

Variaciones de tiempo corto y decrecimientos en el flujo de rayos cósmicos galácticos NO asociadas a estructuras heliosféricas

Eduardo Tirado-Bueno *

** Posgrado en Ciencia y Tecnología del Espacio
Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica*

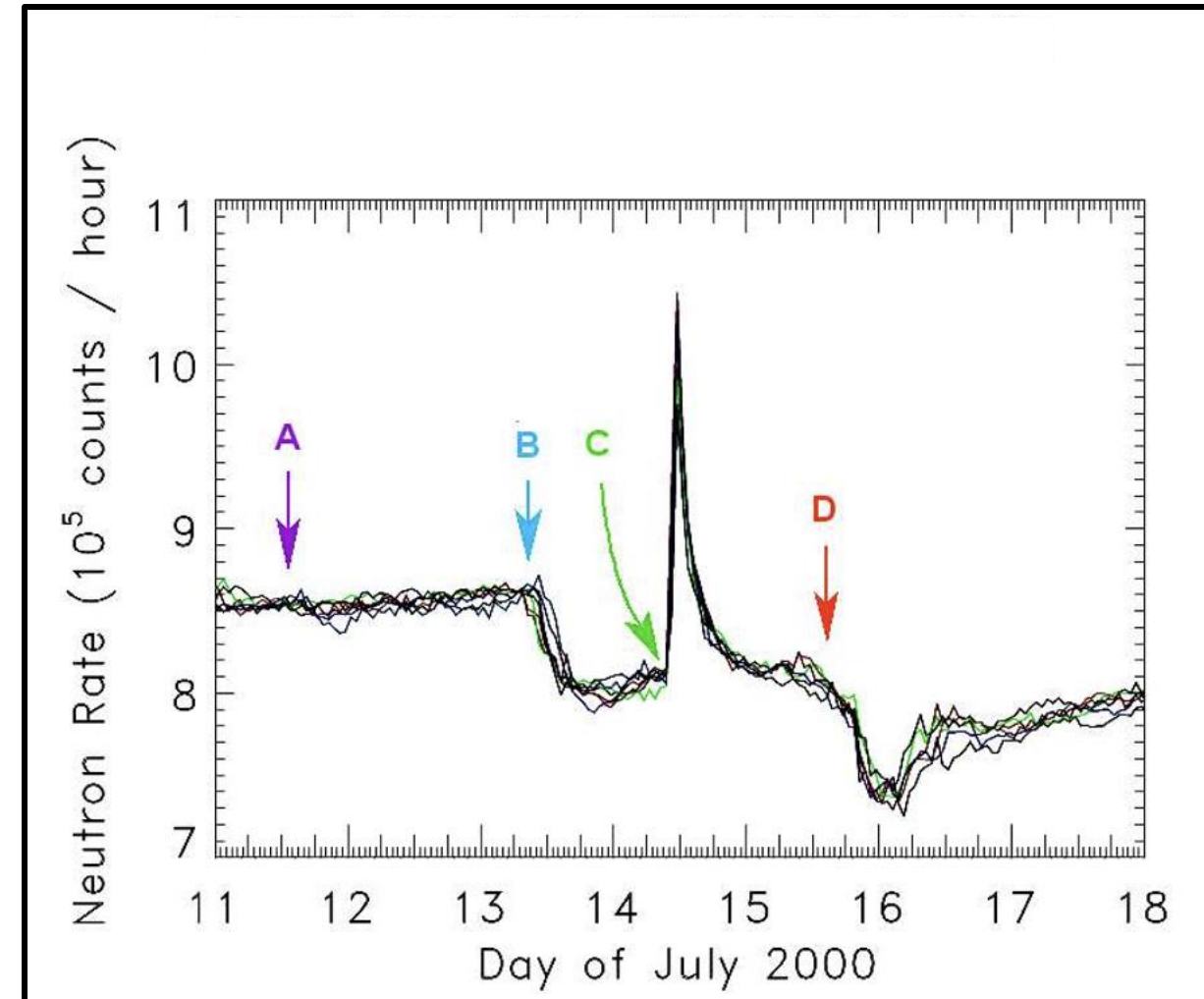
J. Eduardo Mendoza-Torres ¹ y Carlos R. Braga ²

¹ *Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, Coordinación de Astrofísica*

² *The Johns Hopkins University, Applied Physics Laboratory USA*

Variaciones en la intensidad de rayos cósmicos

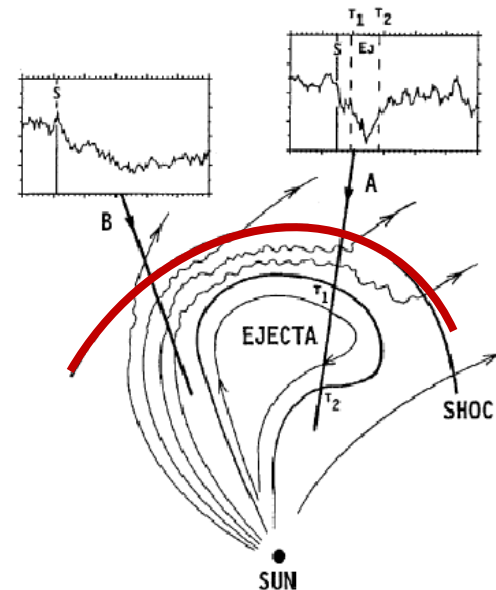
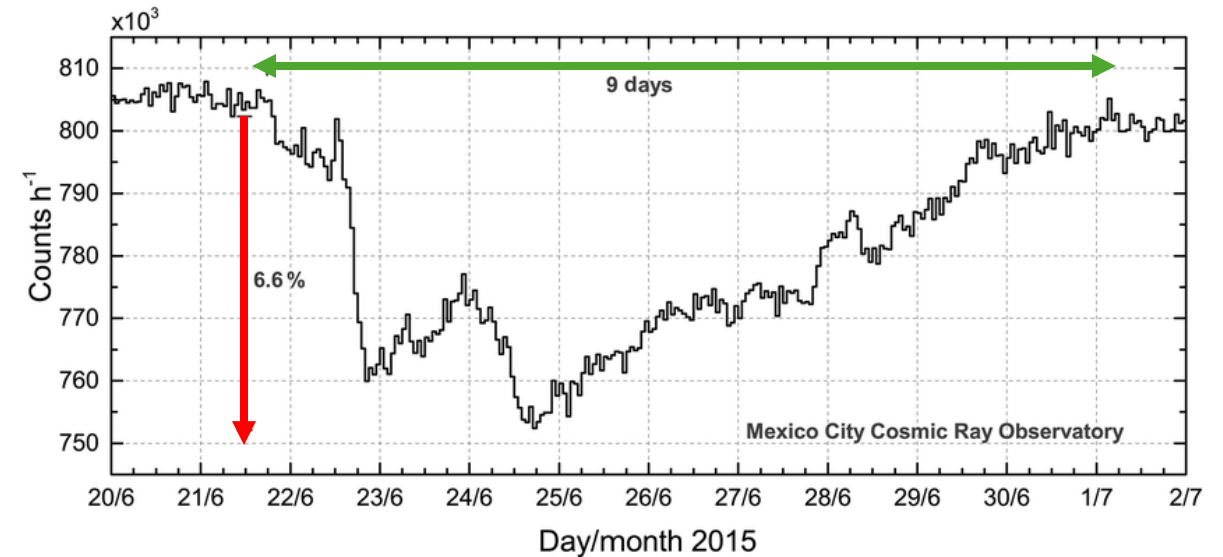
- A. Eyección de masa coronal observada por primera vez en el Sol.
- B. La CME llega a la Tierra. El flujo de rayos cósmicos galácticos disminuye de forma repentina – una disminución Forbush.
- C. Una segunda CME se observa en el Sol. Esta acelera partículas de alta energía que arriban a la Tierra minutos después. El aumento repentino registrado por los monitores de neutrones recibe el nombre de *Ground Level Enhancements*.
- D. La segunda CME llega a la Tierra. El flujo de rayos cósmicos vuelve a disminuir. Esta CME produce una de las mayores tormentas geomagnéticas.



