



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

BOLETÍN
IGP / ROJ / 2023-07



LA ALTA ATMÓSFERA SOBRE EL PERÚ

JULIO 2023



Durante el mes de julio presenciamos una tormenta geomagnética cuyo origen se debió a la fusión de 2 eyecciones de masa coronal (Figura 4), pudimos monitorear el comportamiento de las derivas verticales de plasma (Figura 5) y corroboramos la baja incidencia de burbujas de plasma correspondiente a este periodo del año y a un régimen de actividad solar alto (Figura 1 y Figura 6).

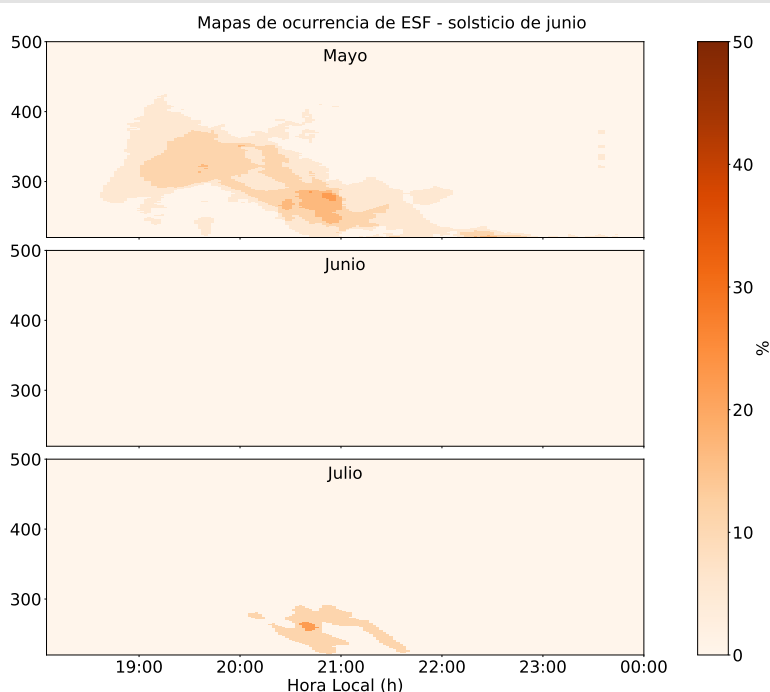


Figura 1. Mapas de ocurrencia de los meses circundantes al solsticio de junio. No se registraron ocurrencias durante el mes de junio.

Tabla 1. Resumen de las mediciones de parámetros ionosféricos y condiciones predominantes del clima espacial del mes de julio del 2023.

Vientos promedio MLT a 90 km [m/s]		Derivas verticales de plasma promedio (300 km - 400 km) [m/s]		Variación máxima de campo geomagnético horizontal (H) [nT]	
Meridional	Zonal	Mín	Máx	LIM: 128	AQP: 72
Mín: 55.8 S	Mín: 22.4 O	-20	10	HYO: 132	NZC: 82
Máx: 29.8 N	Máx: 35.5 E			TAR: 74	
ACTIVIDAD GEOMAGNÉTICA: TRANQUILA				ACTIVIDAD SOLAR: ALTA	

¿SABÍAS QUÉ?

Las lluvias de meteoros se originan por la interacción de la estela de escombros de un cometa y la atmósfera de un planeta. Por lo general, estos escombros se producen por la evaporación del agua (metano, amoníaco u otras sustancias volátiles) contenida en forma de hielo en el núcleo del cometa, cuando este pasa por el punto de su órbita más cercano al Sol, arrastrando polvo y pedazos de roca contenidos dentro del mismo. Es así que estos restos pasan a componer la estela del cometa[1]. Por otro lado, existen 3 parámetros que caracterizan a una lluvia de meteoros y estos son: el punto radiante, la tasa horaria cenital y el índice poblacional. El primero hace referencia al punto del cual los meteoritos aparentan venir y es un producto de la perspectiva, como cuando los rieles de un tren parecen converger en el horizonte. De hecho, estas lluvias suelen llevar el nombre de la constelación o estrella más cercana a su punto radiante, ya que dan la impresión de provenir desde ese punto. Un ejemplo de esto es el caso de la lluvia de meteoros Perseidas acontecida este mes, que debe su nombre a que su punto radiante está cerca a la constelación Perseo (Figura 2). El segundo parámetro da cuenta del número máximo de meteoros observables por hora en condiciones ideales (cielo despejado) en el cenit. Finalmente, el índice poblacional indica la relación del brillo entre los meteoritos. Asimismo, si bien, la mayoría

