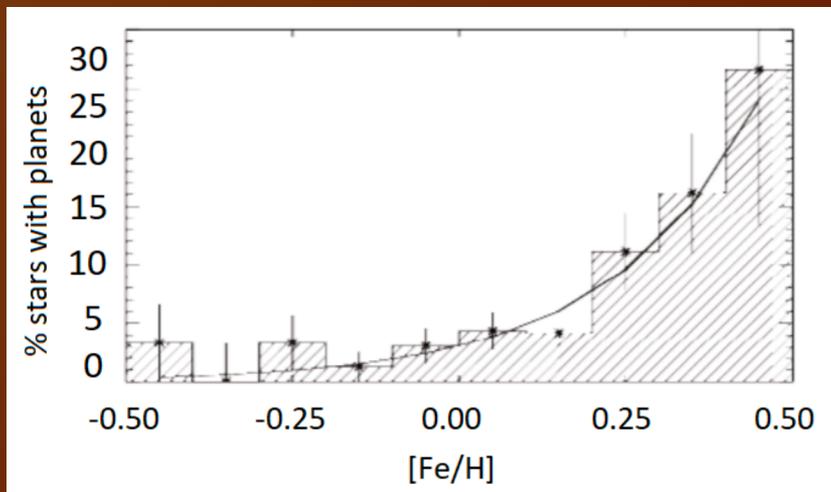
REFERENCIAS: Nutzman & Charbonneau (2008), Guinan & Engle (2009), Shields et al. (2016)

Metalicidad: Astrofísica Exoplanetaria



Se ha observado que la frecuencia de planetas gigantes gaseosos aumenta con la metalicidad estelar en el caso de estrellas de tipo solar → **correlación planeta-metalicidad** (González 1997, Fischer & Valenti 2005)

Estudios recientes muestran que las estrellas M siguen la misma **tendencia** (Johnson & Apps 2009, Rojas-Ayala et al. 2010, Terrien et al. 2012, Hobson et al. 2018)



El estudio de las correlaciones entre los parámetros estelares, como la metalicidad, y la presencia de exoplanetas puede resultar útil en la **selección de objetivos para futuros surveys**. → Caracterización de la estrella

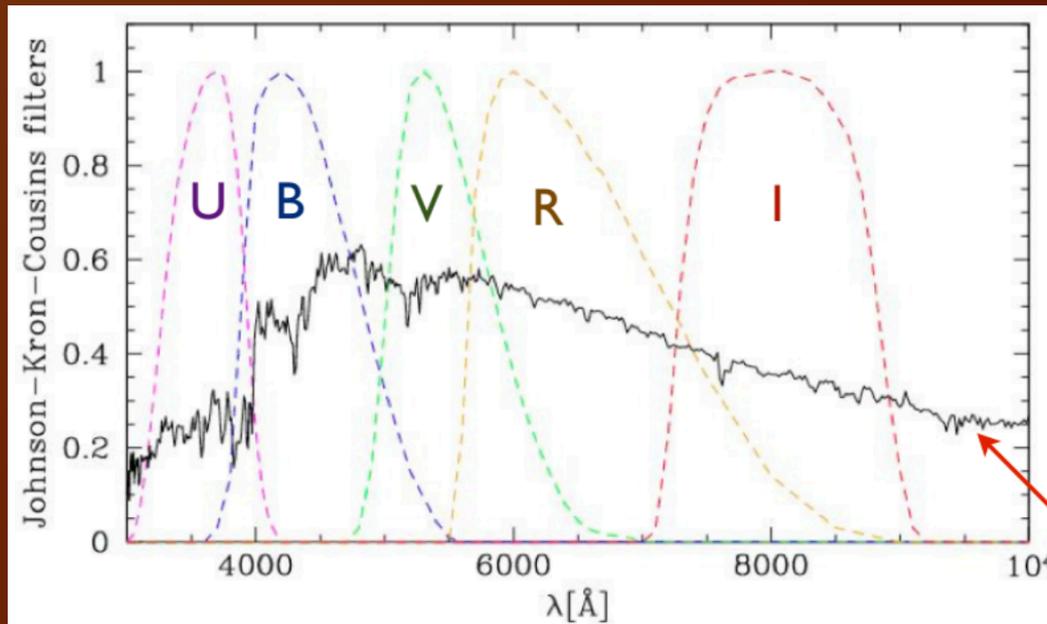
¿Cómo podemos estimar la metalicidad?

