

PRESENTACIÓN MURAL

Habitabilidad alrededor de estrellas M: el rol de las fulguraciones

A. P. Buccino¹, G. A. Lemarchand² & P. J. D. Mauas¹

(1) *Instituto de Astronomía y Física del Espacio (CONICET-UBA)*

(2) *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA)*

Abstract. We analyzed the UV habitable zones (UV-HZ), defined in Buccino et al. (2006), around planetary dM stars observed by IUE: HIP 74995, HIP 109388, HIP 113020 and around two dMe stars: Ad Leo and EV Lac. We found that moderate flares could be an energy source in the biogenesis processes.

Resumen. Analizamos la zona de habitabilidad UV (UV-HZ), definida en Buccino et al. (2006), alrededor de estrellas dM con planetas observadas por IUE: HIP 74995, HIP 109388, HIP 113020 y de dos estrellas dMe: Ad Leo y EV Lac. Encontramos que las fulguraciones moderadas podrían ser una fuente de energía para los procesos de biogénesis.

1. Introducción

Durante mucho tiempo, las estrellas M han sido relegadas de los estudios de habitabilidad, ya que para que estas estrellas albergaran un planeta de tipo terrestre en la zona de habitabilidad de agua líquida (LW-HZ) definida en Kasting et al. (1993), estos planetas deberían estar muy cerca de la estrella. De esta manera el sistema estrella-planeta estaría en rotación sincrónica, entonces se creía que en la cara del planeta que mirase a la estrella se quemaría la vida y en la cara opuesta se congelaría. No obstante, modelos atmosféricos mostraron que la presencia de un alto porcentaje de C_2O en la atmósfera de los planetas favorecería la circulación del calor y ambas caras se encontrarían a una temperatura donde la existencia de vida fuese posible (Joshi et al. 1997). Recientemente, una serie de estudios (Tarter et al. 2007 y referencias en él) mostraron que los planetas alrededor de estrellas M deben incorporarse a los estudios de habitabilidad, lo cual representó un cambio importante en esta disciplina.

Hasta agosto 2007, se conocían sólo 9 estrellas M con planetas, sólo tres han sido observadas por el satélite IUE: HIP 74995, HIP 109388 y HIP 113020. Recientemente, Udry et al. (2007) hallaron el planeta de tipo terrestre Gl581c en la LW-HZ alrededor de HIP 74995. Según estos autores es el primer planeta extrasolar encontrado que más se asemeja a la Tierra.

Muchas estrellas M suelen presentar fulguraciones y suelen liberar altos niveles de energía UV y en X durante estos procesos. Debido a la baja luminosidad intrínseca de estas estrellas, la radiación liberada durante una fulguración representa una fracción importante de la radiación emitida en estado tranquilo. En

este trabajo, aplicamos los criterios de habitabilidad UV definida en Buccino et al. 2006, alrededor de HIP 74995, HIP 109388, HIP 113020 y de dos estrellas dMe: Ad Leo y EV Lac. En particular, analizamos el rol de las fulguraciones en el origen y el desarrollo de la vida en planetas terrestres alrededor de estrellas M (Buccino et al., en prensa).

2. Observaciones

Para ilustrar la dependencia de la radiación UV con la clase espectral de la estrella, en la Fig. 1 mostramos una selección de espectros IUE escalados a 1 UA correspondientes a las siguientes estrellas: HD 9826 (F8V), HD 3651 (K0V) y la gemela solar 18 Scorpii (G2V), junto con las estrellas M que poseen planetas. También incluimos un espectro de la estrella AD Leo en estado tranquilo y en el máximo de una fulguración.

