



LA ALTA ATMÓSFERA SOBRE EL PERÚ

MAYO 2026



Durante el mes de mayo del 2026 se registraron dos tormentas geomagnéticas de tipo G2. La primera tormenta se inició el 4 de mayo y finalizó al día siguiente. La segunda tormenta ocurrió en los días 15 y 16 de mayo. Este evento produjo perturbaciones en la componente horizontal del campo magnético terrestre (H), las cuales estuvieron asociadas a condiciones favorables para el desarrollo de inestabilidades ionosféricas. En este contexto, se observó la presencia de F-dispersa del tipo bottom-type, la cual alcanzó alturas de hasta aproximadamente 350 km y presentó una duración cercana a 2 horas, como se muestra en la [Figura 1](#).

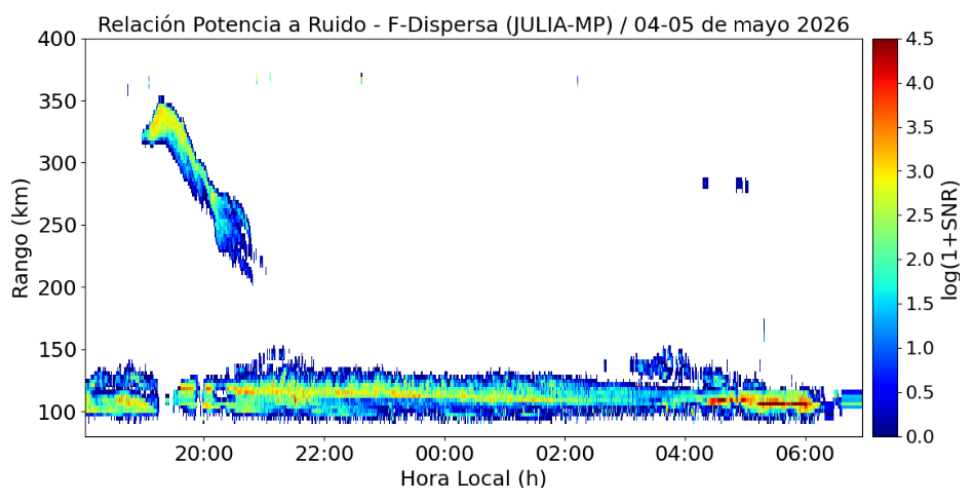


Figura 1. Irregularidad del tipo bottom-type observada en horas de la noche, durante el inicio de la tormenta geomagnética de clase G2 ocurrida del 04 al 05 de mayo.

Tabla 1. Resumen de las mediciones de parámetros ionosféricos y condiciones predominantes del clima espacial del mes de mayo del 2026.

Vientos promedios MLT a 90 km [m/s]		Variación máxima de campo geomagnético horizontal (H)[nT]		Derivas verticales de plasma promedio (300 km- 400 km) [m/s]	
Meridional	Zonal	Lima: 118	Tarapoto: 72	Mín.	Máx.
Mín: 67.5 S Máx: 25.7 N	Mín: 14.0 O Máx: 19.7 E	Huancayo: 111	Piura: 63	-26	21
		Arequipa: 62			

ACTIVIDAD GEOMAGNÉTICA: TRANQUILA A: 3 % M: 7 % T: 90 %	ACTIVIDAD SOLAR: MODERADA A: 6 % M: 94 % B: 0 %
---	---

Tormentas geomagnéticas

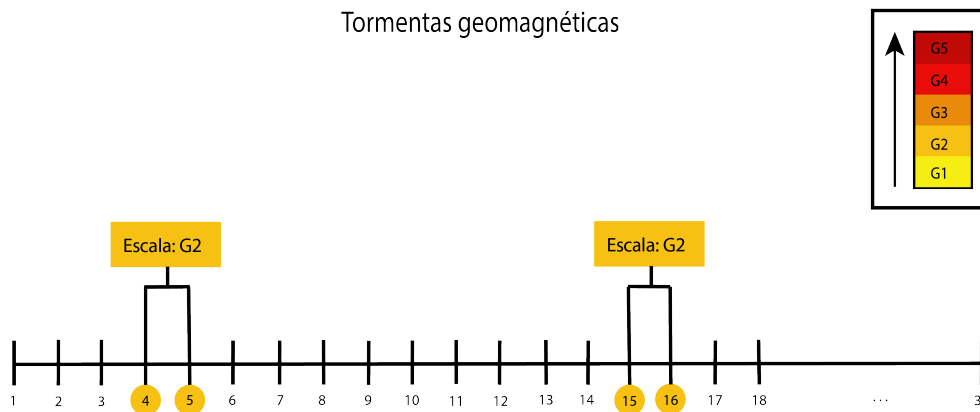


Figura 2. Intensidad de las tormentas geomagnéticas del mes de mayo.

