

Geomagnetic storms occurrence and their impact on geomagnetic indices

Paula Reyes^{1*}, Víctor A. Pinto², Pablo S. Moya¹

¹Universidad de Chile, Las Palmeras 3425, Santiago

²Departamento de Física, Universidad de Santiago de Chile.

*paula.reyes.n@gmail.com

Introducción

Las tormentas geomagnéticas, producidas por la interacción entre el plasma eyectado del Sol y la magnetósfera terrestre, corresponden a uno de los fenómenos más relevantes de clima espacial, y la ocurrencia de eventos extremos, influye de manera importante sobre diversos artefactos tecnológicos de nuestra sociedad moderna. La intensidad de estas tormentas geomagnéticas ha sido caracterizada de manera general a través de diversos índices geomagnéticos, capaces de medir las perturbaciones producidas sobre el campo magnético de la Tierra y la ionosfera, a distintas latitudes de la Tierra. Dentro de estos índices geomagnéticos, encontramos el índice D_{st} , entre los años 1957-2020, que mide el aumento del anillo de corriente ecuatorial mediante la disminución del campo en nanotesla durante la fase principal de una tormenta. Los valores extremos asociados a este índice, que a su vez nos indican la ocurrencia de tormentas intensas, están relacionados a momentos de mayor actividad solar, medida a través de manchas solares (en inglés SSN), en donde la ocurrencia de estos eventos extremos se produce principalmente en las fases máxima y descendente del ciclo solar. Tomando en consideración que la probabilidad de ocurrencia de este tipo de eventos en función a su intensidad ($-D_{st} > 50$ nT), puede modelarse como un proceso estocástico con distribución de probabilidad lognormal [1], se han establecido probabilidades de ocurrencia de eventos extremos y predicciones acerca del comportamiento del ciclo solar 25 estableciendo que su actividad será bastante similar a la del ciclo anterior [2].

En el caso del índice AA, medido en la latitud 50° , su aumento (sobre 60 nT), se relaciona a la ocurrencia de estas tormentas, además de sufrir variaciones similares a las presentes en la actividad del ciclo solar.

Es por esta característica, y debido a que la serie de tiempo de los datos del índice AA abarca una mayor cantidad de ciclos respecto del índice D_{st} (1868-2008), que se ha analizado la probabilidad de ocurrencia de estos eventos en función a su intensidad, con el fin de establecer la relación entre la ocurrencia de las tormentas y las distintas fases del ciclo solar, además de poder estimar la actividad de ciclos solares posteriores, mediante los valores σ obtenidos del ajuste lognormal.

Desarrollo

Debido a que las tormentas geomagnéticas pueden ser modeladas como procesos estocásticos con distribución de probabilidad lognormal, los datos de eventos del índice AA se han dividido por ciclo solar y fases del ciclo solar, tal que la probabilidad de ocurrencia F , para eventos que exceden un valor $x = AA$ es igual a

$$F(x|\mu, \sigma^2) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left[\frac{\ln(x) - \mu}{\sqrt{2\sigma^2}} \right], \quad (1)$$

donde μ y σ corresponde al promedio y desviación estándar de la distribución, y erfc a la función error complementaria. Lo datos fueron ajustados a través del método de Máxima Verosimilitud (MLE en inglés), y luego se calcularon intervalos de confianza a través del método Bootstrap, con el fin de establecer la ocurrencia estas tormentas dada su intensidad en el ciclo solar.

Agradecimientos: Se agradece a proyectos Fondecyt 1191351 y Fondecyt 1211144 por financiamiento.

Referencias

[1] Love, J. J., Rigler, E. J., Pulkkinen, A., Riley, P. (2015). On the lognormality of historical magnetic storm intensity statistics: Implications for extreme-event probabilities. *Geophys. Res. Lett.*, 42, 6544–6553. [2] Reyes, P. I., Pinto, V. A., amp; Moya, P. S., Geomagnetic storm occurrence and their relation with solar cycle phases. *Space Weather*, 19, e2021SW002766 (2021).