



LA ALTA ATMÓSFERA SOBRE EL PERÚ

ENERO 2026



Durante el mes de enero de 2026 fuimos testigos de 5 tormentas geomagnéticas, 4 de clase G1 y una de clase G4 acontecida entre el 19 y el 22 de enero. La de mayor intensidad (G4) tuvo un impacto significativo en las velocidades verticales de plasma, en donde a partir del mediodía del día 19 de enero se observan oscilaciones en las velocidades que difieren del promedio durante días geomagnéticamente tranquilos. Las velocidades de plasma alcanzaron valores de hasta 40 m/s a las 15:15 horas y de -64 m/s a las 19:15 horas. Además, el fenómeno del pre-reversal enhancement no fue observado a diferencia de su ocurrencia durante los días tranquilos (Figura 1).

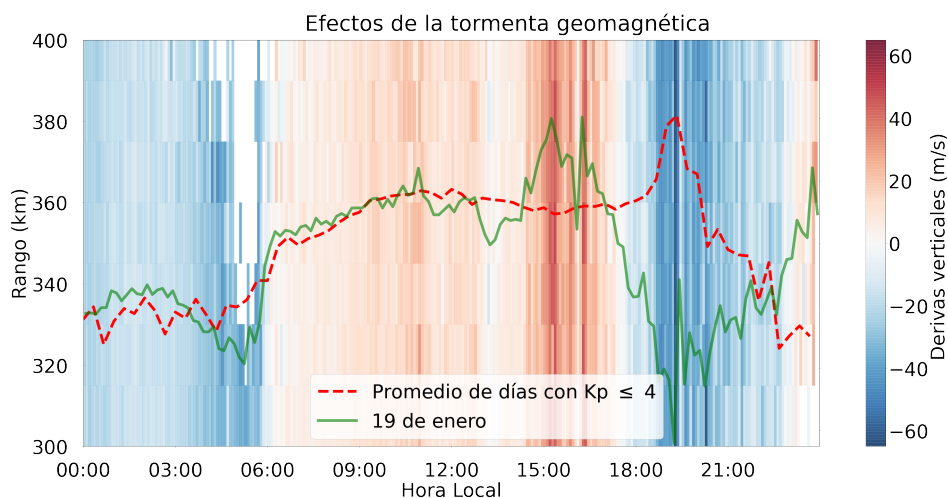


Figura 1. Efectos de la tormenta geomagnética de clase G4, ocurrida el 19-22 de enero, sobre las derivas verticales ISR.

Tabla 1. Resumen de las mediciones de parámetros ionosféricos y condiciones predominantes del clima espacial del mes de enero 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	LIM:132	TPP:72	Mín.	Máx.
Mín: 27.7 S	Mín: 24.2 O	HYO: 129	PIU: 77	-30	29
Máx: 36.5 N	Máx: 8.3 E	AQP: 77			
ACTIVIDAD GEOMAGNÉTICA: TRANQUILA				ACTIVIDAD SOLAR: MODERADA	
A: 10 % M: 17 % T: 73 %				A: 42 % M: 58 % B: 0 %	

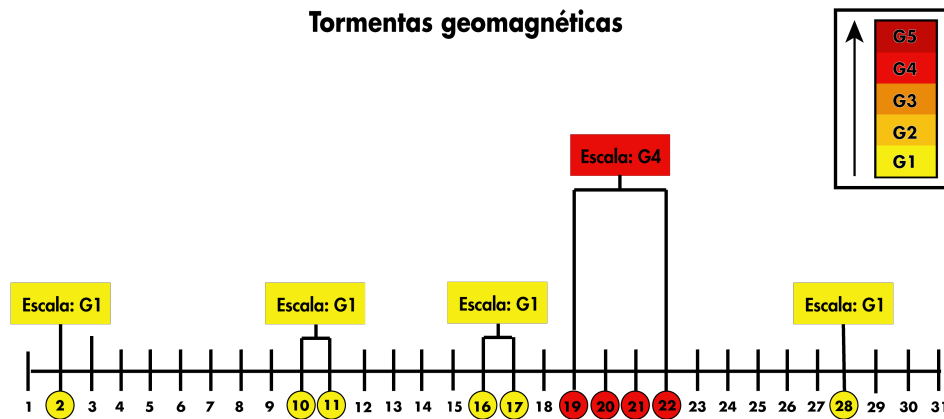


Figura 2. Intensidad de las tormentas geomagnéticas del mes de enero.