de lluvias de meteoros son de origen cometario, también pueden producirse por la ruptura de asteroides, siendo el caso de las Gemínidas. Por otro lado, podemos apreciar la ocurrencia de estas lluvias en periodos específicos del año. Por ejemplo, las Cuadrántidas ocurren a principios de enero; las Liridas, a finales de abril, las Eta Acuáridas, a mediados de junio; las Capricórnidas Alfa, a finales de julio; Kappa Cygnids, a mediados de agosto; Aurígidas, a principios de septiembre; Dracónidas, a principios de octubre; Táuridas, a principios y mediados de noviembre; las Leónidas, entre el 6 y el 30 de noviembre y las Gemínidas, a mitad de diciembre, entre otras[1].



Figura 2. Lluvia de meteoros Perseidas. El punto radiante está resaltado con color amarillo. Figura adaptada de [2].

1. Climatología del mes

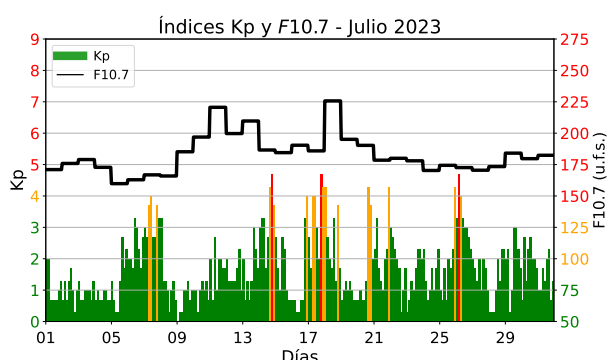


Figura 3. Los valores de los índices Kp y F10.7 cm (u.f.s. = $10^{-22} \text{Wm}^{-2} \text{Hz}^{-1}$) para el mes de julio. Extraídos de OMNIWeb [3].

La actividad geomagnética (índice Kp[4]) fue predominantemente tranquila en un 92 % del tiempo, moderada en un 7 % y alta en un 1 %; por otro lado, la actividad solar (índice F10.7[5]) fue alta en su totalidad del tiempo (Figura 3 y Tabla 1). Además, investigaciones previas señalan que hay una fuerte

relación entre la variabilidad diaria y estacional de la componente horizontal del campo geomagnético (H)[6], lo que se refleja en nuestras mediciones.

Para los meses cercanos al solsticio de junio en un régimen de actividad solar alta, se espera que la ocurrencia de F-Dispersa sea cercana a cero salvo para el intervalo de tiempo entre las 20:00 y las 22:00 horas, entre los 200 y 300 km de altura, siendo cercana al 30 %. Las mediciones muestran una buena concordancia con la climatología[7].

La climatología de julio para un régimen de actividad solar alta (dada por el modelo de Scherliess-Fejer) indica que el promedio en altura (300 km - 400 km) de las derivas verticales de plasma tiene un valor cercano a los -25 m/s pasada la medianoche, cuya magnitud incrementa hasta llegar a un máximo de cerca de 20 m/s un poco antes del mediodía. Posteriormente, estos valores disminuyen hasta 12 m/s a las 16:30 horas, cuando vuelven a incrementar temporalmente debido al fenómeno de pre-reversal enhancement[8], hasta cerca de 15 m/s a las 18:00 horas, para finalmente decrecer hasta los -27 m/s antes de la medianoche. Las mediciones de este mes discrepan

ligeramente con la climatología después de la medianoche en hasta 3 m/s, 5 m/s para las horas del día y 8 m/s a las 18:00 horas.