John W. Bieber, University of Delaware, Bartol Research Institute.

Decrecimientos *Forbush*

- La relación principal y más conocida entre los rayos cósmicos observados en nuestro planeta y el paso de estas estructuras interplanetarias es el decrecimiento *Forbush*.
- Suelen clasificarse en dos categorías principales: (I) recurrentes y (II) no recurrentes. [Cane \(2000\)](#)
- Como resultado, la intensidad de los rayos cósmicos que llegan a la atmósfera terrestre disminuye temporalmente. Las disminuciones *Forbush* pueden durar de unos días a unas semanas dependiendo de la fuerza de la eyección de masa coronal interplanetaria.



Un decrecimiento *Forbush* se produce cuando una erupción de material solar crea una *onda de choque* en el viento solar.

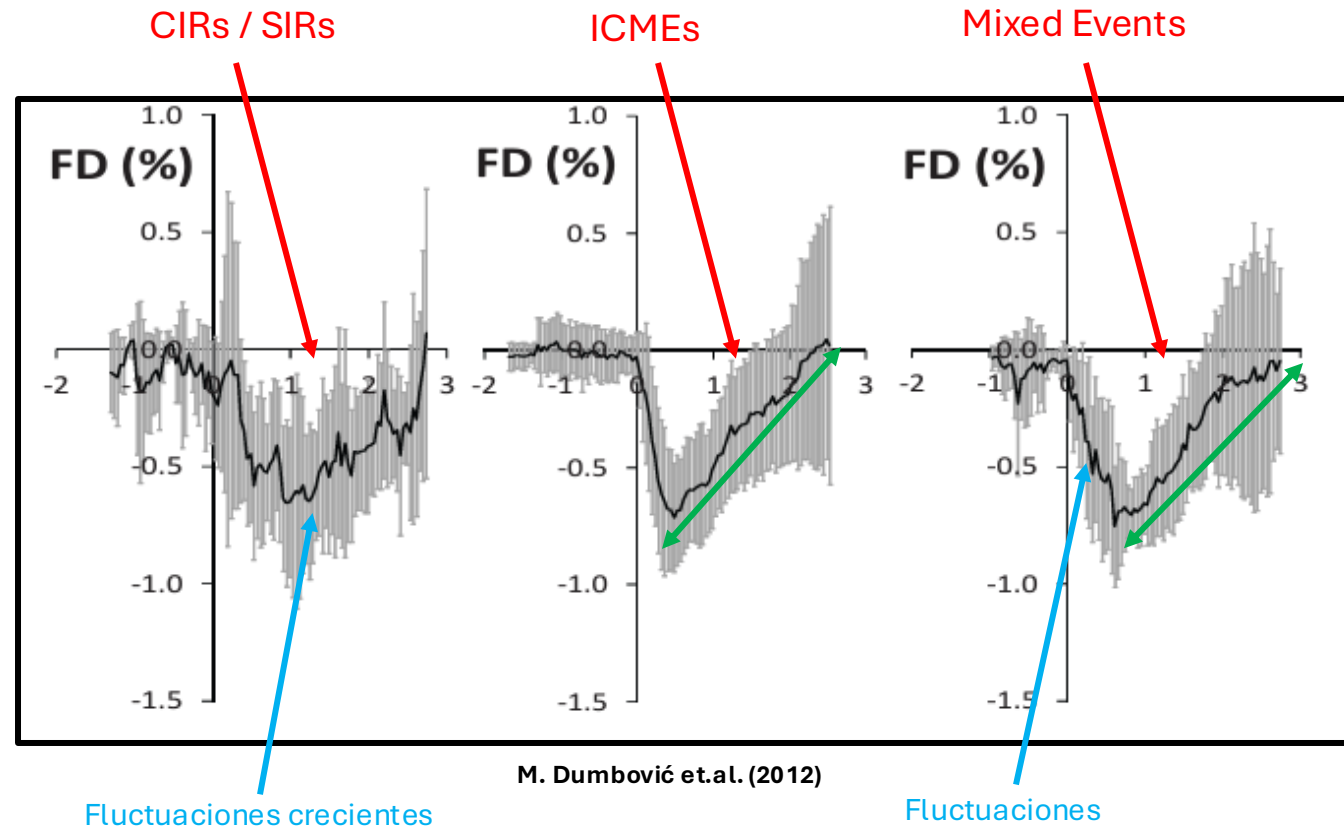
Esta *onda de choque* puede hacer que el campo magnético de la Tierra se vuelva más eficaz a la hora de bloquear la entrada de rayos cósmicos en la atmósfera terrestre.

Diferentes estructuras del viento solar

La morfología, así como la amplitud y la duración de los decrecimientos Forbush, dependen del tipo de perturbación que haya causado el decrecimiento.

- En el caso de CIRs / SIRs y eventos mixtos las fluctuaciones aumentan también durante la fase de recuperación del decrecimiento, lo que no ocurre en el caso de ICMEs.

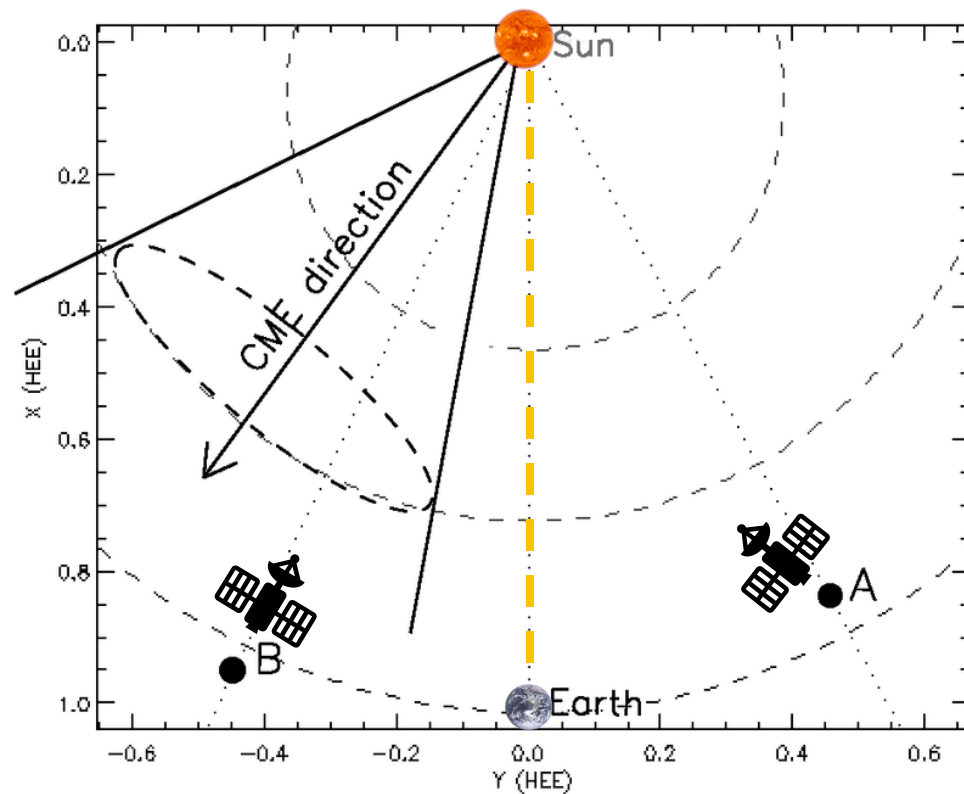
Esto podría indicar diferentes mecanismos implicados en la modulación de rayos cósmicos por ICMEs y CIRs / SIRs