¿SABÍAS QUÉ?

Las tormentas de radiación solar ocurren cuando erupciones magnéticas aceleran partículas cargadas en la atmósfera solar hasta que éstas alcanzan altas velocidades. Por ejemplo, los protones pueden ser acelerados hasta alcanzar velocidades cercanas a la velocidad de la luz en el vacío. Estas partículas pueden llegar a la tierra en aproximadamente 10 minutos y penetrar la magnetósfera que protege la Tierra de partículas cargadas de baja energía. La NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) categoriza las tormentas de radiación solar en una escala de S1 a S5, siendo la escala S1 la más baja. Esta escala se basa en mediciones de protones energéticos estimados por el satélite GOES, en donde el comienzo de una tormenta de radiación solar es definido como el momento cuando el flujo de protones a energías mayores o iguales a los 10 MeV exceden las 10 unidades de flujo de protones ($1 \text{ ufp} = 1 \text{ partícula} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ster}^{-1}$), mientras que el final se define como el último momento en que se superan los 10 ufp[1]. El impacto de estas partículas pueden perturbar las condiciones geomagnéticas en la

Tierra y producir auroras, como ocurrió el 19 de enero del 2026 cuando ocurrió una tormenta de radiación solar la cual alcanzó un nivel S4 a las 14:15 horas (19:15 horas UT) ocasionando una tormenta geomagnética de clase G4 la cual produjo auroras boreales que pudieron ser observadas inusualmente a medias latitudes[2](Figura 3).



Figura 3. Inusual aurora observada en Países Bajos. Imagen extraída de la agencia espacial europea (ESA)[2].

1. Climatología del mes

La actividad geomagnética (índice Kp[3]) fue predominantemente tranquila en un 73 % del tiempo, moderada en un 17 % y alta en un 10 %; por otro lado, la actividad solar (índice F10.7[4]) fue alta un 42 % del tiempo y 58 % moderada (Figura 4 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)[5], lo que se refleja en nuestras mediciones.

Para los meses cercanos al solsticio de diciembre (no-

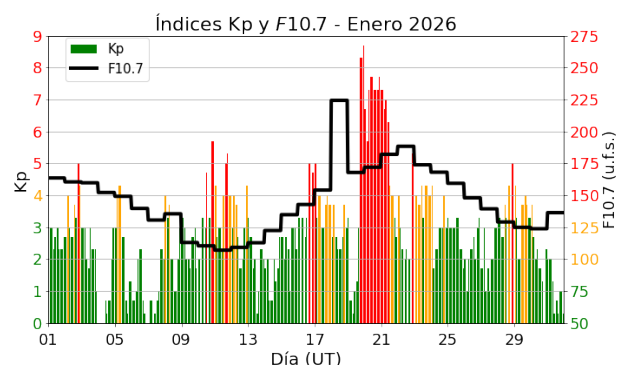


Figura 4. Valores de los índices Kp y F10.7 $\text{cm} \text{ (u.f.s.} = 10^{-22} \text{Wm}^{-2} \text{Hz}^{-1})$ para el mes de enero. Extraídos de OMNIWeb.

viembre, diciembre, enero), en un régimen de actividad solar moderada o alta, se espera que la ocurrencia de F-Dispersa sea mayor al 50% para las horas anteriores a la medianoche[6]. Las mediciones muestran una buena concordancia con la climatología.

Asimismo, la climatología de enero para un régimen de actividad solar moderada (dada por el modelo de Scherliess-Fejer) indica que el promedio en altura (300-400 km) de las derivas verticales de plasma tiene un valor cercano a los -20 m/s pasada la medianoche, cuya magnitud incrementa hasta llegar a un valor de cerca de 16 m/s a las 10:00 horas. Posteriormente, estos valores disminuyen hasta 5 m/s a las 15:00 horas, cuando vuelven a incrementar temporalmente debido al fenómeno de pre-reversal enhancement[7], hasta 19 m/s a las 18:00 horas, para finalmente decrecer hasta los -19 m/s antes de la medianoche. Los valores indicados por la climatología muestran moderada concordancia con las mediciones, donde antes (después) de las 10:00 horas las predicciones sobrestiman (subestiman) las velocidades, además la hora de ocurrencia del pre-reversal enhancement ocurre una hora después que lo esperado.