2. Llamaradas solares y tormentas geomagnéticas

El 18 de julio fuimos testigos de una tormenta geomagnética ocasionada por una CME de un origen muy particular. El 14 de julio a las 15:44 horas (LT) aconteció una llamarada solar de clase C8.8 asociada a una eyección de masa coronal (CME), mientras que otra llamarada, de clase M2.74 ocurrió 13 horas después, también relacionada a una CME. Debido a la cercanía temporal entre estos eventos, ambas CMEs se unieron en una CME más grande que, finalmente, fue la que produjo la tormenta geomagnética de intensidad G1 del 18 de julio[9].

Los efectos de esta tormenta se manifestaron solo en perturbaciones en la componente horizontal H del campo geomagnético, como puede apreciarse en la Figura 4. Por otro lado, el mes anterior reportamos la ocurrencia de una tormenta geomagnética producida por una CME que se originó en una Región de Interacción Corrotante del Sol. Se esperaba que este mecanismo produjera otra tormenta geomagnética el 13 de julio, pero no se reportó ninguna.

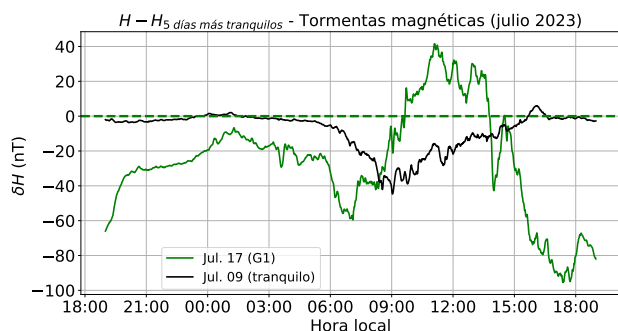


Figura 4. Perturbaciones en H ocasionadas por la tormenta geomagnética del 18 de julio registradas en la estación de Jicamarca. La curva negra representa las perturbaciones magnéticas para un día geomagnéticamente tranquilo (9 de julio).

3. Observaciones de la alta atmósfera con radares

Se pudo monitorear el comportamiento de las derivas verticales de plasma entre los 300 km y 400 km de altura con el uso del radar principal del Radio Observatorio de Jicamarca del Instituto Geofísico del Perú (IGP-ROJ) en su modo JULIA-MP (Figura 5).

Estas mediciones indican que las derivas verticales promedio empezaron aproximadamente a -20 m/s (hacia abajo) después de la medianoche para inmediatamente aumentar su magnitud y cambiar de dirección (hacia arriba) cerca de las 06:00 horas. Luego, incrementaron hasta llegar a su valor pico de 13 m/s al mediodía. Posteriormente, descendieron hasta que aconteció el incremento súbito a las 18:30 horas conocido como pre-reversal enhancement[8], con valores cercanos a los 10 m/s. Finalmente, las derivas verticales continuaron su descenso hasta llegar a valores cercanos a -20 m/s a la medianoche. Las mediciones (curva roja) muestran una buena concordancia con las predicciones del modelo Scherliess-Fejer (curva negra).

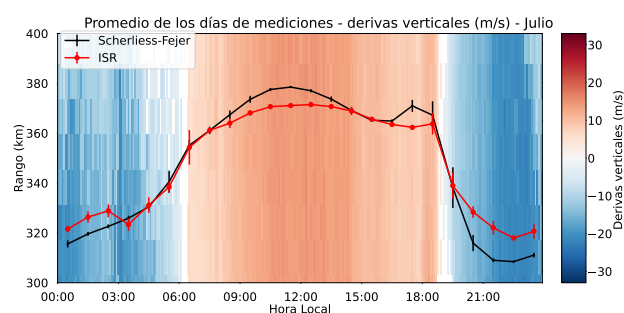


Figura 5. Promedio mensual de las derivas verticales ISR para el mes de julio. La curva roja representa el promedio en alturas entre los 300 km y 400 km y la curva negra, las predicciones del modelo de Scherliess-Fejer.

Asimismo, se tomaron 9 días de mediciones con el sistema de radar AMISR-14[10], periodo durante el cual se observó la presencia de 2 burbujas de plasma del tipo Bottomside en 2 noches diferentes entre las 20:00 y las 22:00 horas y entre los 200 km y 300 km de altura, como se muestra en las Figura 1 y Figura 6. Esto concuerda muy bien con lo esperado por la climatología.