¿SABÍAS QUÉ?

En el año 1999 se presentó por primera vez el modelo global empírico de derivas verticales de la región F ecuatoriales conocido como el modelo Scherliess-Fejer o SF99. En dicho modelo se describen las variaciones diurnas y estacionales de las derivas verticales ecuatoriales para diferentes longitudes y valores de flujo solar. El aporte del radar de dispersión incoherente del IGP-OGJ fue clave, ya que se utilizaron observaciones de las derivas del plasma de la región F entre 1968 y 1992, con un total de 502 días de mediciones en ese periodo.

El modelo obtenido describe bastante bien la climatología ecuatorial de las derivas verticales de plasma y aunque tiene limitaciones que son descritas en el artículo original, no solo sirve para compararlo con las mediciones obtenidas en los boletines, sino que también aporta a otros desarrollos científicos como así se refleja en las 578 citas que tiene hasta el momento de la publicación de este boletín [1].

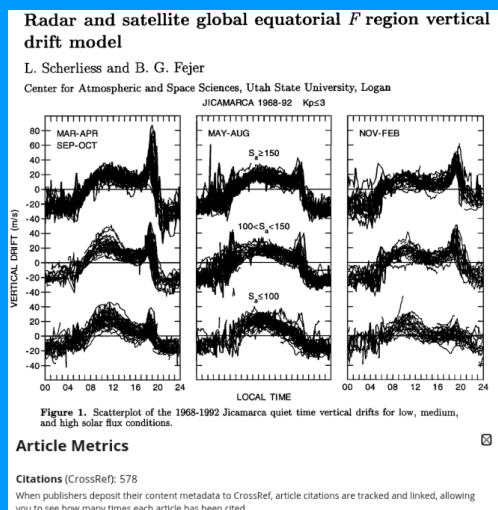
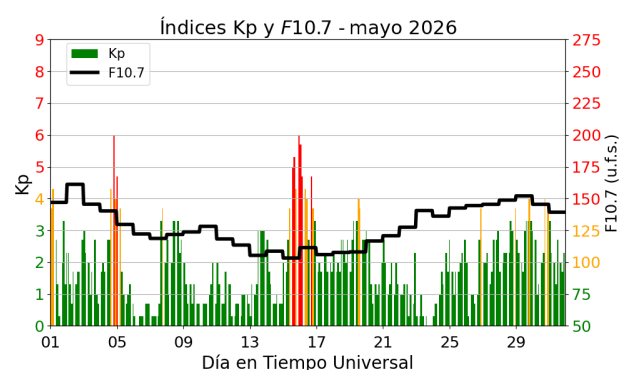


Figura 3. (a) Artículo donde se presentó por primera vez el modelo de Scherliess-Fejer. (b) Métricas del artículo hasta junio del 2026. (Imágenes (a) e imagen (b) recortadas de [1].

1. Climatología del mes

La actividad geomagnética (índice Kp[2]) fue predominantemente tranquila durante el 90% del tiempo, moderada el 7% y alta el 3%; por otro lado, la actividad solar (índice F10.7[3]) fue alta el 6% del tiempo y moderada el 94% (Figura 4 y Tabla 1). Asimismo, estudios previos han demostrado una fuerte relación entre la variabilidad diaria y estacional de la componente horizontal del campo geomagnético (H)[4], lo cual es consistente con lo observado en nuestras mediciones. Para los meses cercanos al solsticio de junio (mayo, junio, julio), en un régimen de actividad solar moderada o alta, se es-

Figura 4. Valores de los índices Kp y F10.7 cm (u.f.s. = $10^{-22} \text{Wm}^{-2} \text{Hz}^{-1}$) para el mes de mayo. Extraídos de OMNIWeb.