Estudios climatológicos indican que cerca a los meses del solsticio de diciembre los Ecos de 150 km aparecen antes de las 08:00 horas, desaparecen alrededor de las 16:00 horas, y están contenidos entre los 138 km y al menos hasta los 170 km de altura. La climatología para el periodo anterior a las 08:00 horas no ha podido ser estudiada debido al horario de operación del radar (08:00 - 17:00 horas)[8], como consecuencia tampoco se ha podido determinar la altura máxima a la cual se desarrollan los ecos durante el solsticio de diciembre. En este periodo, encontramos que la mínima altura de aparición es igual a lo esperado. Además, la hora desaparición de estas irregularidades ocurren media hora después en las mediciones.

2. Tormentas geomagnéticas

La moderada/alta actividad solar se manifestó en la ocurrencia de 5 tormentas geomagnéticas, las cuales acontecieron los días 02, 10-11, 16-17, 19-22, y 28 de enero. Todas fueron clasificadas como clase G1, a excepción a la del periodo del 19 al 22 de enero que fue clasificada como G4. La tormenta más intensa alcanzó la clasificación G4 el día 19 de enero a las 14:38 horas debido al arribo de una eyección de masa coronal (CME)[9]. Además, como consecuencia el índice Dst durante esta tormenta disminuyó hasta -218 nT el día 20 de enero a las 09:00 horas (Figura 5).

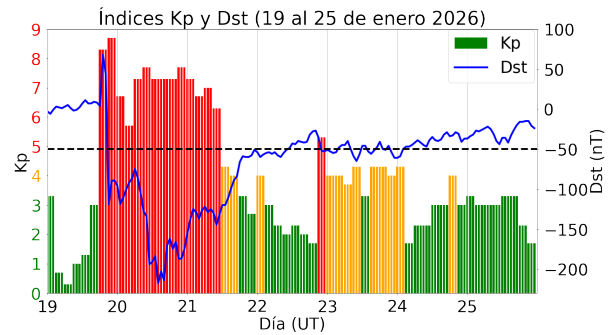


Figura 5. Índices geomagnéticos Kp y Dst del 19 al 25 de enero. La línea horizontal negra representa el valor de Dst igual a -50 nT.

La tormenta geomagnética G4 del 19-22 de enero produjo perturbaciones en las mediciones de la variación diurna de la componente horizontal del campo magnético terrestre (H) en la estación de Jicamarca (Figura 6). Como consecuencia, se registraron valores atípicos (curva verde) a comparación del promedio de los días geomagnéticamente tranquilos (curva roja). El valor máximo alcanzado fue de 233 nT a las 14:26 horas (19:26 horas UTC), mientras que el mínimo valor registrado fue de -284 nT a las 16:44 horas (21:44 horas UTC).

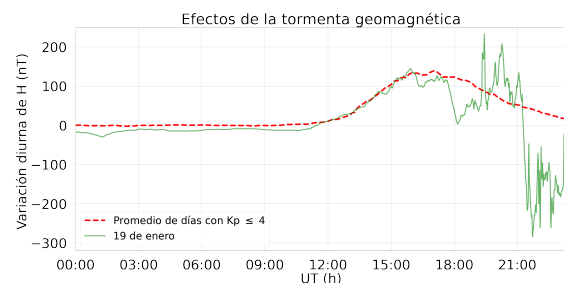


Figura 6. Efectos de la tormenta geomagnética G4, ocurrida el 19-22 de enero, sobre la variación diurna de H de la estación geomagnética de Jicamarca.

Similares perturbaciones fueron detectadas en las estimaciones de las derivas verticales ISR (Figura 1) medidas con el radar principal del Radio Observatorio de Jicamarca, sede del Instituto Geofísico del Perú (IGP-ROJ). Se observa que las derivas verticales de plasma mantuvieron un movimiento similar al promedio mensual (curva verde) pero que antes del mediodía las velocidades comienzan a descender hasta alcanzar valores negativos a las 13:15 horas, para luego incrementar súbitamente hasta alcanzar dos máximos con velocidades de 40 m/s, el primero a las 15:15 horas y el segundo una hora después. Además, luego de este último máximo valor se observó que las velocidades disminuyeron hasta un valor de -64 m/s a las 19:15 horas y que el fenómeno del pre-reversal enhancement no fue generado.

