



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres "
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

BOLETÍN
IGP / ROJ / 2026-04



LA ALTA ATMÓSFERA SOBRE EL PERÚ

ABRIL 2026



Durante el mes de abril de 2026 se registraron dos tormentas geomagnéticas, de clase G2 y G1. La tormenta G1 se inició el 18 de abril y se extendió hasta el 20. 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 post-midnight, la cual alcanzó alturas de hasta ~ 600 km y presentó una duración aproximada de 2 horas, como se muestra en la [Figura 1](#).

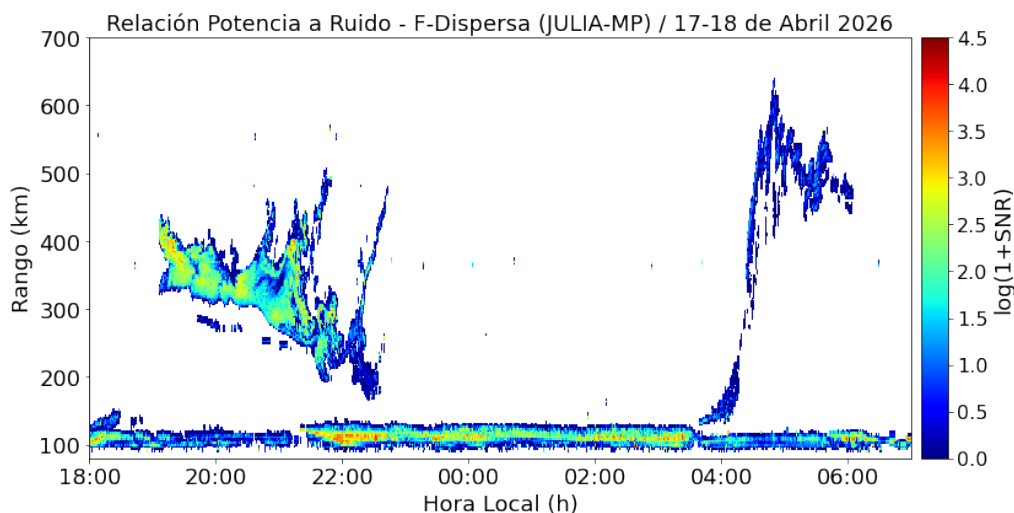


Figura 1. Irregularidad del tipo Post-midnight observada, luego de la medianoche, durante la ocurrencia de la tormenta geomagnética de clase G1 ocurrida del 18 al 20 de abril.

Tabla 1. Resumen de las mediciones de parámetros ionosféricos y condiciones predominantes del clima espacial del mes de abril 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: 140	Tarapoto: 74	Mín.	Máx.
Min: 71.1 S Máx: 41.2 N	Min: 41.0 O Máx: 7.5 E	Huancayo: 150	Piura: 75	-26	21
		Arequipa: 75			