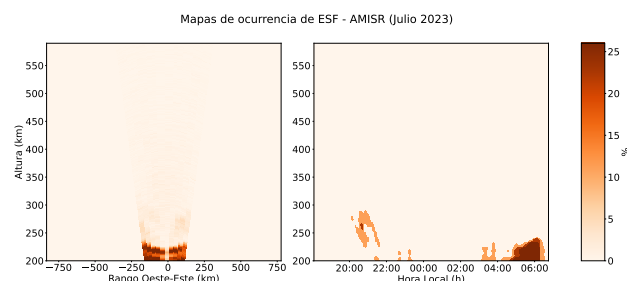


Figura 6. Derecha: Mapa de ocurrencias tradicional. Izquierda: mapa de ocurrencias polar.

Adicionalmente, se registró el comportamiento de los vientos zonales y meridionales para el mes de julio,

como se aprecia en la [Figura 7](#), donde se muestran periodos predominantes de 24 horas (marea solar diurna). En la mesopausa (~ 90 km) se observa que el valor del viento zonal promedio máximo fue de $+35.5$ m/s a las 13:30 horas y el promedio mínimo de -22.4 m/s a las 03:00 horas, mientras que el valor del viento meridional promedio máximo fue de $+29.8$ m/s a las 19:00 horas y el promedio mínimo de -55.8 m/s a las 05:30 horas. El viento zonal máximo fue de $+99.7$ m/s a las 11:15 horas del día 10 de julio y el mínimo -104.3 m/s a las 21:15 horas del día 28 de julio, mientras que el viento meridional máximo fue $+123.4$ m/s a las 17:45 horas del día 18 de julio y el mínimo -144.8 m/s a las 02:45 horas del día 28 de julio.

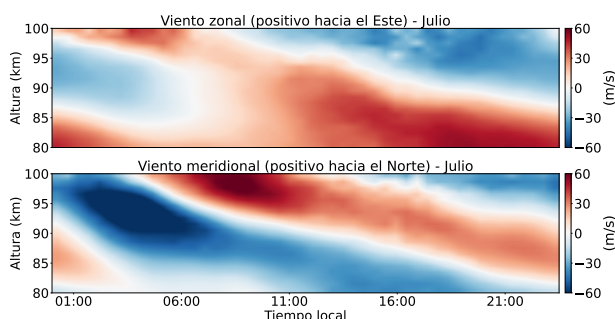


Figura 7. Promedio de los vientos zonales y meridionales durante el mes de julio del 2023.

4. Observaciones con la red de instrumentos LISN

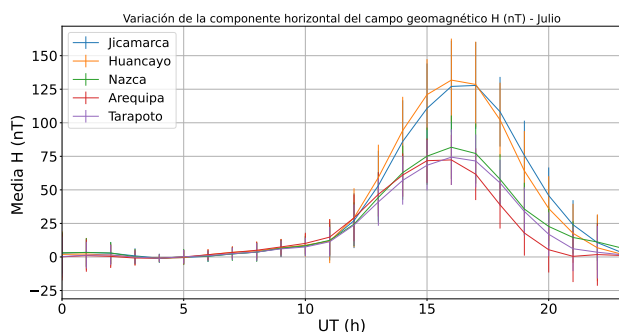


Figura 8. Valores del promedio horario de la variación diurna de H para todas las estaciones magnéticas operativas durante el mes de julio del 2023.

Las mediciones de la variación diurna de la componente horizontal del campo magnético (H) de las estaciones magnéticas del IGP-ROJ se presentan en la [Figura 8](#). Aquí se aprecia que el promedio de las estaciones de Jicamarca y Huancayo estuvieron

muy por encima de las demás debido a que ambas se encuentran en el ecuador magnético y el Electrochorro Ecuatorial (EEJ) contribuye al incremento en sus mediciones. Así también, se apreció una gran variabilidad diaria, mayormente a las 11:00 horas (16:00 horas UTC). Se registraron las máximas variaciones del promedio del mes de julio de H por cada estación: Jicamarca, 128 nT; Huancayo, 132 nT; Arequipa, 72 nT; Nazca, 82 nT y Tarapoto, 74 nT.

