

## **Física de la Atmósfera y Meteorología**

### **Objetivos**

Esta asignatura corresponde al primer semestre del 4º año de la carrera de Geofísica y está planteada con un carácter conceptual y general. Su principal objetivo es introducir al estudiante en el conocimiento de:

- características generales de la atmósfera y procesos que en ella tienen lugar, con particular énfasis en la tropósfera;
- las variables y ecuaciones que describen el estado de la atmósfera en diferentes escalas espacio-temporales;
- vocabulario, herramientas y aplicaciones propias de la meteorología como disciplina.

### **Estructura de la asignatura**

La materia se divide en dos grandes partes:

1) Física Aplicada a la Atmósfera: en la primera parte se recorren los fundamentos de la física que se aplican al fluido que nos rodea, para conocer algunas de sus características principales a través de las ecuaciones que se obtienen.

2) Meteorología según la escala: en la segunda parte se describe cómo se separan los campos de estudio de la meteorología, donde el concepto transversal es la escala espacial/temporal.

Además, la materia incluye dos unidades, una al comienzo y otra al final, a modo de introducción y cierre, con una caracterización general de la atmósfera y de la información meteorológica.

### **Modalidad**

La asignatura se dicta mediante clases teóricas (4 hs semanales) y clases prácticas (4 hs semanales). Complementariamente se proponen actividades fuera de programa tales como charlas de temas vinculados a la asignatura, visitas fuera de la Facultad y muestra de instrumental.

### **Contenido analítico**

#### 1. La Atmósfera.

Origen y evolución. Características generales: composición, distribución de masa, estructura vertical según temperatura. Modelo de atmósfera estándar. Escalas de los fenómenos atmosféricos. Breve reseña histórica de la meteorología.

#### 2. Radiación atmosférica.

Conceptos de radiación térmica: mecanismos de transferencia de energía térmica (conducción, convección y radiación), espectro electromagnético, radiación de cuerpo negro (leyes de Planck, Wien y Stefan-Boltzman), interacción de la radiación con la materia (reflexión, absorción, transmisión). Características de la radiación solar

(onda corta) y de la terrestre (onda larga). Absorción selectiva de gases: efecto invernadero y capa de ozono. Fenómenos ópticos en la atmósfera (dispersión de Rayleigh y de Mie, y óptica geométrica). Distribución de la energía térmica en la atmósfera: modelos simples de balance de radiación, balance de energía a nivel global y por latitud.

3. Termodinámica de la atmósfera.

Breve repaso de termodinámica: leyes de gases ideales, de Dalton y primera de la termodinámica, transformaciones adiabáticas (ecuación de Poisson). El agua y sus transformaciones (diagrama de Clausius-Clapeyron). Variables que caracterizan al aire húmedo. Atmósfera hidrostática: ecuación hipsométrica. Atmósfera adiabática: temperatura potencial y gradientes adiabáticos. Procesos de saturación en la atmósfera: enfriamientos isobárico e isentálpico, mezcla de masas y ascenso. Estabilidad vertical en la atmósfera: método de la parcela. Nieblas y nubes. Ejemplo de diagramas aerológicos (skewT-logP): determinación de variables, niveles característicos y energía para la convección.

4. Dinámica de la atmósfera.

Descripción cinemática del campo de vientos: denominaciones del viento, trayectoria y línea de corriente, coordenadas naturales, propiedades cinemáticas (divergencia, vorticidad y deformación), cambios temporales de una variable continua (perspectivas lagrangiana y euleriana, advección). Fuerzas involucradas en el movimiento del aire (absolutas y aparentes). Ecuaciones de conservación (momento, masa y energía) en coordenadas cartesianas e isobáricas. Análisis de escala (balances hidrostático y geostrofico). Relación de viento térmico. Flujos balanceados (vientos inercial, ciclostrófico y gradiente). Conservación de la vorticidad (vorticidad potencial y ecuación de la vorticidad).

5. Meteorología en gran escala (planetaria).

Concepto de clima. El sistema climático. Circulación general de la atmósfera: transporte de energía a diferentes latitudes, mecanismos de circulación (cuplas de presión, celdas térmicas, geostrofismo), modelos de una y tres celdas, variación estacional. Campos globales de presión y precipitaciones en superficie. Viento en altura: corriente en chorro (jet polar y subtropical) y ondas de Rossby. El clima presente: factores que dominan la climatología de un lugar, clasificación de Köppen. Oscilaciones naturales: El Niño-Oscilación del Sur y otros ejemplos. Causas naturales de la variación del clima: órbita terrestre, actividad solar, tectónica. Mecanismos de retroalimentación (*feedback*). Estudio del Cambio Climático Global. El clima en el pasado: métodos de la paleoclimatología.