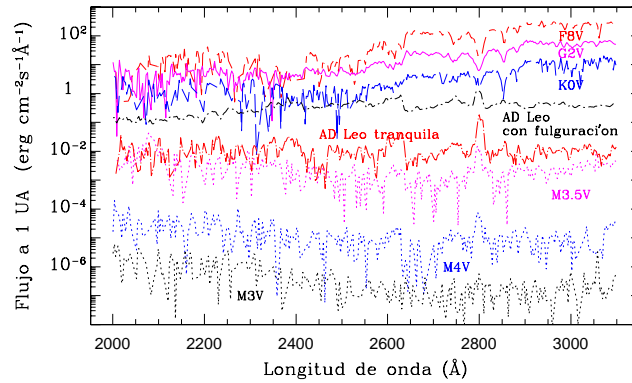


Figura 1. Espectros IUE de estrellas dF a dM: HD 9826 (F8V, guión corto), 18 Sco (G2V, línea llena), HD 3651 (K0V, guión largo), AD Leo tranquila (M3.5V, punto y guión largo), AD Leo con fulguración (M3.5Ve, punto y guión corto), y, con línea punteada, las estrellas M con exoplanetas HIP 109388 (M3.5V), HIP 113020 (M4V) y HIP 74995 (M3V). Para lograr un gráfico más claro, los últimos dos espectros fueron desplazados arbitrariamente en 10^{-2} y 10^{-4} $\text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{\AA}^{-1}$ respectivamente.

Se observa en la Fig. 1 que los niveles de radiación UV son mucho más bajos en las estrellas dM que en la de tipo G. En particular, dada la baja temperatura efectiva de las estrellas M, sus espectros se encuentran dominados por bandas moleculares. Este hecho repercutirá en los procesos de fotoionización de las atmósferas de los planetas.

3. UV-HZ alrededor de estrellas dM

En Buccino et al. (2006) definimos la zona de habitabilidad UV (UV-HZ) como una región alrededor de una estrella donde su radiación UV no fuese tan intensa como para destruir el ADN y donde la cantidad de fotones UV fueran suficientes como para sintetizar las moléculas complejas que originaron la vida en la Tierra.

Como aplicación, obtuvimos la UV-HZ para todas las estrellas M que albergan planetas y poseen observaciones IUE (Fig. 2). En la Tabla 1 listamos los parámetros físicos de estos sistemas planetarios.

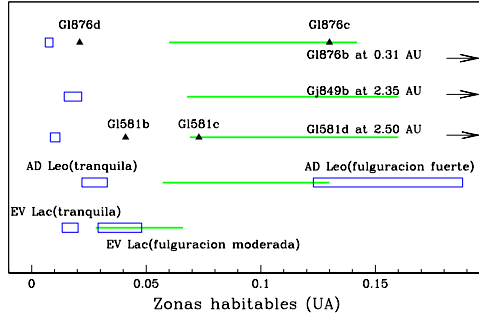


Figura 2. Zonas habitables alrededor de estrellas M con planetas HIP 109388 (G1 581), HIP 74995 (Gj 849) and HIP 113020 (G1 876) y alrededor de estrellas que presentan fulguraciones AD Leo y EV Lac en estado tranquilo y durante una fulguración. Las líneas llenas representan las LW-HZ, los rectángulos las UV-HZ y los triángulos indican las posiciones de los exoplanetas.

Tabla 1.

Propiedades de las estrellas						Propiedades de los planetas			
Estrella HIP	Tipo y clase espectral	Masa (M_{\odot})	dist. (pc)	m_V	Edad (Gaños.)	Planeta	Masa[$\sin i$] (M_J)	Eje semimayor (UA)	Período (días)
74995	M3V	0.31	6.26	10.55	4.30	G1581b	0.060	0.04	5.40
						G1581c	0.016	0.07	12.93
						G1581d	0.024	0.25	83.60
						Gj849b	0.820	2.35	1890.00
109388	M3.5V	0.36	8.80	10.42	-	G1876b	1.940	0.21	60.94
						G1876c	0.560	0.13	30.10
113020	M4V	0.32	4.72	10.17	9.90	G1876b	1.940	0.21	60.94
						G1876c	0.560	0.13	30.10
						G1876d	0.020	0.02	1.94

Para analizar el rol de las fulguraciones, calculamos la UV-HZ para dos estrellas dMe en estado tranquilo y en presencia de fulguraciones. La fulguración de EV Lac es una fulguración moderada (radiación UVB+UVC(200-300 nm)= 4.94×10^3 erg $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ en el centro de la LW-HZ), mientras que la de Ad Leo se conoce como una fulguración muy fuerte (radiación UVB+UVC(200-300 nm)= 4.51×10^4 erg $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ en el centro de la LW-HZ).