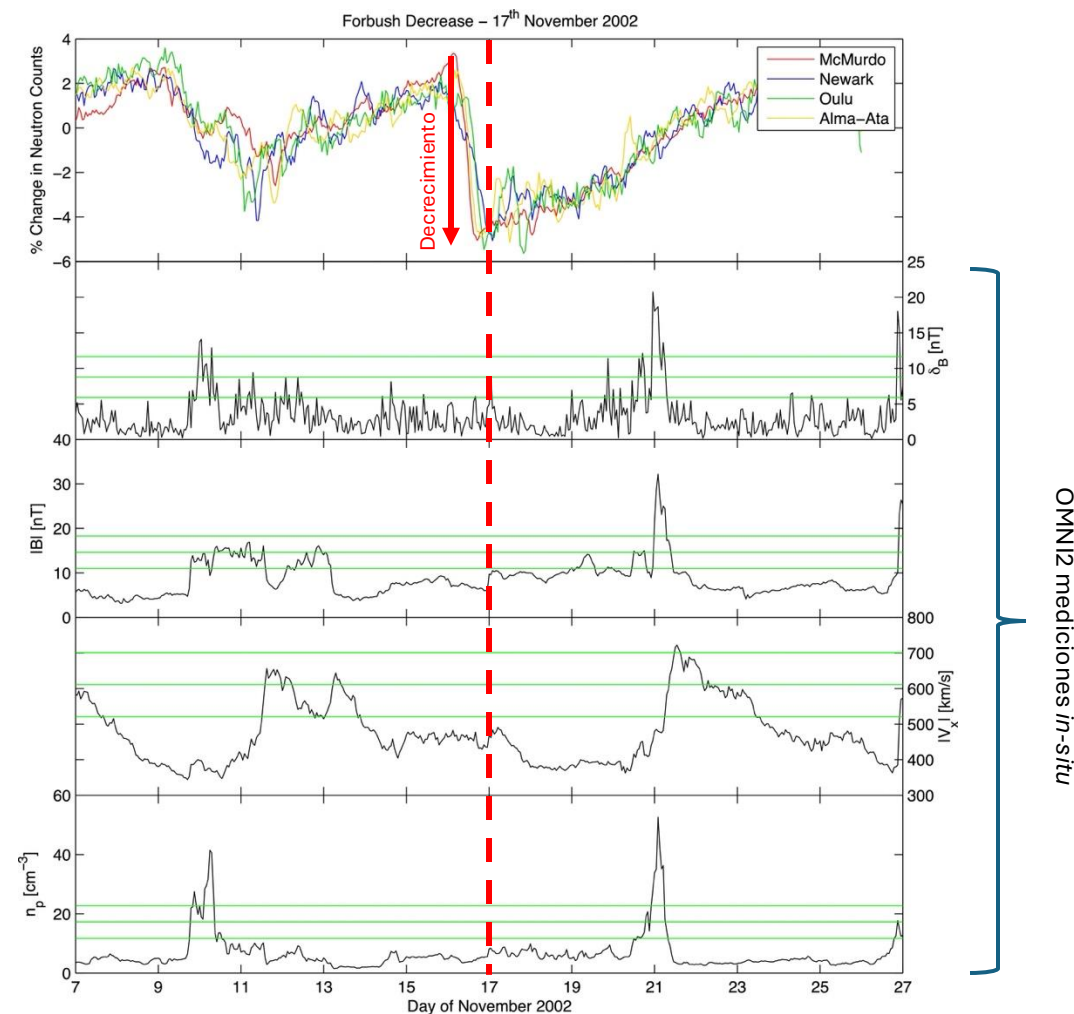
Las diferentes características de las estructuras magnéticas interplanetarias ya sean inducidas por ICMEs o SIRs, dan lugar a distintos patrones de decrecimientos.

+ información: Dumbović, M., Vršnak, B., Čalogović, J., and Župan, R.: 2012, Astron. Astrophys. 538, A28.

Decrecimientos “Phantom Forbush”

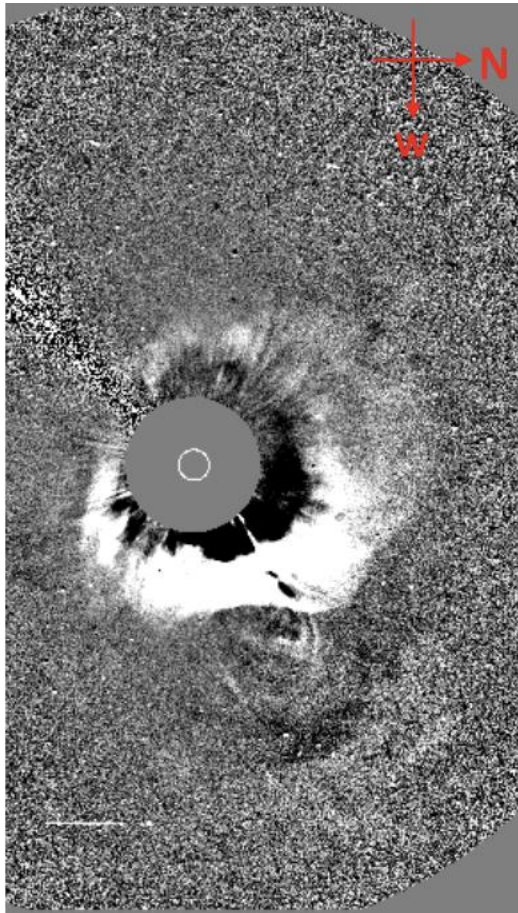


El estudio de decrecimientos *Phantom Forbush* precisa mejorar, ya que se requieren observaciones coherentes y resulta difícil aislar estos eventos de los decrecimientos más convencionales.