6. Meteorología en escalas medias (sinóptica y mesoescala).

Fenómenos de las escalas intermedias y su relación con el tiempo meteorológico. Masas de aire y frentes: características y clasificaciones. Ciclones extratropicales: estructura horizontal y vertical, formación (ciclogénesis) y evolución, relación con fenómenos de mayor escala. Ciclones tropicales (huracanes): condiciones para su formación, características y clasificación. Tormentas: formación y evolución, tipos (unicelular, multicelular, sistemas convectivos de mesoescala, superceldas). Tornados: características y clasificación. Ejemplos de vientos locales: brisa mar-tierra y brisa de valle-montaña. Vientos regionales en Argentina: sudestada, pampero y zonda. Elaboración de un pronóstico: características de la predicción numérica del tiempo y diferentes tipos de pronósticos. Productos elaborados por el Servicio Meteorológico Nacional de Argentina.

## 7. Meteorología en pequeña escala (microescala).

Estudios de la micrometeorología. Capa límite planetaria (CLP): características e interacción con la atmósfera libre. Balance de energía en superficie: evolución de la temperatura del aire en superficie (temperatura mínima y máxima), caracterización de los flujos no radiativos. Turbulencia atmosférica: la energía turbulenta, caracterización y mecanismos de generación. Evolución diaria de la CLP, perfil vertical de temperatura y de viento. Modelos de viento en la capa de superficie y en la capa de Ekman. Ejemplos de efectos de la superficie en el comportamiento de la CLP. Dispersión de contaminantes: naturaleza y factores que la afectan, modelado (modelo Gaussiano).

## 8. La información meteorológica.

La Organización Meteorológica Mundial y sus componentes. El sistema de observación global: información meteorológica en superficie y en el espacio. Comunicación de la información: niveles y codificación. Instrumentos en una estación de superficie (analógicos y digitales). Sensoramiento remoto activo (RADAR) y pasivo (satélites geostacionarios y de baja órbita), aplicaciones.

## Bibliografía

La mayor parte del contenido es tomado de libros de texto generales que comprenden la totalidad de los temas, desde distintos enfoques y con distinta profundidad (todos ellos en inglés).

- Ahrens, C.D. (2009) *Meteorology Today. An introduction to weather, climate, and the environment*. Brooks/Cole, 621 pp.
- Stull, R. (2011) *Meteorology for Scientists and Engineers*. 3rd Edition. Univ. of British Columbia. 938 pp.
- Wallace, J.M. y Hobbs, P.V. (2006) *Atmospheric Science. An Introductory Survey*. 2nd Edition. Academic Press., 483 pp.

También se consideran otros textos generales y específicos de cada temática en particular, que incluyen libros clásicos, publicaciones científicas y páginas de cursos por internet.

- Andrews, D.G. (2000) *An Introduction to Atmospheric Physics* (Second Edition). Cambridge University Press, 229 pp.
- Arya, P. y Holton, J. (2001) *Introduction to Micrometeorology* (Second Edition). International Geophysics. Elsevier Science, 420 pp.
- Bluestein, H.B. (1992) *Synoptic-Dynamic Meteorology in Midlatitudes*. Oxford University Press, 431 pp.
- Caimi, E. A. (1979) *La energía radiante en la atmósfera*. EUDEBA, 67 pp.
- Calderón de la Barca, Manolo Palomares: Breve historia de la meteorología. [https://www.aemet.es/documentos/es/conocenos/nuestra\\_historia/breve\\_historia\\_meteorologia.pdf](https://www.aemet.es/documentos/es/conocenos/nuestra_historia/breve_historia_meteorologia.pdf)
- Hartmann, D. (1994) *Global Physical Climatology*. International Geophysics. Elsevier Science, 411 pp.
- Holton, J. (2004) *An Introduction to Dynamic Meteorology* (Fourth Edition). Academic Press, 535 pp.

- Iribarne, J.V. and Godson W.L (1973) *Atmospheric thermodynamics* (Second Edition). Reidel Publishing Company. 223 pp.
- Martin, J. (2006) *Mid-latitude Atmospheric Dynamics*. Ed. Wiley, 324 pp.
- Necco, G.V. (1980) *Curso de Cinemática y Dinámica de la Atmósfera*. EUDEBA, 287 pp.
- Orlanski, I. (1975) *A rational subdivision of scales for atmospheric processes*. Bulletin of the American Meteorological Society. 56 (5): 527–530.
- Petty, G.W. (2006) *A first Course in Atmospheric Radiation* (Second Edition). Sundog Publishing, 459 pp.
- Salby, M.L. (1996) *Fundamentals of Atmospheric Physics. International geophysics series: v. 61*. Academic Press, 627 pp.
- Stull, R.B. (1988) *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Kluwer Academic Publisher, 670 pp.
- Thunis, P. and Bornstein, R.D. (1996) *Hierarchy of Mesoscale Flow Assumptions and Equations*. Journal of the Atmospheric Sciences 53(3):380-397.
- Tsonis, A. (2007) *An Introduction to Atmospheric Thermodynamics*. Second Edition. Cambridge University Press, 187 pp.
- U. S. Government, 1976: *U. S. Standard Atmosphere, 1976*. Superintendent of Documents, U. S. Government Printing Office, Washington, DC 20402 (Stock No. 003017-00323-0) NOAA-S/T 76-1562. 227 pp.
- [http://www.meted.ucar.edu/mesoprim/skewt\\_es/intro.htm](http://www.meted.ucar.edu/mesoprim/skewt_es/intro.htm)