En las tres estrellas M, la LW-HZ no coincide con la UV-HZ y probablemente esto nunca ocurra, ya que la radiación de las estrellas M se mantiene casi constante durante más de 50 Gaños. La radiación UV de estas estrellas M es insuficiente para generar los procesos de biogénesis.

4. El rol de las fulguraciones

En las estrellas M que albergan planetas (HIP 74995, HIP 113020 y HIP 109388) observamos que la radiación UV de las estrellas M en estado tranquilo resulta insuficiente para generar los procesos de biogénesis.

En el caso de estrellas que presentan fulguraciones, su radiación varía de manera tal que podría constituir una fuente de energía para sintetizar moléculas complejas. No obstante, las estrellas dM con planetas son estrellas inactivas. En EV Lac una fulguración moderada que se produjo el 10 de Septiembre de 1993 aportó la energía necesaria para el desarrollo de la vida en un planeta hipotético de tipo terrestre en la LW-HZ.

Por otro lado, la energía que aporta la fulguración no debe ser tan grande como para quemar el ADN. Este es el caso de la fulguración del 12 de Abril de 1985 que ocurrió en Ad Leo y que resultó ser una fulguración muy fuerte.

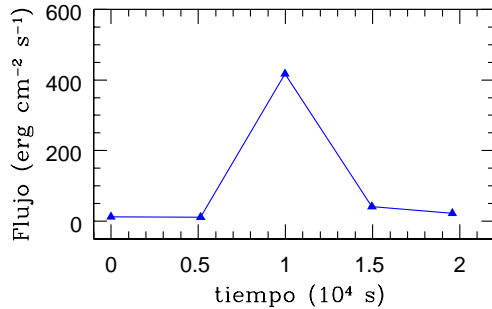


Figura 3. El flujo UV a 1 UA (▲) durante la fulguración de AD Leo del 12 de abril de 1985.

En la Fig. 3 mostramos la curva de luz de esta fulguración a 1 UA en el rango de 200 a 300 nm. Esta radiación resulta un orden de magnitud mayor de la que se requiere para destruir el ADN.

Las fulguraciones fuertes son menos frecuentes y duran sólo pocas horas, incluso la mayor parte de este tiempo ocurre en su decaimiento. Efectivamente, en la curva de luz de la figura, se ve que la radiación disminuyó en un factor 10 en 1 hora después del máximo. Por lo tanto, pueden operar mecanismos de reparación y que este daño no sea efectivo.

En resumen, nuestros resultados muestran que un planeta de tipo terrestre en la LW-HZ alrededor de una estrella dM inactiva no recibirá suficiente radiación UV para la síntesis de moléculas complejas y necesitaría otro mecanismo para que se inicie la vida. Las fulguraciones moderadas podrían jugar un papel importante en el origen y la evolución de la vida, iniciando procesos de biogénesis mientras que el efecto de las fulguraciones más intensas, que son menos frecuentes, podrían contribuir a la biodiversidad a través de las mutaciones.

Referencias

- Buccino, A. P., Lemarchand, G. A. y Mauas, P. J.D.: 2006, *Icarus*, 183, 491-503.
 Buccino, A. P., Lemarchand, G. A. y Mauas, P. J.D.: 2007, *Icarus*, en prensa.
 Kasting, J., Whitmire, D. y Reynolds, R.: 1993, *Icarus*, 101, 108-128.
 Joshi, M. M., Haberle, R. M. y Reynolds, R.: 1997, *Icarus*, 129, 450-465.
 Schneider, J.: 2007. *Extrasolar Planets catalog*,
<http://vo.obspm.fr/exoplantes/encyclo/catalog.php>.
 Tarter, J. et al. : 2007, *Astrobiology*, 7, 30-65.
 Udry, S. et al.: 2007, *A&A*, 469, L43-L47.