ACTIVIDAD GEOMAGNÉTICA: TRANQUILA A: 8 % M: 10 % T: 82 %	ACTIVIDAD SOLAR: MODERADA A: 10 % M: 73 % B: 17 %
--	---

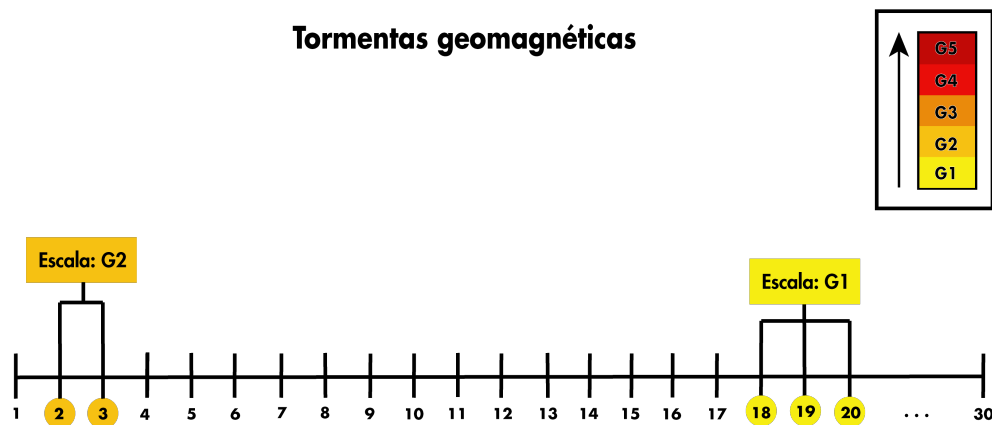


Figura 2. Intensidad de las tormentas geomagnéticas del mes de abril.

¿SABÍAS QUÉ?

En los años 1960, las líneas del campo magnético terrestre atravesaban la diagonal del radar principal del Radio Observatorio de Jicamarca entre norte y sur.

Sin embargo, tras el paso de los años se observaron variaciones del campo magnético hacia el oeste. En la Figura 3 se muestra la variación del campo magnético horizontal respecto a la diagonal del radar.

Diversos experimentos fueron realizados para analizar este fenómeno como [1] y [2], donde se corroboraron estas variaciones.

Además, estos estudios contribuyeron a una mejor comprensión de la dinámica del electrochorro ecuatorial y de los mecanismos físicos responsables de la generación y evolución de las irregularidades ionosféricas observadas por el radar.

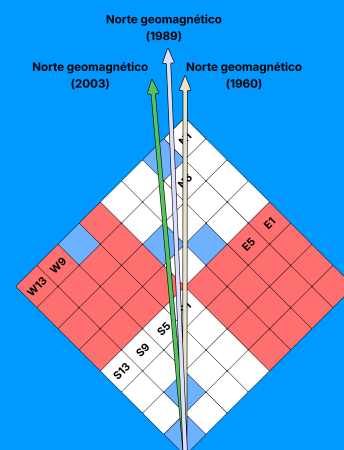


Figura 3. Variación del campo magnético terrestre en el radar principal de Jicamarca, conforme el transcurso de los años. Se puede observar la variación de la inclinación del campo magnético para los años 1960, 1989 y 2003 (imagen adaptada de [2]).

1. Climatología del mes

La actividad geomagnética (índice Kp[3] fue predominantemente tranquila durante el 82% del tiempo, moderada el 10% y alta el 8%; por otro lado, la actividad solar (índice F10.7[4]) fue alta el 10% del tiempo, moderada el 73% y alta el 17% (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)[5], lo cual es consistente con lo observado en nuestras mediciones. Para los meses cercanos al equinoccio de marzo (febrero, marzo, abril), en un régimen de actividad solar moderada o

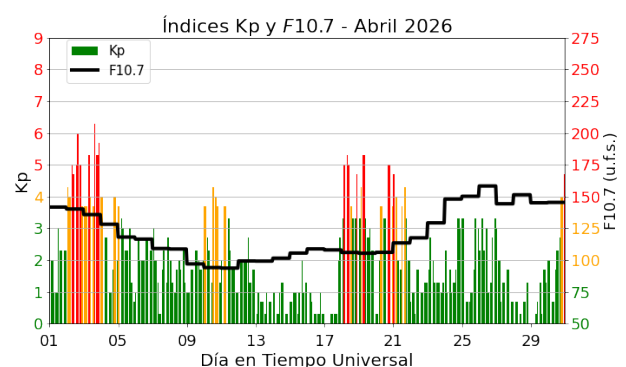


Figura 4. Valores de los índices Kp y F10.7 cm (u.f.s. = $10^{-22} \text{Wm}^{-2} \text{Hz}^{-1}$) para el mes de abril. Extraídos de OMNIWeb.

alta, se espera una mayor ocurrencia de F-dispersa en el intervalo previo a la medianoche[6]. Las mediciones muestran una buena concordancia con la climatología esperada. Asimismo, la climatología de abril 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[7], 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. Por ejemplo, una de las diferencias se registra durante la noche en donde el modelo no sigue el decremento de derivas verticales observado alrededor de las 20:00 horas.

