

# Medida y caracterización de los patrones de granulación del espectro solar IAG

---

Claudia Alejandra Cuellar Nieto\*  
Benjamin Oostra Vannopen\*\*

Es todo aquel comportamiento en el espectro producto del movimiento de convección. Ya sea asimetrías, Doppler shifts, o **Cromodependencia anómala**. Dicho movimiento de convección se ve presente en la granulación.

Son celdas convectivas creadas en el movimiento de convección de plasma en la fotosfera solar. Esto hace que se genere cierto patrón visual en forma de panal, aunque yo prefiero verlo como...

Foto recreada en casa, tranquilos, no es plasma Se puede entender como natilla, es un "gas" super denso el cual está sometido a un gradiente de temperatura "en escala".

El cual genera que se forme el patrón característico de material enfriándose y calentándose en continuo movimiento. Este movimiento específico se llama convección donde las burbujas de natilla son celdas convectivas.

## ¿Cuál es el recorrido de la celda convectiva?

Sube caliente, baja fría pero emitiendo radiación Solo que la relación de tamaños es muy grande  
OJO: Tratamos granulos, no manchas.

Si sube caliente emite blueshift Se enfriá, emite redshift Baja de nuevo con menos blueshift Pero como cuando sube el brillo es tanto, se ve más blueshift que redshift Se presentará un blueshift convectivo adicional.

Receta para identificar si su estrella presenta convección (by David Gray) Tambien conocida en el mundo académico como los tres signos de convección:

- ▶ Asimetría en la línea (perfil de línea curvo)
- ▶ Ensanchamiento de línea
- ▶ Dependencia de la profundidad de línea con el blueshift convectivo

El sol presenta estas tres, y de manera más pronunciada que otras estrellas, dada su cercanía con la tierra, tenemos mejor resolución para la estrella.

Medir los patrones de granulación basados en los tres signos de convección a partir del espectro de flujo solar del Instituto de Astrofísica y Geofísica de Göttingen IAG, para caracterizar el fenómeno de cromodependencia anómala.

Espectro muy bueno y preciso tomado por Reiners en 2014

Espectro muy bueno y preciso tomado por Elwarth en 2023

Nuestro objetivo es tomar al sol como cualquier otra estrella para que la caracterización que se haga sea aplicable a otras estrellas de las cuales no se tiene tan buena resolución. PERO para entender dicha caracterización y hallar razones al comportamiento, es necesario usar el de Elwwarth, quien quita el efecto de oscurecimiento de borde.

Se utilizó la lista de Nave de Fe I, el cual nos sirve por muchas cosas importantes, esta lista digamos que fue depurada con líneas que no son mezclas en el sol y que pertenecen al sol.

Agarro espectro y lineas limpias Identifico y tomo una ventada de 10mA Hallo mi longitud de onda observada con un fit de polinomio de grado 4 Calculo cosas

Porque lo probamos y es la que genera una ventana óptima de observación, cosa que no se hacia antes.

Se encontró cromodependencia hasta en la natilla, hay varias cosas sin razon alguna Leggamos a una caracterizacion mediocre por el tiempo NO logre completar casi nada GENIAL :D

Tenemos mejorías en el método pero sin explicaciones a nada

NO

- [1] N. Fico et al., "Breast imaging physics in mammography (part i)," , vol. 13, no. 20, 2023. doi: [10.3390/diagnostics13203227](https://doi.org/10.3390/diagnostics13203227)
- [2] J. Wang, X. Yang, H. Cai, W. Tan, C. Jin, and L. Li, "Discrimination of breast cancer with microcalcifications on mammography by deep learning," *Scientific Reports*, vol. 6, p. 27327, Jun. 2016. doi: [10.1038/srep27327](https://doi.org/10.1038/srep27327)
- [3] F Arfelli et al., "Low-dose phase contrast x-ray medical imaging," , vol. 43, no. 10, pp. 2845–2852, Oct. 1, 1998. doi: [10.1088/0031-9155/43/10/013](https://doi.org/10.1088/0031-9155/43/10/013)
- [4] M. Endrizzi, "X-ray phase-contrast imaging," , *Radiation Imaging Techniques and Applications*, vol. 878, pp. 88–98, Jan. 11, 2018. doi: [10.1016/j.nima.2017.07.036](https://doi.org/10.1016/j.nima.2017.07.036)
- [5] A. Zamir et al., "Recent advances in edge illumination x-ray phase-contrast tomography," , vol. 4, no. 4, p. 040901, Oct. 2017. doi: [10.1111/1.JMI.4.4.040901](https://doi.org/10.1111/1.JMI.4.4.040901)

- [6] A. Olivo, "Edge-illumination x-ray phase-contrast imaging," , vol. 33, no. 36, p. 363 002, Jul. 2021, Publisher: IOP Publishing. doi: 10.1088/1361-648X/ac0e6e
- [7] J. Yuan and I. Harmon, "Comparing SNR benefits between single-mask edge-illumination and free-space propagation x-ray phase contrast imaging," ,
- [8] D. M. Paganin and D. Pelliccia, "X-ray phase-contrast imaging: A broad overview of some fundamentals," in vol. 218, 2021, pp. 63–158. arXiv: 2011.05146 [eess].
- [9] A. Astolfo et al., "The effect of a variable focal spot size on the contrast channels retrieved in edge-illumination x-ray phase contrast imaging," , vol. 12, no. 1, p. 3354, Mar. 1, 2022, Publisher: Nature Publishing Group. doi: 10.1038/s41598-022-07376-0

- [10] J. Yuan and M. Das, *Single-shot, single-mask x-ray dark-field and phase contrast imaging*, Jun. 3, 2025. doi: 10.48550/arXiv.2506.02427 arXiv: 2506.02427 [physics]. Accessed: Sep. 16, 2025.
- [11] J. Yuan and M. Das, “Transport-of-intensity model for single-mask x-ray differential phase contrast imaging,”, vol. 11, no. 4, p. 478, Apr. 20, 2024. doi: 10.1364/OPTICA.510537 Accessed: Apr. 18, 2025.
- [12] A. Doherty, S. Savvidis, C. Navarrete-León, M. F. Gerli, A. Olivo, and M. Endrizzi, “Edge-illumination x-ray dark-field tomography,”, vol. 19, p. 054042, 5 2023. doi: 10.1103/PhysRevApplied.19.054042
- [13] L. Brombal, L. Rigon, F. Arfelli, R. Menk, and F. Brun, “A geant4 tool for edge-illumination x-ray phase-contrast imaging,” *J. Inst.*, vol. 17, no. 1, p. C01043, Jan. 2022, Publisher: IOP Publishing. doi: 10.1088/1748-0221/17/01/C01043

- [14] L. Brombal, F. Arfelli, R. H. Menk, L. Rigon, and F. Brun, “PEPI lab: A flexible compact multi-modal setup for x-ray phase-contrast and spectral imaging,” vol. 13, no. 1, p. 4206, Mar. 14, 2023, Publisher: Nature Publishing Group. doi: 10.1038/s41598-023-30316-5 Accessed: Mar. 30, 2025.