Espectroscopía (Emilio Marfil)

- Datos observacionalmente caros
- Difíciles de analizar: líneas y bandas moleculares

Fotometría

- Estudio de la radiación en rangos espectrales
- Equivalente a espectroscopia "de muy baja resolución"



¿Cómo podemos estimar la metalicidad?

La posición de una estrella en un CCD o CMD viene principalmente dada principalmente por su masa inicial, composición química y edad, pero efectos como la rotación, vientos estelares o actividad magnética también están involucrados.

DIAGRAMA COLOR-COLOR

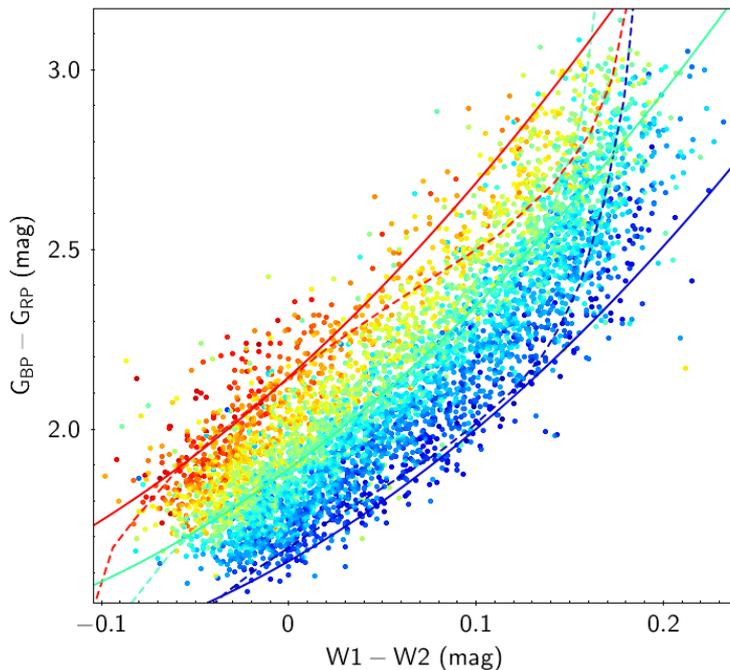
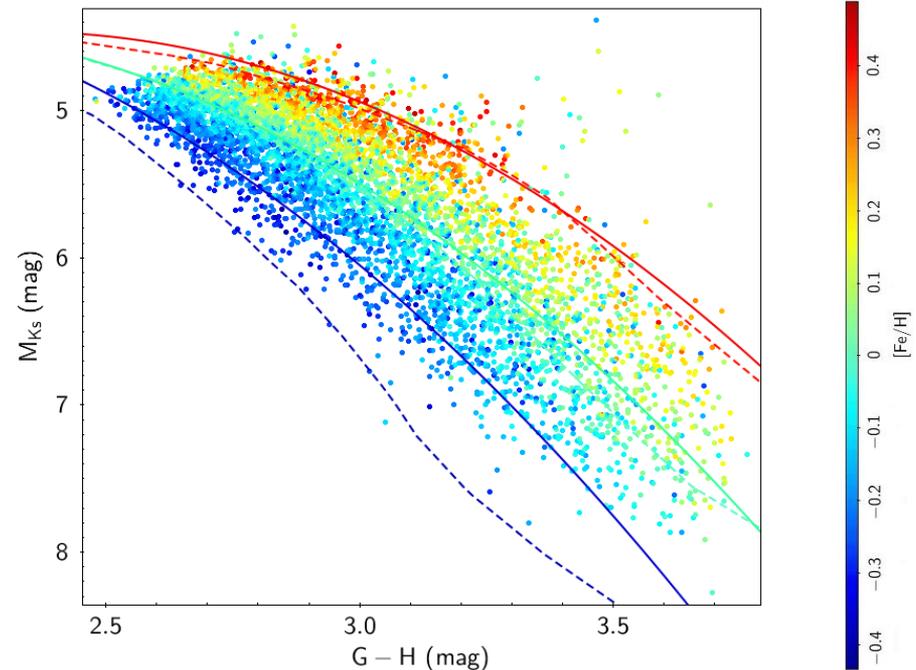