3. Observaciones de la alta atmósfera con radares

Se logró monitorear el comportamiento de las derivas verticales y la ocurrencia de los Ecos de 150 km durante 13 días 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 inician alrededor de las 08:00 horas y desaparecen alrededor de las 16:30 horas, los cuales están contenidos entre los 138 km y los 172 km de altura. Este comportamiento presenta una discrepancia respecto a lo predicho por la climatología (realizada con el modo JULIA[8]) ya que las mediciones muestran que los ecos desaparecen media hora después de lo esperado.

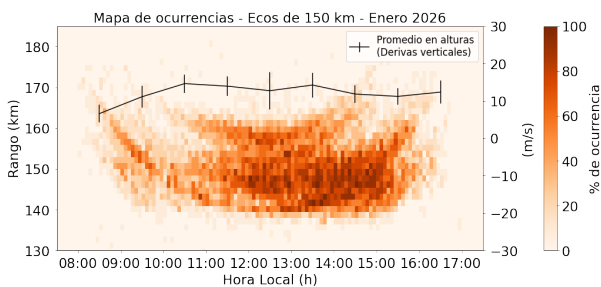


Figura 7. Mapa de ocurrencias de los Ecos de 150 km y el promedio en alturas de sus derivas verticales durante los días geomagnéticamente tranquilos.

En relación con las derivas verticales de plasma, se realizaron mediciones durante 21 días geomagnéticamente tranquilos (13 días completos y 8 días solo durante la noche) entre los 300 km y 400 km haciendo uso del radar principal del IGP-ROJ con el modo JULIA-MP. Las mediciones muestran que el promedio de las derivas verticales iniciaron alrededor de -25 m/s (movimiento descendente) después de la medianoche, disminuyendo progresivamente su magnitud hasta invertir su dirección (movimiento ascendente) alrededor de las 07:00 horas. Posteriormente, alcanzaron velocidades cercanas a 16 m/s hacia las 10:00 horas, para luego disminuir hasta el incremento súbito observado a las 19:00 horas, asociado al fenómeno conocido como pre-reversal enhancement[7], con velocidades próximas a 29 m/s ([Figura 8](#)). Las velocidades estimadas por el modelo de Scherliess-Fejer muestran moderada concordancia con las mediciones. Antes de las 10:00 horas, las velocidades medidas son aproximadamente 4 m/s inferiores que lo predicho, mientras que las velocidades luego de las 10:00 horas son, en promedio, 6 m/s superiores que lo esperado. Finalmente, se observó que las derivas diurnas obtenidas mediante ISR se diferencian en promedio 1.16 m/s de las derivas asociadas a los Ecos de 150 km.

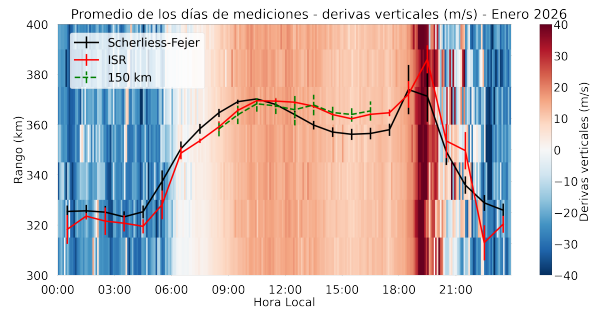


Figura 8. Promedio de las derivas verticales ISR para los días geomagnéticamente tranquilos de enero. La curva roja representa el promedio en alturas entre los 300 km y 400 km y la curva negra, las predicciones del modelo de Scherliess-Fejer.

Asimismo, se realizaron 13 noches de mediciones con el sistema de radar AMISR-14[10] durante días geomagnéticamente tranquilos, periodo durante el cual solo se observaron la presencia de 17 irregularidades en la Capa F, entre los 300 km y 800 km de altura, donde las morfologías observadas fueron del tipo Pluma de radar, Bottom-type, Post-midnight y Bottomside, como se aprecia en la [Figura 9](#). Además, el sistema del radar principal en su modo JULIA-MP funcionó durante 19 noches, durante las cuales se detectaron 25 irregularidades entre los 200 km y los 900 km, siendo la morfología más frecuente la del tipo Pluma de radar, con 60 %, seguida por la de tipo Post-midnight con 20 %, Bottomside con 16 %, y Bottom-type con 4 %, como se aprecia en la [Figura 10](#).