Estudios climatológicos indican que en los meses cercanos al equinoccio de marzo los ecos de 150 km aparecen alrededor de las 08:30 horas, y desaparecen pasadas las 15:30 horas distribuyéndose típicamente entre los 140 km y los 170 km de altura. En el presente periodo, se observa que la altura máxima de aparición excede en aproximadamente 5 km el valor esperado mientras que la altura mínima de aparición coincide con la climatología. Además, estas irregularidades se presentan diez minutos antes y persisten hasta una hora después de lo esperado.

2. Tormentas geomagnéticas

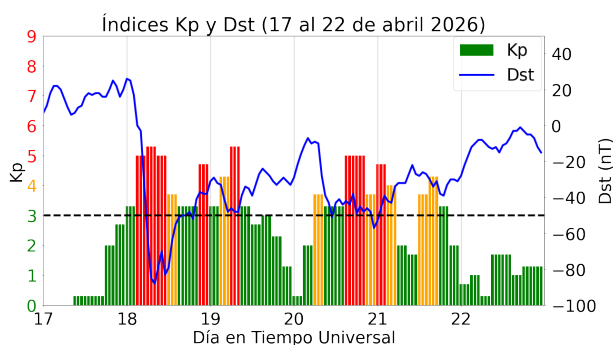


Figura 5. Índices geomagnéticos Kp y Dst del 17 al 22 de abril. La línea horizontal negra representa el valor de Dst igual a -50 nT.

La actividad solar moderada a alta se manifestó en la ocurrencia de 2 tormentas geomagnéticas, registradas

los días 02-03 y 18-20 de abril, la primera clasificada como clase G2 y la segunda como clase G1. Ambas tormentas fueron producidas por el arribo de vientos solares rápidos. La primera tormenta de tipo G2, produjo una disminución del índice Dst hasta -84 nT el día 03 de abril a las 17:00 horas (22:00 horas UTC), mientras que la segunda produjo que el índice Dst disminuya hasta -88 nT el día 18 de abril a las 03:00 horas (08:00 horas UTC), como se muestra en la [Figura 5](#).

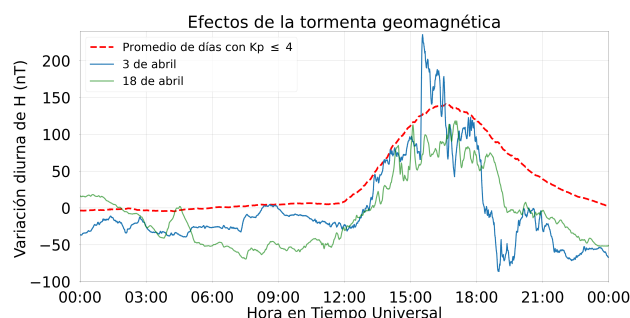


Figura 6. Efectos de las tormentas geomagnéticas G2 y G1 sobre la variación diurna de H en la estación geomagnética de Jicamarca, ocurridas del 2 al 3 y del 18 al 20 de abril, respectivamente.

La tormenta geomagnética G2 del 02 al 03 de abril y la tormenta geomagnética G1 del 18 al 20 de abril 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 geomagnéticamente tranquilos (curva roja), se observaron desviaciones notables en las mediciones correspondientes a ambos eventos, representadas por la curva azul para la tormenta G2 y la curva verde para la tormenta G1. En particular, durante la tormenta G2 se registró un valor máximo de 235 nT a las 10:33 horas (15:33 horas UTC) y un valor mínimo de -86 nT a las 13:59 horas del 03 de abril (18:59 horas UTC). Por otro lado, durante la tormenta G1 se registró un valor máximo de 118 nT a las 12:02 horas (17:02 horas UTC) y un valor mínimo de -69 nT a las 02:30 horas del 20 de abril (07:30 horas UTC).