pera que la ocurrencia de F-Dispersa sea baja en el intervalo previo a la medianoche. Las mediciones mostraron concordancia con la climatología esperada. Asimismo, la climatología de mayo para un régimen de actividad solar moderada descrita por el modelo de Scherliess-Fejer, indica que el promedio en altura (300-400 km) de las derivas verticales de plasma alcanza valores cercanos a los -20 m/s pasada la medianoche, y su valor se incrementa progresivamente hasta aproximadamente 22 m/s hacia las 10:00 horas, para luego disminuir hasta 7 m/s alrededor de las 16:00 horas. Más tarde se observa un incremento asociado al fenómeno de pre-reversal enhancement, alcanzando valores cercanos a los 17 m/s alrededor de las 18:00 horas, para finalmente decrecer nuevamente hasta valores cercanos a los -21 m/s antes de la medianoche, tal y como se detalla en la curva negra de la [Figura 8](#). En general, los valores observados presentan concordancia moderada con la climatología. La diferencia entre las mediciones es de algunas unidades durante todo el día, con una mejor concordancia en el intervalo desde las 06:00 hasta las 12:00.

Estudios climatológicos indican que en los meses cercanos al solsticio de junio los ecos de 150 km aparecen alrededor de las 09:00 horas, y desaparecen cerca a las 16:00 horas distribuyéndose típicamente entre los 140 km y los 165 km de altura. En el presente periodo, se observa que la altura máxima de aparición excede en aproximadamente 10 km el valor esperado mientras que la altura mínima de aparición coincide con la climatología. Además, estas irregularidades se presentan casi una hora antes de lo esperado, coincidiendo en la hora de desaparición.

2. Tormentas geomagnéticas

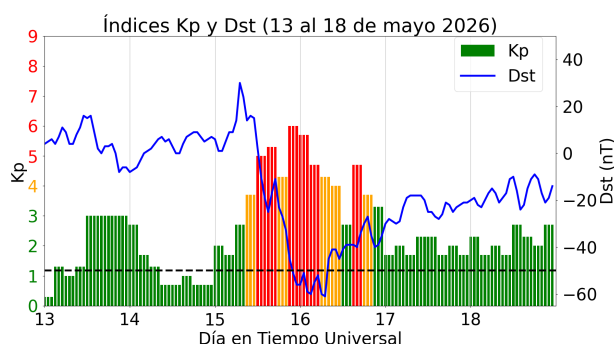


Figura 5. Índices geomagnéticos Kp y Dst del 13 al 18 de mayo. La línea horizontal negra representa el valor de Dst igual a -50 nT.

La actividad solar moderada a alta se manifestó en la ocurrencia de 2 tormentas geomagnéticas, registradas los días 04-05 y 15-16 de mayo, ambas de clase G2. Ambas tormentas fueron producidas por el arribo de vientos solares rápidos [5][6]. La primera tormenta,

produjo una disminución del índice Dst hasta -72 nT el día 04 de mayo a las 20:00 horas (01:00 hora UTC del día siguiente), mientras que la segunda produjo que el índice Dst disminuya hasta -61 nT el día 16 de mayo a las 02:00 horas (07:00 horas UTC), como se muestra en la [Figura 5](#).

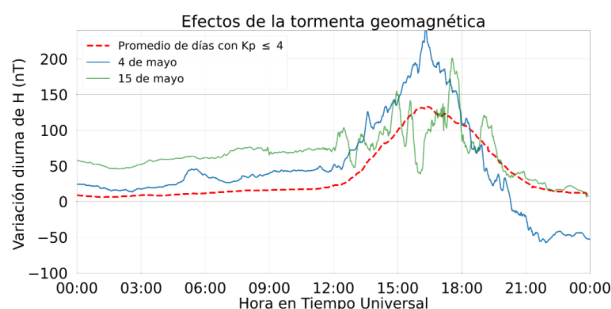


Figura 6. Efectos de las dos tormentas geomagnéticas G2 sobre la variación diurna de H en la estación geomagnética de Jicamarca, ocurridas del 4 al 5 y del 15 al 16 de mayo.