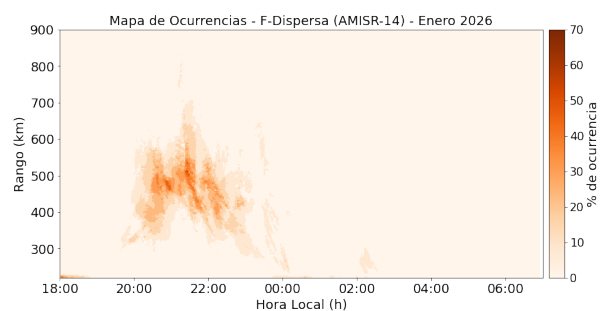


Figura 9. Mapa de ocurrencias de F-Dispersa con el radar AMISR-14.

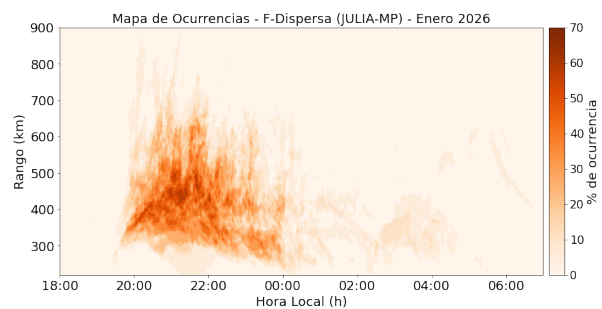


Figura 10. Mapa de ocurrencias de F-Dispersa con el radar principal en su modo JULIA-MP.

La diferencia en el número de irregularidades detectadas por ambos sistemas puede atribuirse a que no necesariamente operaron durante la mismas noches o que en algunas ocasiones solo el radar principal en su modo JULIA-MP logró detectar irregularidades probablemente por su frecuencia de operación (50 MHz) diferente a la del radar AMISR-14 (445 MHz), además de que ambos radares no apuntan a la misma región de la ionosfera. Además, sólo las observaciones del sistema JULIA-MP concuerdan con lo señalado por la climatología (realizada con el modo JULIA)[6].

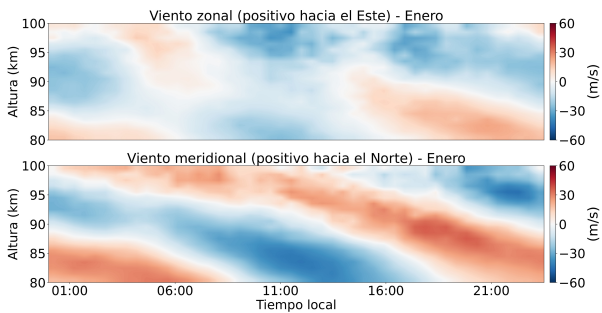


Figura 11. Promedio de los vientos zonales y meridionales durante el mes de enero del 2026.

El promedio en tiempo y altura de los vientos zonales y meridionales para el mes de enero, como se aprecia en la Figura 11, muestra periodos predominantes de 12 horas y 24 horas (marea solar semidiurna y diurna, respectivamente). En la mesopausa (~90 km) se observa que el valor del viento zonal promedio máximo fue de +8.3 m/s a las 15:30 horas y el promedio mínimo de -24.2 m/s a las 00:00 horas, mientras que el valor del viento meridional promedio máximo fue de +36.5 m/s a las 18:00 horas y el promedio mínimo de -27.7 m/s a las 07:00 horas. El viento zonal máximo fue de +114.9 m/s a las 05:15 horas del día 03 de enero y el mínimo -121.9 m/s a las 12:45 horas del día 18 de enero, mientras que el viento meridional máximo fue +121.5 m/s a las 19:15 horas del día 20 de enero y el mínimo -135.9 m/s a las 01:45 horas del día 21 de enero.

4. Observaciones con la red de instrumentos LISN

Los valores de la amplitud de las cintilaciones GPS (índice S4) de las estaciones de Piura, Pucallpa, Jicamarca, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Huancayo, Ayacucho, y Tacna se muestran en la Figura 12. Durante el periodo de estudio se observaron valores bajos, moderados y altos entre las 19:00 y 23:00 horas. La cantidad de días con valores altos fue similar a los meses anteriores, lo cual sigue la tendencia observada el año pasado[11]. Además, la mayor actividad del mes ($S4_{m\acute{a}x}=1.9$) se produjo en la estación de Tacna el día 27 a las 21:00 horas aproximadamente.