DIAGRAMA COLOR-MAGNITUD

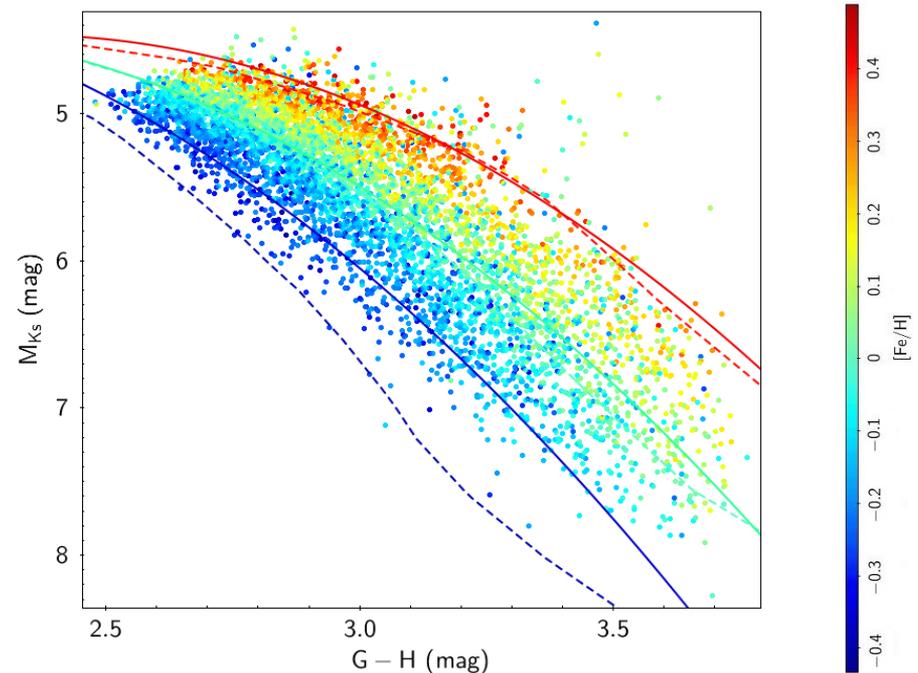
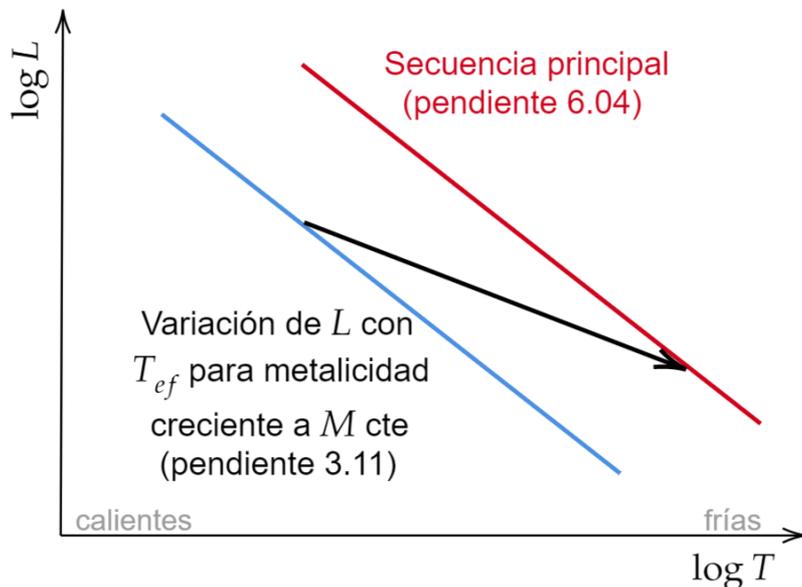


¿Cómo podemos estimar la metalicidad?

La materia estelar es muy opaca a la radiación, y la opacidad influye en muchas características de la estrella. Un aumento de la metalicidad conlleva un aumento de la opacidad, volviendo a la estrella más fría y menos luminosa.

↑ Metalicidad \Rightarrow ↑ Opacidad \Rightarrow ↓ Temperatura & Luminosidad

DIAGRAMA COLOR-MAGNITUD



¿Cómo podemos estimar la metalicidad?

