



PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

Introducción a la Meteorología Espacial

CARRERA: LICENCIATURA EN ASTRONOMÍA – GEOFÍSICA – LICENCIATURA EN METEOROLOGÍA Y CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA

CARGA HORARIA SEMANAL: 64 HORAS DE TEORÍA Y PRÁCTICA

CARÁCTER: SEMESTRAL (2do semestre)

PROFESOR A CARGO: Amalia Meza / María Paula Natali

OBJETIVOS

La asignatura tiene como objetivo proporcionar una comprensión integral del Sol como sistema físico activo y de su rol como principal forzante del medio interplanetario, abordando los procesos fundamentales que gobiernan la meteorología espacial. Se busca que los estudiantes adquieran conocimientos básicos sobre la generación y evolución del campo magnético solar, el origen del viento solar y las eyecciones de masa coronal, así como los mecanismos físicos involucrados en la transferencia de energía y momento a través del plasma heliosférico. Asimismo, se propone el desarrollo de una visión sistémica del acoplamiento Sol-Tierra, incluyendo la dinámica de la magnetosfera, la ionosfera y la atmósfera superior, integrando conceptos de la física del plasma y la geofísica espacial.

Adicionalmente, la materia apunta a introducir a los estudiantes en los principios fundamentales de manera que sean capaces de entender las consecuencias de la variabilidad solar sobre el entorno terrestre y tecnológico, como por ejemplo el impacto de tormentas geomagnéticas en sistemas como redes eléctricas, comunicaciones y navegación satelital. Se introducirá el uso de herramientas de diagnóstico basadas en índices geomagnéticos y datos observacionales, así como a modelos de predicción del clima espacial. De este modo, se espera fomentar una formación elemental pero crítica y aplicada, que articule fundamentos teóricos con problemáticas actuales, destacando la relevancia de la meteorología espacial en contextos científicos, operativos y sociales

CONTENIDO TEMÁTICO

1. El Sol y el Medio Interplanetario

Definición de la Meteorología Espacial. Estructura del Sol: Interior solar, fotosfera y corona. Eyecciones de masa coronal. Periodicidades solares. Actividad solar. Estudio del Evento Carrington (1859). El viento solar: lento y rápido. El campo magnético interplanetario.

El objetivo es comprender al Sol como una máquina térmica y magnética que condiciona el espacio circundante de esta manera el alumno identificará las fuentes de actividad (manchas, fulguraciones y eyecciones) y los mecanismos por los cuales el plasma solar y el campo magnético viajan por el sistema solar. Se establece la base física (MHD básica) necesaria para el resto del curso.

2. La Magnetosfera y el Acoplamiento Sol-Tierra

Estructura de la Magnetosfera. Reconexión Magnética y Ciclo de Dungey. Corrientes magnetosféricas. Acoplamiento Magnetosfera-Ionosfera. Tormentas y Subtormentas Geomagnéticas. Índices Geomagnéticos.

El objetivo es analizar la interacción entre el viento solar y el campo magnético terrestre (el "escudo" planetario). Se profundiza en la transferencia de energía a través de la reconexión magnética. El alumno aprenderá a diagnosticar tormentas geomagnéticas mediante el uso de índices profesionales (por ejemplo: Kp y Dst), comprendiendo cómo la energía solar se almacena y libera en el entorno terrestre.

3. La Ionosfera y la Atmósfera Superior

La Ionosfera. Procesos físicos en la ionosfera y Estructura Ionosférica. Variabilidades periódicas y esporádicas. Anomalía Ecuatorial (EIA). Perturbaciones Ionosféricas de propagación: Centelleo y TIDs. Acoplamiento Atmósfera-Ionosfera.

El objetivo es estudiar la respuesta de las capas fluidas y cargadas de la Tierra ante la radiación y las partículas solares. Se analizan las variaciones de la densidad electrónica y cómo estas afectan la propagación de ondas de radio y las señales de satélite, introduciendo el concepto de "clima" en las capas altas de la atmósfera.