Por otro lado, con el radar principal en su modo JULIA-MP se detectó una irregularidad ionosférica del tipo post-midnight que se desarrolló alrededor de las 04:00 horas del 18 de abril, con una duración aproximada de 2 horas y alcanzando alturas de hasta 600 km ([Figura 1](#)). Este tipo de irregularidad no es típico bajo condiciones solares moderadas, por lo tanto, su ocurrencia podría estar asociada a las condiciones geomagnéticamente perturbadas generadas por la tormenta G1 iniciada el 18 de abril. Además, se debe notar que los ecos observados alrededor de los 100 km son las observaciones del

electrochorro ecuatorial y que su ancho en rango disminuye antes del desarrollo de la irregularidad tipo post-midnight.

3. Observaciones de la alta atmósfera con radares

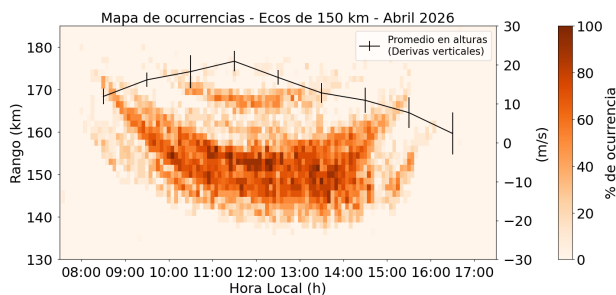


Figura 7. Mapa de ocurrencias de los ecos de 150 km y el promedio en alturas de sus derivas verticales durante los días geomagnéticamente tranquilos.

Se logró monitorear 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 7 se observa que los ecos aparecen alrededor de las 08:50 horas y desaparecen alrededor de las 16:30 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[8]), dado que el inicio de los ecos de 150 km ocurre aproximadamente 10 minutos después de lo esperado, mientras que su desaparición se retrasa cerca de una hora. Además, la altura máxima de ocurrencia excede en aproximadamente 5 km lo esperado.

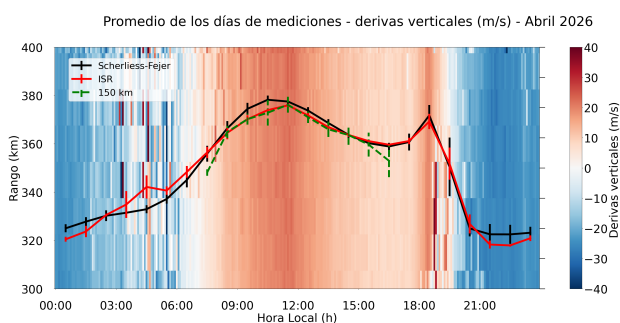


Figura 8. Promedio de las derivas verticales ISR para los días geomagnéticamente tranquilos de abril. La curva roja representa el promedio en alturas entre los 300 km y 400 km y la curva negra, las predicciones del modelo de Scherliess-Fejer.

En relación con las derivas verticales de plasma, se realizaron mediciones durante 13 días

geomagnéticamente tranquilos (8 días completos y 5 días únicamente durante la noche) en el rango de 300 a 400 km, utilizando el radar principal del IGP-ROJ en el modo JULIA-MP. Las observaciones indican que después de medianoche las derivas de plasma presentan valores cercanos a -26 m/s (movimiento descendente), cuya magnitud disminuye progresivamente hasta invertir su dirección (movimiento ascendente) alrededor de las 07:00 horas. Posteriormente, alcanzan velocidades cercanas a 21 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[7], con velocidades próximas a 25 m/s (Figura 8). 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 04:00 horas. Finalmente, se encontró que las derivas diurnas obtenidas mediante ISR difieren en promedio en 1 m/s respecto a aquellas asociadas a los ecos de 150 km.

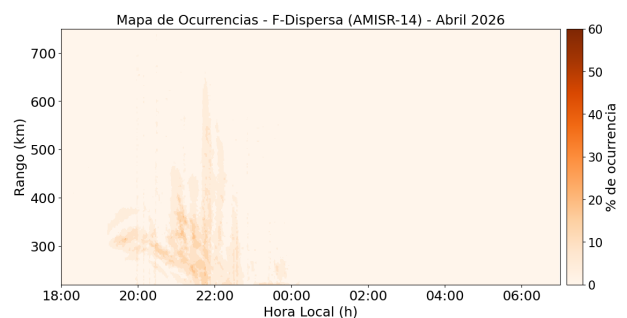


Figura 9. Mapa de ocurrencias de F-Dispersa con el radar AMISR-14 para el mes de abril.