Thomas, et.al. (2015)

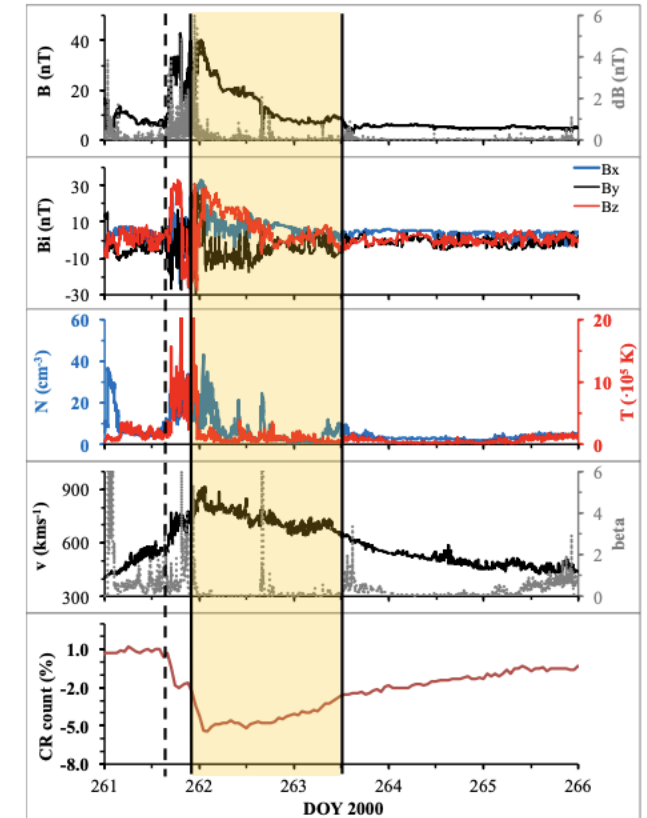
Observación Remota



Generadores de imágenes
heliosféricas
(Heliospheric Imagers)

Mediciones in-situ

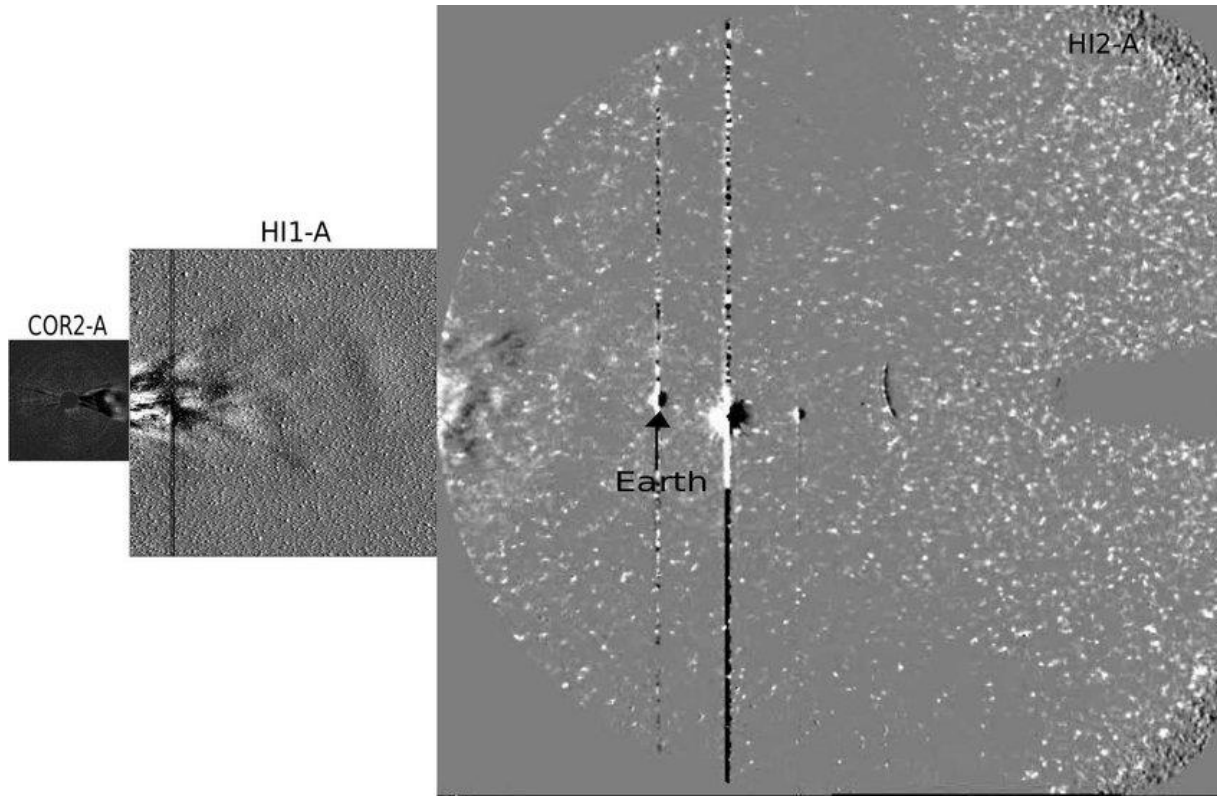
limitación: datos en una escala muy pequeña,
necesitamos captar la perspectiva global.



M. Dumbović et.al. (2012)

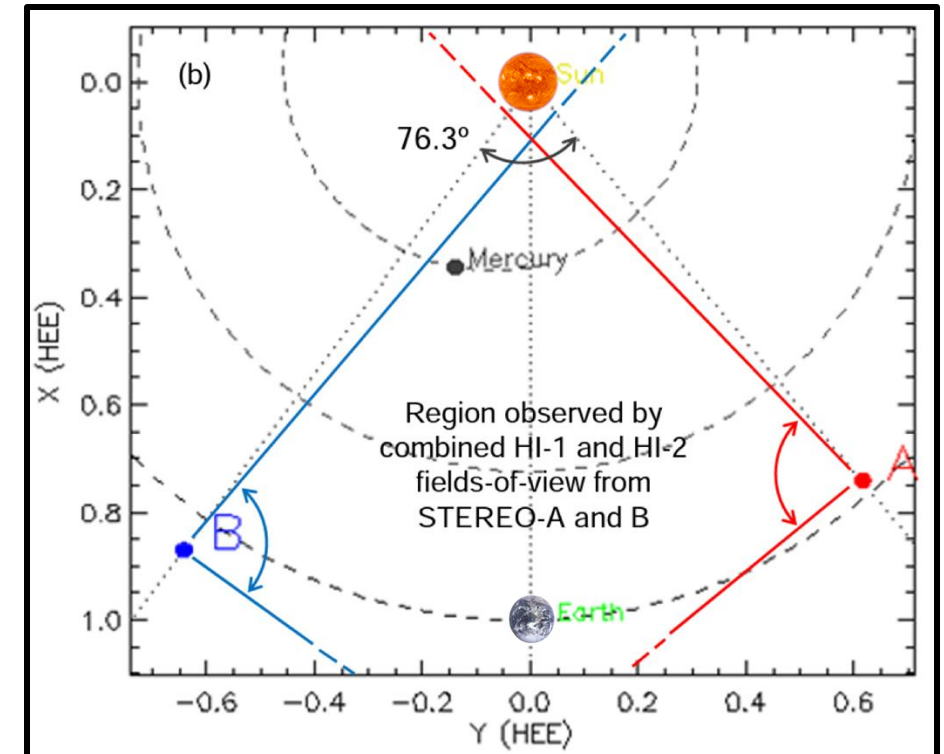
Cameras Heliosféricas

Ventaja: obtenemos una perspectiva global.