Las dos tormentas geomagnéticas de tipo G2 ocurridas el 04 al 05 (tormenta 1) y el 15 al 16 (tormenta 2) de mayo produjeron perturbaciones significativas en las mediciones de la variación diurna de la componente horizontal del campo magnético terrestre (H) en la estación de Jicamarca ([Figura 6](#)). En comparación con el promedio de días tranquilos (curva roja), se observaron desviaciones notables en las mediciones correspondientes a ambos eventos, representadas por la curva azul para la tormenta 1 y la curva verde para la tormenta 2. En particular, durante la tormenta 1 se registró un valor máximo de 244 nT a las 11:18 horas (16:18 horas UTC) y un valor mínimo de -57 nT a las 16:55 horas del 04 de mayo (21:55 horas UTC). Por otro lado, durante la tormenta 2 se registró un valor máximo de 201 nT a las 12:33 horas (17:33 horas UTC) y un valor mínimo de 6 nT a las 18:49 horas del 15 de mayo (23:49 horas UTC). Además se puede observar que alrededor de las 11:03 horas del 15 de mayo (16:03 horas UTC), se registró una medición de 18 nT. Si bien este valor es positivo, en días magnéticamente tranquilos, se esperaba un valor aproximado de 140 nT. La diferencia entre estos valores nos explica la intensidad de la tormenta.

Por otro lado, con el radar principal en su modo JULIA-MP se detectó una irregularidad ionosférica de tipo bottomside que se desarrolló alrededor de las 19:00 horas del 04 de mayo, con una duración aproximada de 2 horas y alcanzando alturas de hasta 360 km ([Figura 1](#)). Si bien este tipo de irregularidades es común en la región ecuatorial, su ocurrencia podría estar relacionada con las condiciones geomagnéticamente perturbadas asociadas con la tormenta geomagnética G2 iniciada el 4 de mayo, aunque se requieren análisis adicionales para establecer dicha relación. Asimismo, los ecos

observados alrededor de los 100 km corresponden al electrochorro ecuatorial.

3. Observaciones de la alta atmósfera con radares

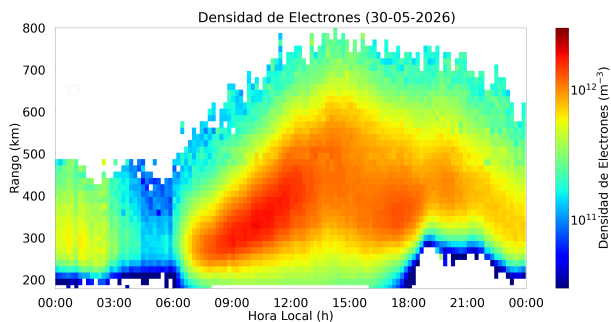


Figura 7. Densidades de electrones registradas durante el 30 de mayo del 2026.

Entre el 26 y el 31 de mayo se realizó una campaña usando el radar principal del IGP-OGJ en conjunto con otros radares alrededor del mundo, para registrar los efectos globales de tormentas geomagnéticas intensas, y aunque durante este periodo ninguna tormenta magnética fue observada, se lograron registrar las densidades de electrones desde los 180 hasta los 800 km, como se puede apreciar en los registros del 30 de mayo (Figura 7), donde la densidad máxima registrada fue de $1.91 \times 10^{12} \text{ m}^{-3}$ y ocurrió a las 10:16 horas a una altura de 330 km.

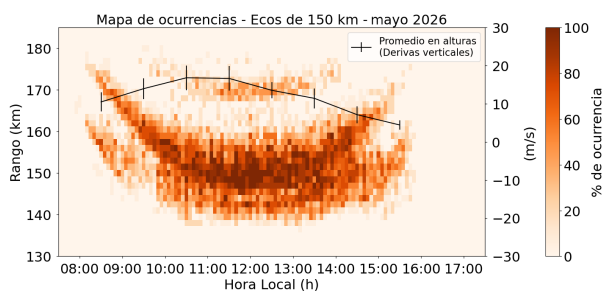


Figura 8. Mapa de ocurrencias de los ecos de 150 km y el promedio en alturas de sus derivas verticales durante los días geomagnéticamente tranquilos.