5. Conclusiones

- Presenciamos 1 tormenta geomagnética de baja intensidad (18 de julio) ocasionada por una CME originada por la fusión de 2 CMEs más pequeñas, cuyos efectos se manifestaron en perturbaciones de la componente horizontal del campo geomagnético.
- Los promedios en alturas (300 km - 400 km) de las derivas verticales de plasma del presente mes muestran una buena concordancia con las predicciones del modelo de Scherliess-Fejer.
- La incidencia de burbujas de plasma fue baja, lo que concuerda con la climatología.
- Se esperaba una tormenta geomagnética para el 13 de julio, producto de una CME proveniente de una Región de Interacción Corrotante del Sol, pero no se registró ninguna.

6. Referencias

- [1] "Colaboradores de los proyectos Wikimedia. Jul. 2023. Lluvia de meteoros - Wikipedia, la enciclopedia libre." Jul. 2023, [Online; accessed 12. Aug. 2023]. [Online]. Available: [1https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Lluvia_de_meteoros&oldid=153063612](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Lluvia_de_meteoros&oldid=153063612)
- [2] "Get Ready for a Great Perseid Meteor Shower." Accessed on: Aug. 11, 2023. [Online]. Available: [1https://skyandtelescope.org/astronomy-news/observing-news/get-ready-for-a-great-perseid-meteor-shower](https://skyandtelescope.org/astronomy-news/observing-news/get-ready-for-a-great-perseid-meteor-shower)
- [3] N. Papitashvili, "OMNIWeb Data Explorer," Oct 2020, Accessed on: Mar. 16, 2023. [Online]. Available: [1https://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html](https://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html)
- [4] "The Kp-index | Help," Oct 2020, Accessed on: Feb. 01, 2023. [Online]. Available: [1https://www.spaceweatherlive.com/en/help/the-kp-index.html](https://www.spaceweatherlive.com/en/help/the-kp-index.html)

- [5] "F10.7 cm Radio Emissions | NOAA / NWS Space Weather Prediction Center," Jul 2020, Accessed on: Feb. 01, 2023. [Online]. Available: <https://www.swpc.noaa.gov/phenomena/f107-cm-radio-emissions>
- [6] I. Adimula, K. Gidado, and S. Bello, "Variability of horizontal magnetic field intensity from some stations within the equatorial electrojet belt," *Physical Science International Journal*, vol. 13, pp. 1–8, 01 2017.
- [7] J. Smith, F. Rodrigues, B. Fejer, and M. Milla, "Coherent and incoherent scatter radar study of the climatology and day-to-day variability of mean f region vertical drifts and equatorial spread f," *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, vol. 121, no. 2, pp. 1466–1482, 2016.
- [8] J. V. Eccles, J. P. St. Maurice, and R. W. Schunk, "Mechanisms underlying the pre-reversal enhancement of the vertical plasma drift in the low-latitude ionosphere." *J. Geophys. Res. Space Physics*, vol. 120, p. 4950– 4970, 2015.
- [9] H. Baker, " 'Cannibal' coronal mass ejection that devoured 'dark eruption' from sun will smash into Earth on July 18." July 2023, Accessed on: Aug. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.space.com/sun-coronal-mass-ejection-devoured-dark-eruption-smash-into-earth-july-18>
- [10] "Instituto Geofísico del Perú, "Realtime at Jicamarca"," Jul 2021, Accessed: Jul. 3, 2023. [Online]. Available: https://www.igp.gob.pe/observatorios/radio-observatorio-jicamarca/realtime/static/reports/2022/Boletin_Agosto.pdf

Elaborado por:

Bach. Juan Pablo Velásquez Ormaeche
Bach. Roberto Flores Arroyo
Mag. Luis Condori Illahuamán
Dr. Edgardo Pacheco Josan

Diseño y diagramación:

Bach. Anette De la Cruz Meza

Colaboradores:

Mag. Karim Kuyeng Ruiz
Dr. Danny Scipión Castillo
Dr. Marco Milla Bravo

Contacto:

roj@igp.gob.pe

Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ)
Instituto Geofísico del Perú
Lurigancho-Chosica, Lima, Perú
Teléfono: +51 1 3172313
Webpage: www.gob.pe/igp

***"Ciencia para protegernos
ciencia para avanzar"***