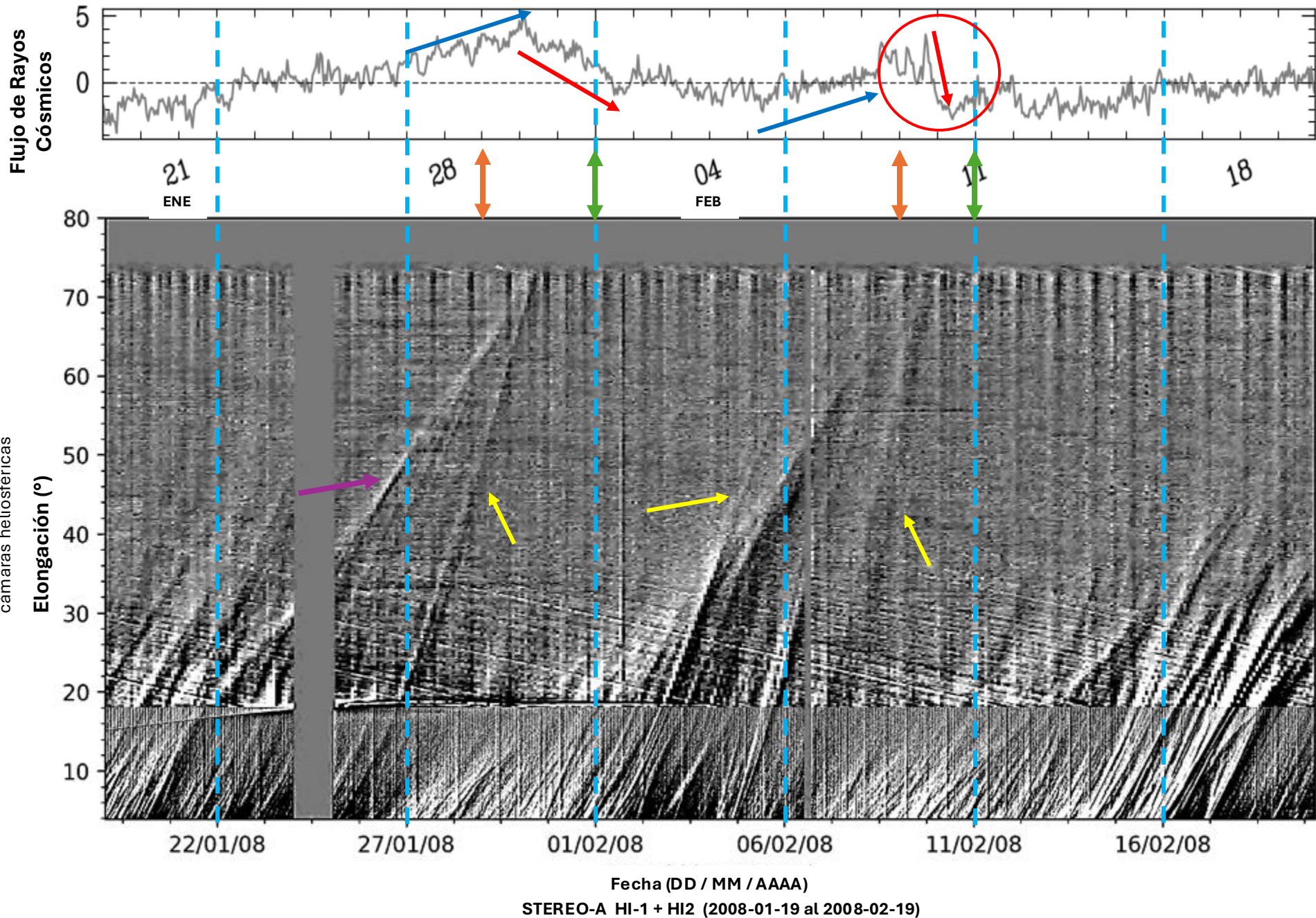


STEREO – A (B) pueden identificar grandes estructuras del viento solar responsable de este tipo de estructuras mediante generadores de imágenes heliosféricas.

Las imágenes heliosféricas nos permiten observar la región entre el Sol y la Tierra de una forma que nunca se había seguido con cámaras de imagen continua, lo que implica que podemos determinar los aumentos de densidad observados los cuales pueden explicar las disminuciones de los rayos cósmicos.



Aproximación a la densidad de electrones a partir de observaciones de cámaras heliosféricas



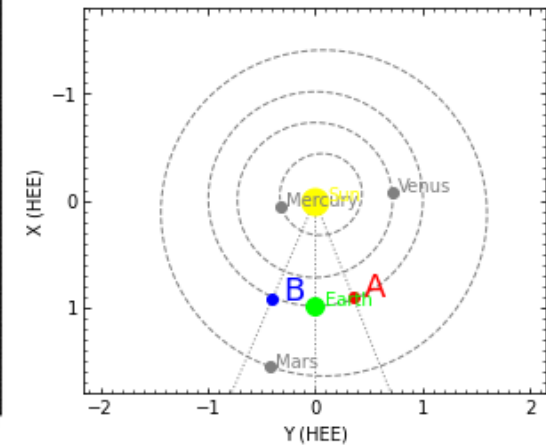
Observaciones de SIRs

STEREO-A (INICIO)	STEREO-B (INICIO)
	29-01-2008 T 21:50:00
01-02-2008 T 20:00:00	
11-02-2008 T 00:00:00	09-02-2008 T 03:22:00

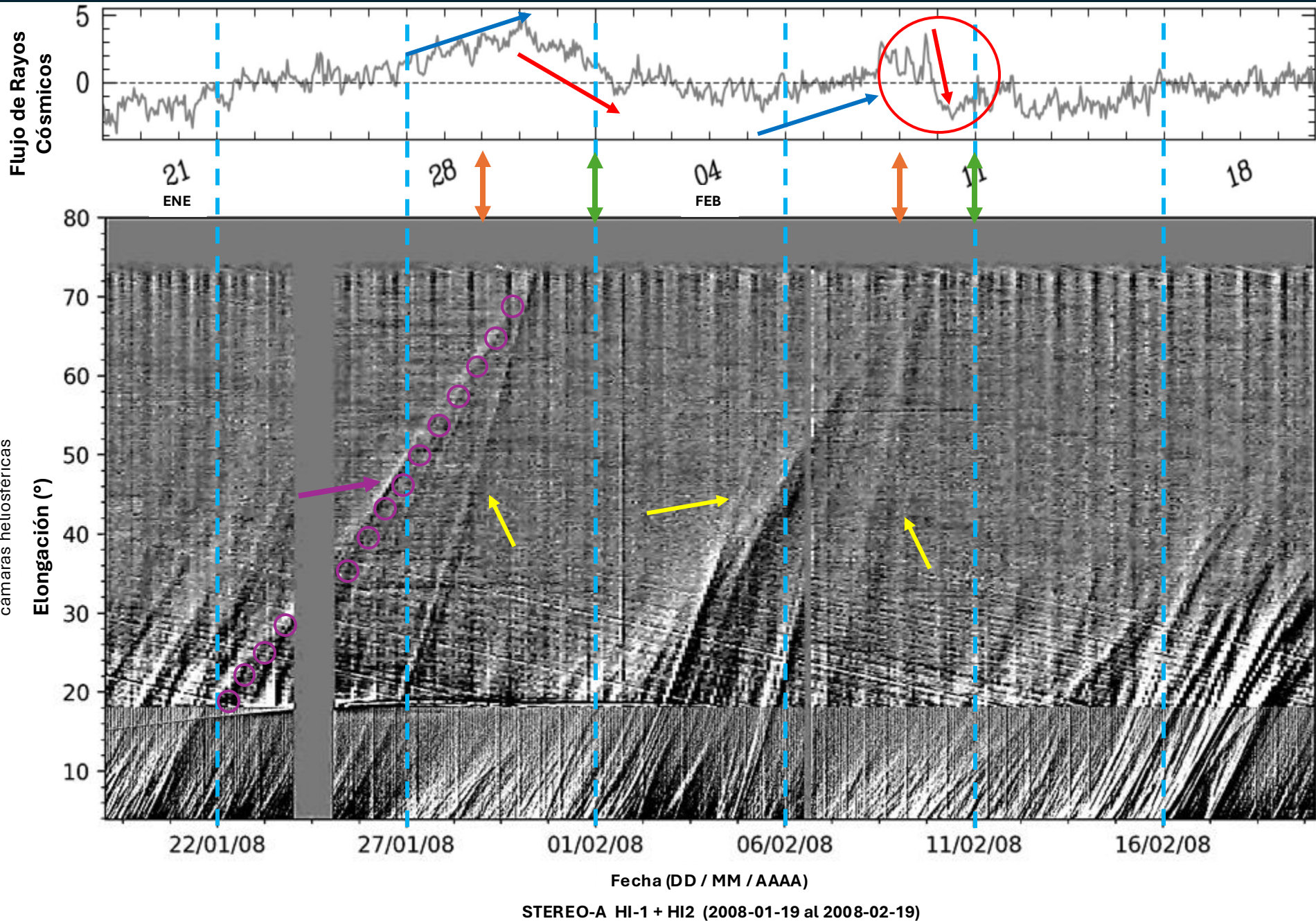
L.K. Jian, et.al. (2019)