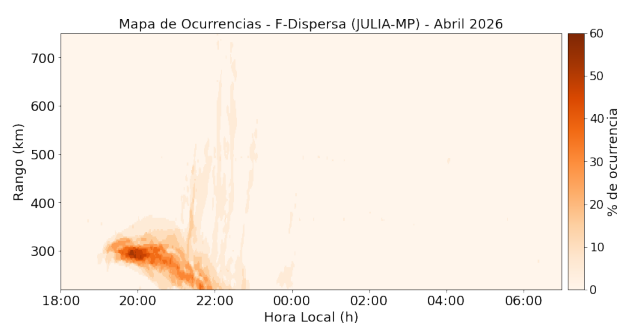


Figura 10. Mapa de ocurrencias de F-Dispersa con el radar principal en su modo JULIA-MP.

Asimismo, se realizaron 23 noches de mediciones con el sistema de radar AMISR-14[9] durante condiciones geomagnéticamente tranquilas. Durante este periodo se identificaron 8 irregularidades en la capa F, distribuidas entre los 300 y 700 km de altura,

cuyas morfologías corresponden a los tipos Pluma de radar, bottom-type y bottomside, como se muestra en la Figura 9.

Por otro lado, el radar principal operado en modo JULIA-MP funcionó durante 19 noches, durante las cuales se detectaron 16 irregularidades en el rango de 200 a 750 km. La morfología más frecuente fue la de tipo bottom-type (69 %), seguida por las de tipo bottomside (19 %) y pluma de radar (12 %), como se observa en la Figura 10.

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)[6].

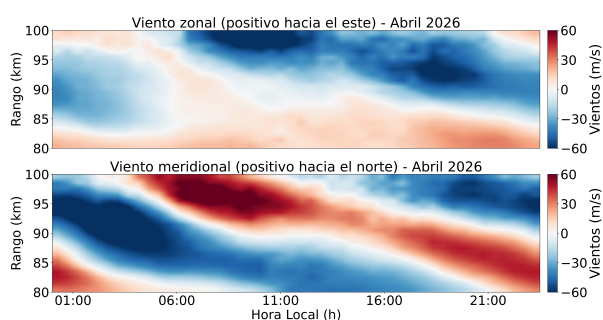


Figura 11. Promedio de los vientos zonales y meridionales durante el mes de abril del 2026.

El promedio en tiempo y altura de los vientos zonales y meridionales durante el mes de abril, como se observa en la Figura 11, 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 fue de $+7.5$ m/s alrededor de las 07:00 horas y un mínimo de -41.0 m/s cerca de las 23:00 horas. Por su parte, el viento meridional alcanza un máximo promedio de $+41.2$ m/s alrededor de las 18:30 horas y un mínimo de -71.1 m/s aproximadamente a las 03:00 horas.

En cuanto a valores extremos, el día 28 de abril se registró el máximo del viento zonal con $+67.2$ m/s a las 11:15 horas, mientras que el mínimo de -143.7 m/s se registró el día 07 de abril a las 18:45 horas. Asimismo, el 27 de abril se registró el máximo viento meridional ($+119.4$ m/s) a las 17:45 horas, mientras que el mínimo (-126.8 m/s) ocurrió a las 02:45 horas del 07 de abril.