Submitted
to A&A

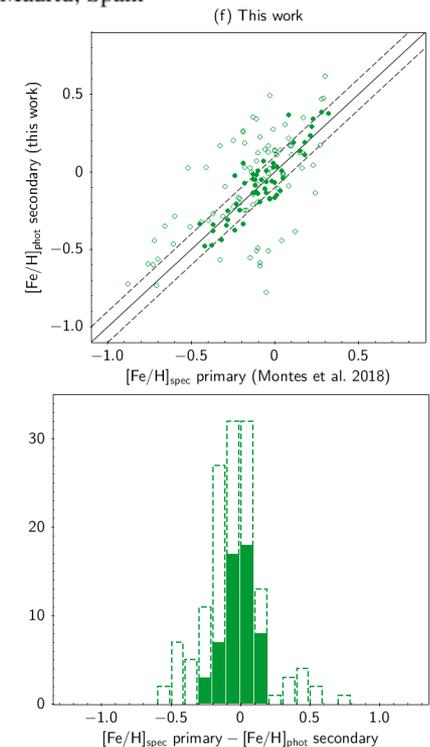
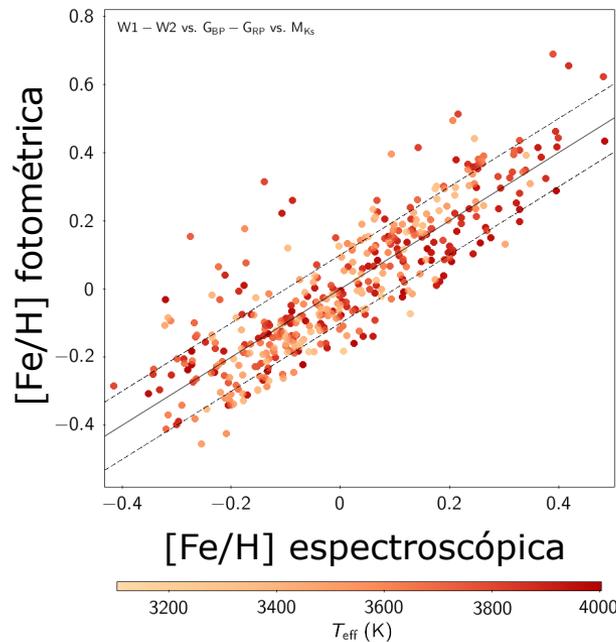
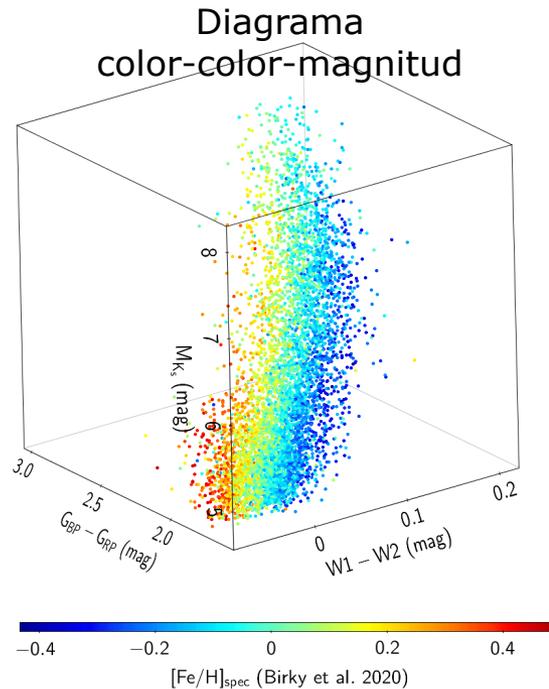
Photometric calibrations of M dwarf metallicity with Markov chain Monte Carlo and Bayesian inference

C. Duque-Arribas¹, D. Montes¹, H. M. Tabernero², E. Marfil¹, and J. A. Caballero³

¹ Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica & IPARCOS-UCM (Instituto de Física de Partículas y del Cosmos de la UCM), Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, Spain
e-mail: chrduque@ucm.es

² Centro de Astrobiología (CSIC-INTA), Carretera de Ajalvir km 4, 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid, Spain

³ Centro de Astrobiología (CSIC-INTA), ESAC, camino bajo del Castillo s/n, 28691 Villanueva de la Cañada, Madrid, Spain



Gracias por su atención