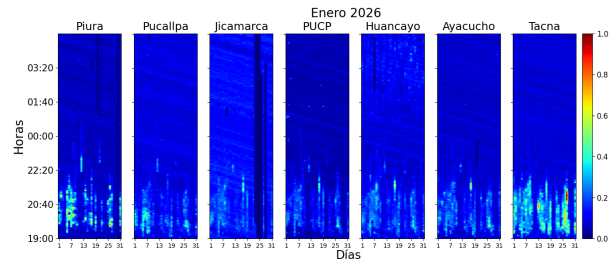


Figura 12. Valores diarios máximos de S4 para las estaciones de Piura, Pucallpa, Jicamarca, PUCP, Huancayo, Ayacucho, y Tacna durante el mes de enero.

Las mediciones de la variación diurna de la componente horizontal del campo geomagnético (H) de las estaciones magnéticas del IGP-ROJ durante los días geomagnéticamente tranquilos se presentan en la Figura 13. Aquí se aprecia que el promedio de las estaciones de Jicamarca y Huancayo estuvieron por encima de las demás debido a que se encuentran en el ecuador magnético y el Electrochorro Ecuatorial (EE) 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 enero de H por cada estación: Piura, 77 nT; Tarapoto, 72 nT; Huancayo, 129 nT; Jicamarca, 132 nT y Arequipa, 77 nT.

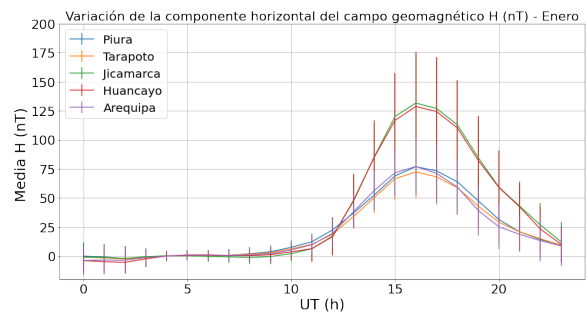


Figura 13. Valores del promedio horario de la variación diurna de H para todas las estaciones magnéticas operativas durante los días geomagnéticamente tranquilos de enero.

5. Conclusiones

- Luego del mediodía del 19 de enero, el movimiento de plasma fue perturbado debido a la tormenta geomagnética G4.
- La ocurrencia de F-Dispersa detectada por el radar principal se mantuvo en un porcentaje mayor a 60% antes de la medianoche, lo cual concuerda con la climatología.
- Las amplitudes del índice S4 muestran que para la mayoría de días la actividad fue alta antes de la medianoche, lo cual es similar a lo observado en los meses anteriores y se asemeja a lo observado

durante el año pasado para el mismo periodo. Además, la alta actividad se correlaciona con el porcentaje de ocurrencia de irregularidades observadas con el modo JULIA-MP.

6. Referencias

- [1] "Solar radiation storm," Accessed on: Mar. 02, 2026. [Online]. Available: <https://www.swpc.noaa.gov/phenomena/solar-radiation-storm>
- [2] "ESA monitoring january 2026 space weather event," Accessed on: Mar. 02, 2026. [Online]. Available: https://www.esa.int/Space_Safety/Space_weather/ESA_monitoring_January_2026_space_weather_event
- [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] "G4 (SEVERE) GEOMAGNETIC STORM LEVELS REACHED 19 JAN, 2026," Accessed on: Mar. 02, 2026. [Online]. Available: <https://www.swpc.noaa.gov/news/g4-severe-geomagnetic-storm-levels-reached-19-jan-2026>
- [10] "Instituto Geofísico del Perú, "Realtime at Jicamarca"," Aug. 2022, [Online; accessed 14. jan. 2024]. [Online]. Available: https://www.igp.gob.pe/observatorios/radio-observatorio-jicamarca/realtime/static/reports/2022/Boletin_Agosto.pdf
- [11] "Instituto Geofísico del Perú, "Realtime at Jicamarca"," Dec. 2025, Accessed on: Mar. 02, 2026. [Online]. Available: <https://www.igp.gob.pe/observatorios/radio-observatorio-jicamarca/realtime/static/reports/2026/202512.pdf>

Elaborado por:

Bach. Roberto Flores Arroyo

Diseño y diagramación:

Bach. Anette De la Cruz Meza

Colaboradores:

Mag. Karim Kuyeng Ruiz

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"**