Además, se monitoreó el comportamiento de las derivas verticales y la ocurrencia de los ecos de 150 km por 9 días durante el mes, todos ellos geomagnéticamente tranquilos, utilizando el modo JULIA-MP, en la región de transición entre las capas E y F. En la Figura 8 se observa que los ecos aparecen alrededor de las 08:00 horas y desaparecen cerca de las 16:00 horas, distribuyéndose entre los 140 km y los 175 km de altura. Estos resultados muestran una concordancia moderada con las predicciones climatológicas (obtenidas con el modo JULIA[7]), dado que el inicio de los ecos de 150 km ocurre alrededor de una hora antes de lo esperado,

mientras que hay una mejor coincidencia en la hora a la que desaparecen. Además, la altura máxima de ocurrencia excede en aproximadamente 10 km lo esperado.

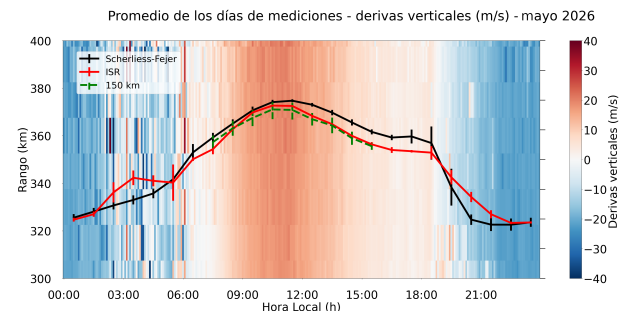


Figura 9. Promedio de las derivas verticales ISR para los días geomagnéticamente tranquilos de mayo. La curva roja representa el promedio en alturas entre los 300 km y 400 km y la curva negra, las predicciones del modelo de Scherliess-Fejer.

En relación con las derivas verticales de plasma, se realizaron mediciones durante 22 días geomagnéticamente tranquilos (10 días completos y 12 días únicamente durante la noche) en el rango de 300 a 400 km, utilizando el radar principal del IGP-OGJ en el modo JULIA-MP. Las observaciones indican que después de medianoche las derivas de plasma presentan valores cercanos a -19 m/s (movimiento descendente), cuya magnitud disminuye progresivamente hasta invertir su dirección (movimiento ascendente) alrededor de las 06:00 horas. Posteriormente, alcanzan velocidades cercanas a 20 m/s hacia las 11:00 horas, para luego disminuir hasta el incremento súbito observado a las 18:00 horas, asociado al fenómeno conocido como pre-reversal enhancement, con velocidades próximas a 5.5 m/s (Figura 9).

Las estimaciones del modelo de Scherliess-Fejer muestran una concordancia moderada con las observaciones. En el modelo, pasada la medianoche, la magnitud de las derivas disminuye progresivamente hasta alcanzar valores positivos; sin embargo, en las observaciones se evidencia un incremento abrupto alrededor de las 03:00 horas. Finalmente, se encontró que las derivas diurnas obtenidas mediante ISR difieren en promedio en 1.12 m/s respecto a aquellas asociadas a los ecos de 150 km.

Asimismo, se realizaron 23 noches de mediciones con el sistema de radar AMISR-14 durante condiciones geomagnéticamente tranquilas. Durante este periodo se identificaron 3 irregularidades en la capa F, distribuidas entre los 200 y 350 km de altura, cuyas morfología corresponden al tipo bottom-type, como se muestra en la Figura 10.

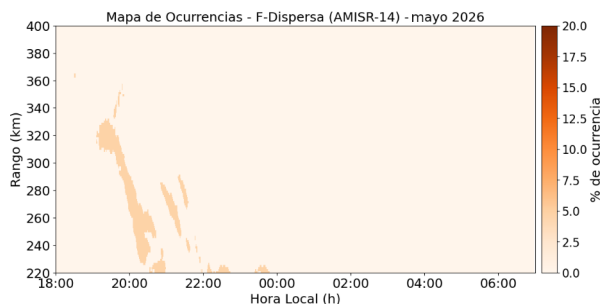


Figura 10. Mapa de ocurrencias de F-Dispersa con el radar AMISR-14 para el mes de mayo.