4. Observaciones con la red de instrumentos LISN

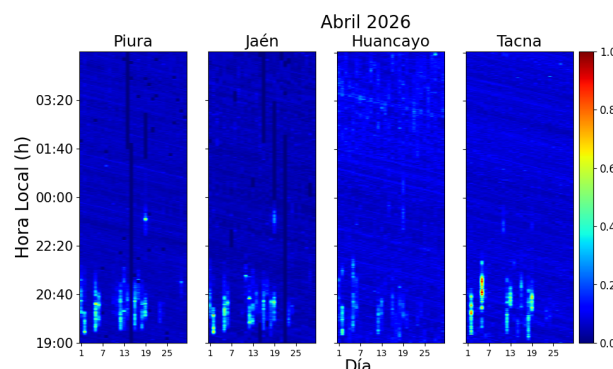


Figura 12. Valores diarios máximos de S4 para las estaciones de Piura, Jaén, Huancayo, y Tacna durante el mes de abril.

Los valores de la amplitud de las cintilaciones (índice S4) de las estaciones de Piura, Jaén, Huancayo, y Tacna se muestran en la Figura 12. Durante el periodo de estudio, los valores más altos del índice S4 se observaron entre las 19:00 y 22:00 horas en todas las estaciones. Asimismo, la mayor actividad del mes ($S4_{\text{máx}}=1.2$) se registró en la estación de Tacna el día 05 alrededor de las 21:45 horas.

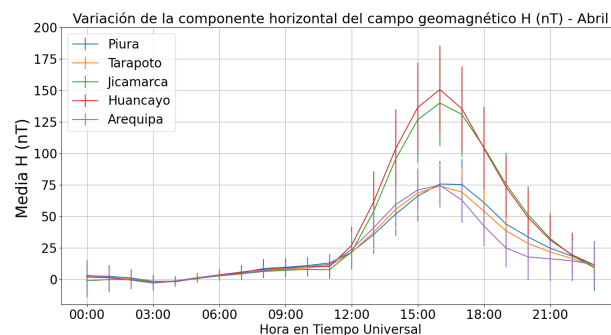


Figura 13. Valores del promedio horario de la variación diurna de H para todas las estaciones magnéticas operativas durante los días geomagnéticamente tranquilos de abril.

Las mediciones de la variación diurna de la componente horizontal del campo geomagnético (H) obtenidas en las estaciones magnéticas del IGP-ROJ durante los días geomagnéticamente tranquilos se presentan en la Figura 13. 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, 75 nT; Tarapoto, 74 nT; Huancayo, 150 nT; Jicamarca, 140 nT y Arequipa, 75 nT.

5. Conclusiones

- Durante la madrugada del 18 de abril se observó una irregularidad no esperada del tipo post-midnight que alcanzó alturas de hasta 600 km y que podría estar asociada a la tormenta geomagnética de clase G1 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 de la medianoche la actividad de cintilaciones fue alta durante la mayoría de días en todas las estaciones. Esta elevada actividad coincide con el porcentaje de ocurrencia de irregularidades observadas con el modo JULIA-MP.

6. Referencias

- [1] E. Kudeki and D. T. Farley, "Aspect sensitivity of equatorial electrojet irregularities and theoretical implications," pp. 426–434, 1989.
- [2] F. Lu, D. T. Farley, and W. E. Swartz, "Spread in aspect angles of equatorial electrojet irregularities," 2008.
- [3] "The Kp-index | Help," Oct 2020, Accessed on: Feb. 01, 2023. [Online]. Available: <https://www.spaceweatherlive.com/en/help/the-kp-index.html>
- [4] "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>
- [5] 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.
- [6] W. Zhan, F. S. Rodrigues, and M. A. Milla, "On the genesis of postmidnight equatorial spread F: Results for the American/Peruvian sector," *Geophysical Research Letters*, vol. 45, no. 15, pp. 7354–7361, 2018.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] "Instituto Geofísico del Perú, Realtime at Jicamarca," Aug. 2022, [Online; accessed 29. Aug. 2022]. [Online]. Available: <https://www.igp.gob.pe/observatorios/radio-observatorio-jicamarca/realtime/tools>

Elaborado por:

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

Diseño y diagramación:

Bach. Anette De la Cruz Meza

Colaboradores:

Mag. César De la Jara Sánchez
Mag. Karim Kuyeng Ruiz

Contacto:

roj@igp.gob.pe