NO eyecciones de masa coronal (CMEs) reportadas dirigidas a la Tierra

L.K. Jian, et.al. (2018)



Aproximación a la densidad de electrones a partir de observaciones de cámaras heliosféricas



Observaciones de SIRs

STEREO-A (INICIO)	STEREO-B (INICIO)
	29-01-2008 T 21:50:00
01-02-2008 T 20:00:00	
11-02-2008 T 00:00:00	09-02-2008 T 03:22:00

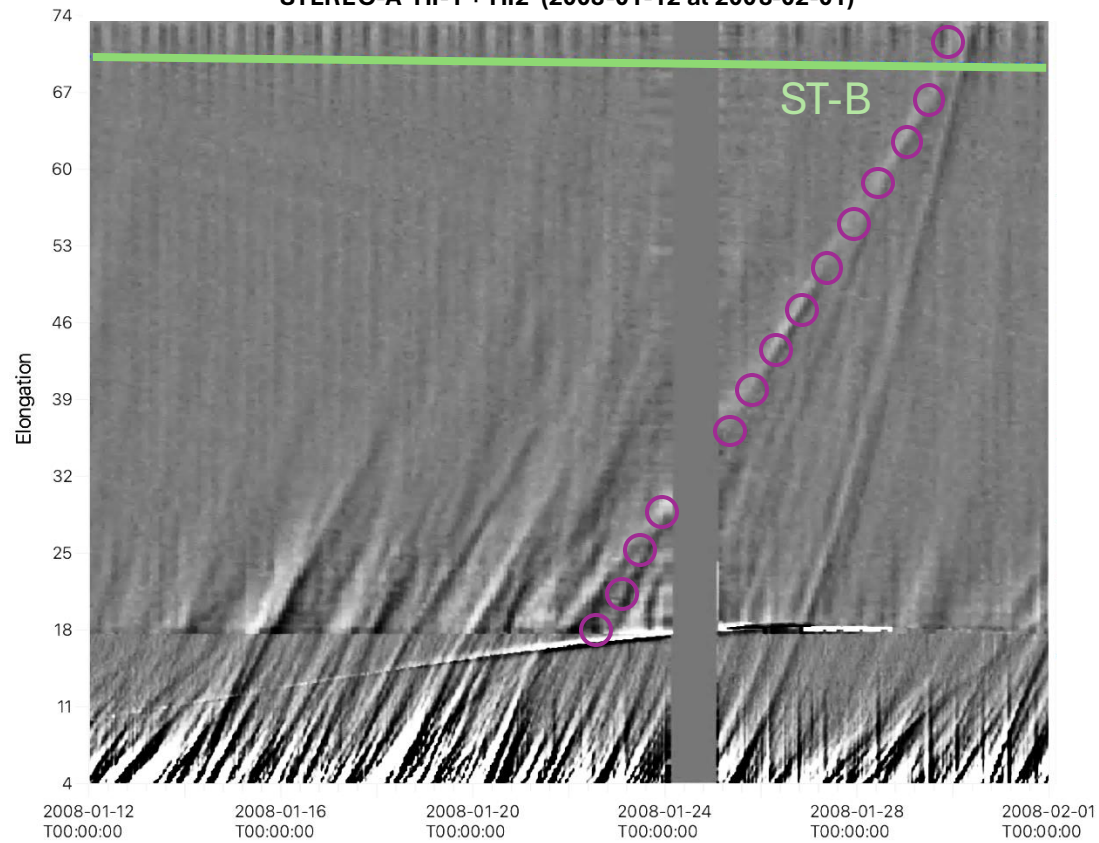
L.K. Jian, et.al. (2019)

NO eyecciones de masa coronal (CMEs) reportadas dirigidas a la Tierra

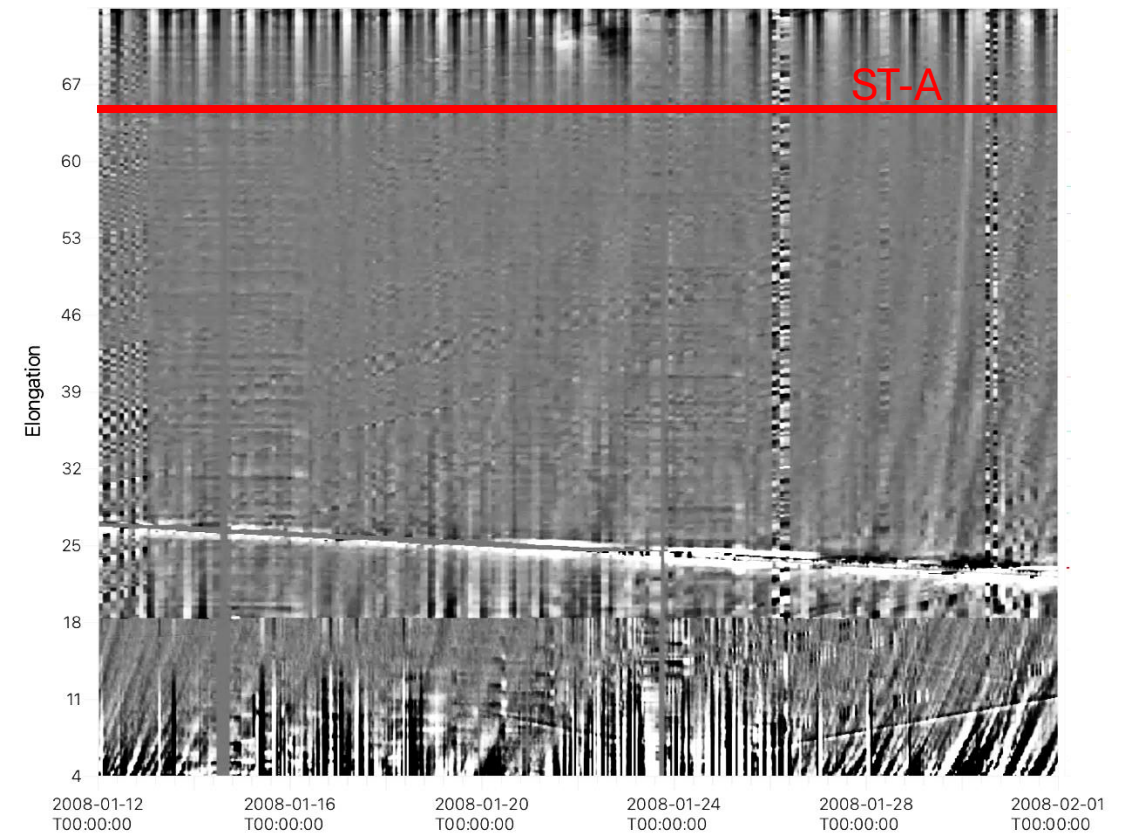
L.K. Jian, et.al. (2018)