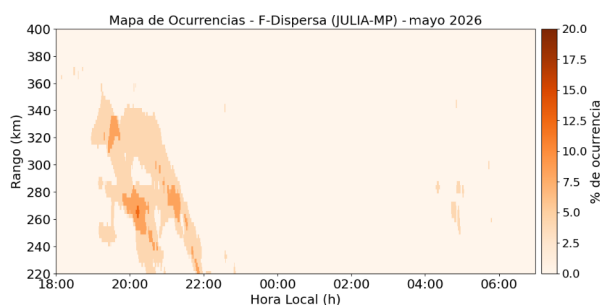


Figura 11. Mapa de ocurrencias de F-Dispersa con el radar principal en su modo JULIA-MP.

Por otro lado, el radar principal operado en modo JULIA-MP funcionó durante 24 noches, durante las cuales se detectaron 4 irregularidades en el rango de 200 a 370 km. Las morfologías vistas fueron de tipo bottom-type (50%) y las de tipo bottomside (50%), como se observa en la Figura 11. La diferencia en el número de irregularidades detectadas por ambos sistemas puede atribuirse a la falta de coincidencia temporal en las noches de operación. Asimismo, en algunas ocasiones solo el radar principal en modo JULIA-MP logró detectar irregularidades, posiblemente debido a su frecuencia de operación (50 MHz), distinta a la del radar AMISR-14 (445 MHz), así como a diferencias en la región ionosférica muestreada por cada sistema. En general, las observaciones de ambos radares muestran concordancia con la climatología (basada en el modo JULIA).

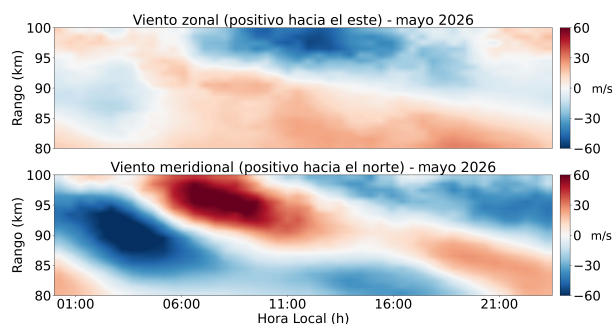


Figura 12. Promedio de los vientos zonales y meridionales durante el mes de mayo del 2026.

El promedio en tiempo y altura de los vientos zonales y

meridionales durante el mes de mayo, como se observa en la Figura 12, muestra periodos predominantes de 24 horas (marea solar diurna) en ambas componentes. En la mesopausa (~ 90 km) el viento zonal promedio presenta un valor máximo de 19.7 m/s alrededor de las 09:30 horas y un mínimo de -14.0 m/s cerca de las 02:30 horas. Por su parte, el viento meridional alcanza un máximo promedio de 25.7 m/s alrededor de las 10:30 horas y un mínimo de -67.5 m/s aproximadamente a las 03:30 horas. En cuanto a valores extremos, el día 25 de mayo se registró el máximo del viento zonal con 121.2 m/s a las 08:45 horas, mientras que el mínimo de -84.0 m/s se registró el día 08 de mayo a las 15:45 horas. Asimismo, el 21 de mayo se registró el máximo viento meridional (124.2 m/s) a las 10:45 horas, mientras que el mínimo (-124.8 m/s) ocurrió a las 03:45 horas del 11 de mayo.

4. Observaciones con la red de instrumentos LISN

Los valores de la amplitud de las cintilaciones GNSS (índice S4) de las estaciones de Iquitos, Piura, Jaén, San Bartolomé, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Huancayo, y Tacna se muestran en la Figura 13. Con excepción a la estación de Tacna, durante el periodo de estudio se observaron valores moderados de S4 entre las 20:30 y 23:00 horas en todas las estaciones, a diferencia del mes pasado donde los valores registrados fueron altos. Asimismo, la mayor actividad del mes ($S4_{\text{máx}}=0.46$) se registró en la estación de Huancayo el día 22 alrededor de las 21:00 horas.