4. Impactos, Escalas y Pronóstico

GICs en Redes Eléctricas y Ductos. Errores en GNSS/GPS y Comunicaciones HF. Escalas de la NOAA (G, S, R).

El objetivo es dar a conocer cómo se vincula el conocimiento científico a la gestión de riesgos tecnológicos y la predicción operativa. El alumno se capacita en el uso de las escalas de la NOAA (G, S, R) para emitir alertas. Se evalúan los impactos reales en redes eléctricas, GPS y aviación.



BIBLIOGRAFÍA

- Gonzalez, W. D., J. A. Joselyn, Y. Kamide, H. W. Kroehl, G. Rostoker, B. T. Tsurutani, and V. M. Vasylunas (1994). What is a geomagnetic storm?, *J. Geophys. Res.*, 99(A4), 5771–5792, doi:10.1029/93JA02867.
- Caraballo, R., Gonzalez-Esparza, J. A., Sergeeva, M. A., & Pacheco, C. R. (2020). First GIC estimates for the mexican power grid. *Space Weather*, 18, e2019SW002260. <https://doi.org/10.1029/2019SW002260>.
- Hargreaves, J. K. (1992). *The solar-terrestrial environment*. Cambridge University Press.
- Jin, S., J. Park, J. Wang, B. Choi, P. Park. (2006). Electron density proles derived from ground-based gps observations, *Journal of Navigation* 59 (3), pp. 395-401. doi:10.1017/S0373463306003821.
- Kelley, M. C. (2009). *The Earth's Ionosphere: Plasma Physics and Electrodynamics* (2nd ed.). Academic Press.
- Moldwin, Mark (2008). *An Introduction to Space Weather*. Cambridge University Press.
- Laštovička, J., “Forcing of the ionosphere by waves from below”, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, vol. 68, no. 3–5, Elsevier, pp. 479–497, 2006. doi:10.1016/j.jastp.2005.01.018.
- Mendoza, L.P.O., Meza, A.M., Aragón Paz, J.M., 2019. A multi-GNSS, multi-frequency and near real-time ionospheric TEC monitoring system for South America. *Space Weather* 17, 654–661. doi: 10.1029/2019SW002187.
- Nykiel, G., Cahuasquí, J. A., Hoque, M. M., & Jakowski, N. (2024). Relationship between GIX, SIDX, and ROTI ionospheric indices and GNSS precise positioning results under geomagnetic storms. *GPS Solutions*, 28(2), 69.
- Pirjola, R. (1985). On currents induced in power transmission systems during geomagnetic variations. *IEEE Power Engineering Review*, PER-5(10), 42–43. <https://doi.org/10.1109/MPER.1985.5528697>
- Prölss, G. W. (2004). *Physics of the Earth's Space Environment: An Introduction*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Schrijver, C. J. , K. Kauristie, A. D. Aylward, C. M. Denardini, S. E. Gibson, A. Glover, N. Gopalswamy, M. Grande, M. Hapgood, D. Heynderickx, N. Jakowski, V. V. Kalegaev, G. Lapenta, J. A. Linker, S. Liu, C. H. Mandrini, I. R. Mann, T. Nagatsuma, D. Nandy, T. Obara, T. P. O'Brien, T. Onsager, H. J. Opgenoorth, M. Terkildsen, C. E. Valladares, N. Vilmer, *Understanding space weather to shield society: A global road map for 2015-2025 commissioned by cospar and ilws*, *Advances in Space Research* 55 (12) (2015) 2745 - 2807.
- Urutti, A., Meza, A. M., and Picanço, G. A. S. (2026). Integrated performance of ionospheric indices in South America during the Saint Patrick's Day geomagnetic storm, *Advances in Space Research*, vol. 77, no. 6, Elsevier, pp. 7290–7299, 2026. doi:10.1016/j.asr.2026.01.046.