Observamos una estructura muy próxima al 22-01-2008, la cual no tiene rastro evidente en los datos *in-situ* de STEREO-B

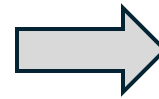
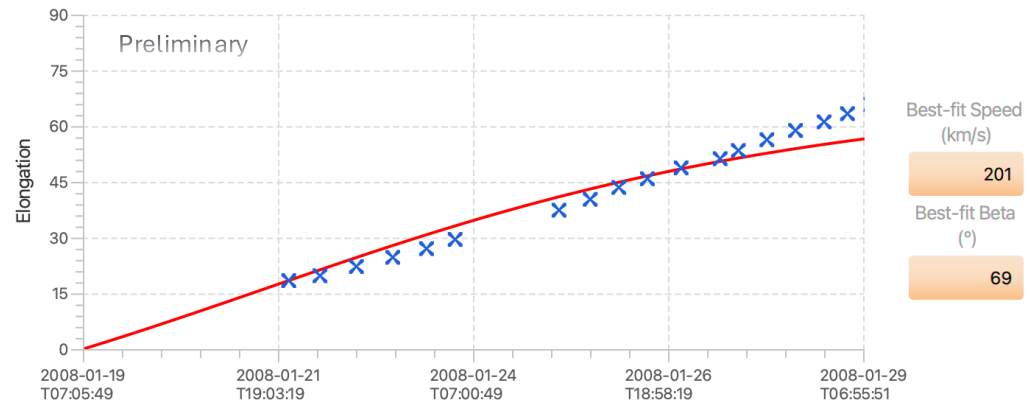
STEREO-A HI-1 + HI2 (2008-01-12 al 2008-02-01)



STEREO-B HI-1 + HI2 (2008-01-12 al 2008-02-01)



Best-fit elongation versus time plot



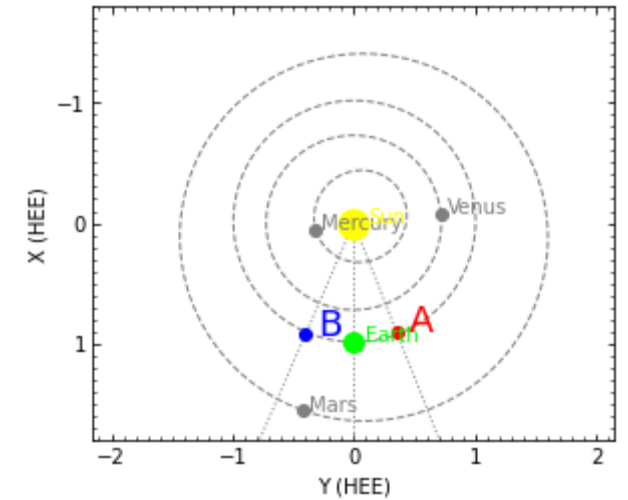
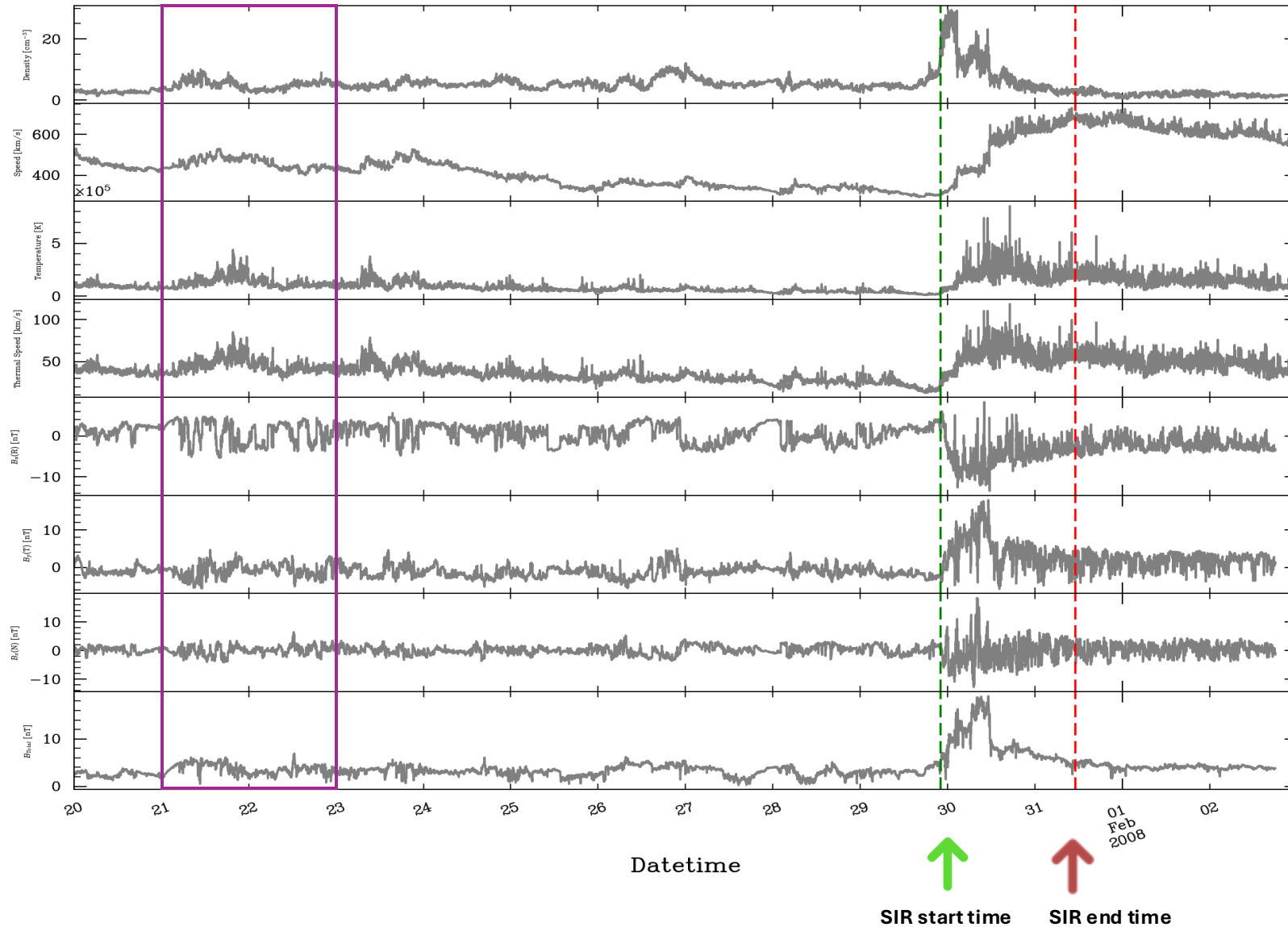
SOL	2008-01-17
TIERRA	2008-02-02

$$v = 201 \text{ km/s}$$

Observaciones *in-situ* (STEREO-B)