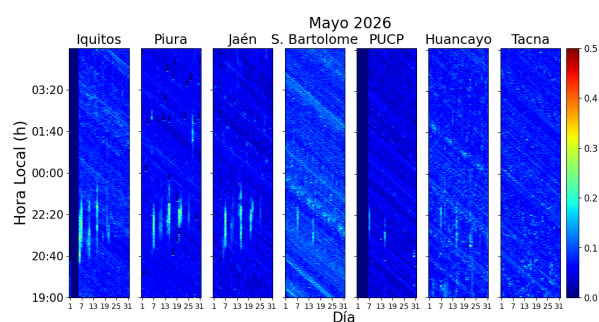


Figura 13. Valores diarios máximos de S4 para las estaciones de Iquitos, Piura, Jaén, San Bartolomé, PUCP, Huancayo, y Tacna durante el mes de mayo.

Las mediciones de la variación diurna de la componente horizontal del campo geomagnético (H) obtenidas en las estaciones magnéticas del IGP-OGJ durante los días geomagnéticamente tranquilos se presentan en la Figura 14. Se observa que los promedios correspondientes a las estaciones de Jicamarca y Huancayo son mayores que los de otras estaciones lo cual se explica por su

ubicación cercana al ecuador magnético, donde la contribución del electrochorro ecuatorial (EEJ) intensifica la componente horizontal del campo magnético. Asimismo, se evidencia una marcada variabilidad diaria, principalmente alrededor de las 11:00 horas (16:00 horas UTC). Los valores máximos de variación promedio mensual de H para cada estación fueron: Piura, 63 nT; Tarapoto, 71 nT; Huancayo, 111 nT; Jicamarca, 118 nT y Arequipa, 62 nT.

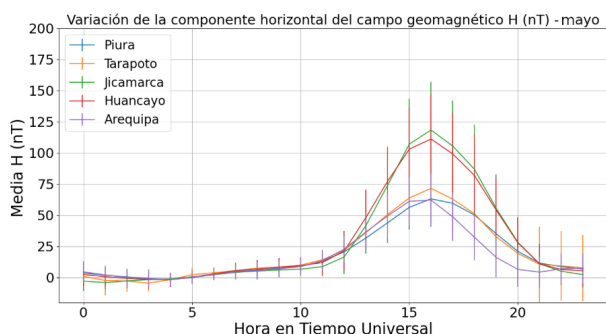


Figura 14. Valores del promedio horario de la variación diurna de H para todas las estaciones magnéticas operativas durante los días geomagnéticamente tranquilos del mes de mayo.

5. Conclusiones

- Durante la noche del 4 de mayo se observó una irregularidad de tipo bottom-type que alcanzó alturas de hasta 360 km y que podría estar asociada a la tormenta geomagnética de clase G2 que inició el mismo día.
- La ocurrencia de F-Dispersa detectada por el radar principal continuó disminuyendo respecto a los meses anteriores, en concordancia con el comportamiento climatológico esperado y con los registros del año previo.
- Las amplitudes del índice S4 evidencian que antes

Elaborado por:

Bach. Roberto Flores Arroyo
Mag. André Florentino Collado
Ing. Armando Castro Chaupis

Diseño y diagramación:

Bach. Anette De la Cruz Meza

de la medianoche la actividad de cintilaciones fue moderada/baja durante la mayoría de días en todas las estaciones. Esto coincide con el bajo porcentaje de ocurrencia de irregularidades observadas con el modo JULIA-MP.

6. Referencias

- [1] L. Scherliess and B. G. Fejer, "Radar and satellite global equatorial f region vertical drift model," p. 6829–6842, 1999.
- [2] "The Kp-index | Help," Oct 2020, Accessed on: Feb. 01, 2023. [Online]. Available: <https://www.spaceweatherlive.com/en/help/the-kp-index.html>
- [3] "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>
- [4] 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.
- [5] "G2 warning for 04 may 2026." [Online]. Available: <https://www.spaceweather.gov/node/1482>
- [6] "A magnetic storm is expected on earth on may 15." [Online]. Available: <https://en.iz.ru/en/2096274/2026-05-13/magnetic-storm-expected-earth-may-15>
- [7] J. Chau and E. Kudeki, "Statistics of 150-km echoes over jicamarca based on low-power vhf observations," in *Annales Geophysicae*, vol. 24, no. 5. Copernicus GmbH, 2006, pp. 1305–1310.

Colaboradores:

Mag. César De la Jara Sánchez

Contacto:

roj@igp.gob.pe