STEREO-B (*in-situ*)

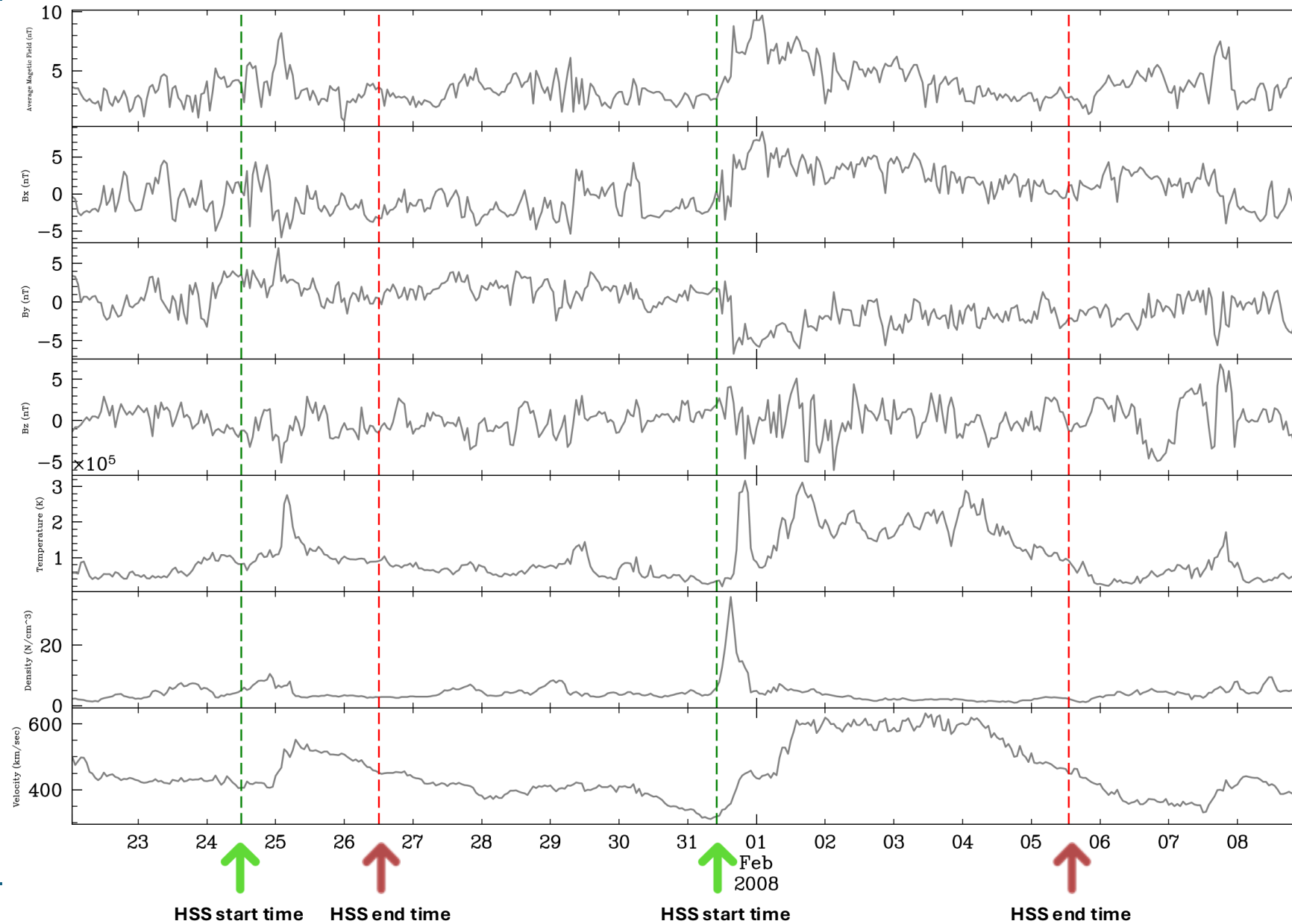
Instrument: Plastic / Impact, STEREO-B



Observamos una estructura muy próxima al 22-01-2008, la cual no tiene rastro evidente en los datos *in-situ* de STEREO-B

Observaciones *in-situ* (WIND)

WIND Data



En resumen

- Sólo las imágenes generadas por observaciones de cámaras heliosféricas pueden identificar estructuras heliosféricas previamente no identificadas por mediciones *in-situ*.
- Algunas de las características observadas en la intensidad de rayos cósmicos (incrementos o decrementos) se pueden encontrar en relación con estructuras en el viento solar local y las cuales pueden ser observadas por misiones espaciales.
- El uso de cámaras heliosféricas nos ofrece una visión más global de los mecanismos físicos de las disminuciones *Forbush* o decrecimientos previamente inexplicables.

La detección de estructuras presentes en el viento solar mediante cámaras heliosféricas a bordo de la misión STEREO desde diferentes ángulos permite un análisis más exhaustivo de cómo las estructuras solares e interplanetarias a gran escala interactúan e influyen en la propagación de los rayos cósmicos.

¡ Gracias, por su atención !

Información de contacto:



etirado@inaoe.mx



<https://etiradob-phys.github.io/etirado.github.io/>

Referencias

- Dumbović, M., Vršnak, B., Čalogović, J., & Karlica, M. (2011). Cosmic ray modulation by solar wind disturbances. *Astronomy & Astrophysics*, 531, A91.
- Thomas, S. R., Owens, M. J., Lockwood, M., Barnard, L., & Scott, C. J. (2015). Near-Earth cosmic ray decreases associated with remote coronal mass ejections. *The Astrophysical Journal*, 801(1), 5.
- Kilpua, E., Koskinen, H. E., & Pulkkinen, T. I. (2017). Coronal mass ejections and their sheath regions in interplanetary space. *Living Reviews in Solar Physics*, 14, 1-83.
- DeForest, C. E., Howard, T. A., Webb, D. F., & Davies, J. A. (2016). The utility of polarized heliospheric imaging for space weather monitoring. *Space Weather*, 14(1), 32-49.
- Jian, L. K., Luhmann, J. G., Russell, C. T., & Galvin, A. B. (2019). Solar Terrestrial Relations Observatory (STEREO) observations of stream interaction regions in 2007–2016: Relationship with heliospheric current sheets, solar cycle variations, and dual observations. *Solar physics*, 294(3), 31.
- Shlyk, N. S., Belov, A. V., Abunina, M. A., Abunin, A. A., Oleneva, V. A., & Yanke, V. G. (2022). Forbush decreases caused by paired interacting solar wind disturbances. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 511(4), 5897-5908.