

**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

*Departamento de Ciencias de la Atmósfera*

CARRERA: Licenciatura en Ciencias de la Atmósfera

CUATRIMESTRE: Primero

AÑO: 2009

CODIGO DE CARRERA: 20

MATERIA: Convección y Microfísica de Nubes

CODIGO: 9094

PLAN DE ESTUDIO: 1989

CARACTER DE LA MATERIA: Obligatoria

DURACION: Cuatrimestral

HORAS DE CLASE SEMANAL:

Teóricas: 6

Seminarios:

Problemas

Teórico-Problemas:

Laboratorio:

Prácticas: 4

Total de horas: 10

CARGA HORARIA TOTAL: 160 horas.

ASIGNATURAS CORRELATIVAS: T.P. de Dinámica de la Atmósfera 1.

FORMA DE EVALUACION: Examen final.

**PROGRAMA ANALITICO**

1. Introducción. Ubicación de las escalas espaciales y temporales de la convección húmeda atmosférica. Justificación del estudio y la investigación de las nubes y la precipitación asociada. Clasificación de nubes de acuerdo con la altura de la base. Influencia de las nubes en el sistema climático. Efecto de la convección sobre la circulación en gran escala.

2. MICROFISICA DE NUBES:

- 2.1 Teoría clásica de la nucleación homogénea. Ley de Kelvin. Velocidad de nucleación. Discusión de la factibilidad de la nucleación homogénea en condiciones atmosféricas reales.

- 2.2 Microfísica de nubes cálidas:

Nucleación heterogénea. Presencia y distribución de aerosoles en la atmósfera. Tamaños, concentraciones, fuentes y sumideros. Determinación de la relación entre la humedad relativa y el tamaño de las gotas, formadas a partir de soluciones en equilibrio con el vapor. Curvas de Köhler. Efectos opuestos de la curvatura y del soluto.

Crecimiento de una gota aislada por condensación. Evolución del espectro de tamaños. Crecimiento de una población de gotitas.

Modelo continuo de crecimiento de las gotas por colección. Concepto de eficiencia de colisión, coalescencia y colección, y su dependencia con los rangos de tamaños. Velocidad terminal de caída de gotas. Ecuación estocástica de crecimiento por colección y evolución típica de la función de distribución de masa hacia una distribución bimodal.

Síntesis de procesos que conducen a la formación de precipitación en nubes cálidas.

- 2.3 Microfísica de nubes mixtas o frías

Nucleación heterogénea de la fase sólida en las nubes frías o en las mixtas. Concentraciones, naturaleza, origen y temperaturas de activación de núcleos glaciógenos.

Crecimiento por depósito del vapor de un cristal, nieve. Proceso de Bergeron Findeisen. Velocidad de crecimiento de un cristal. Distintos hábitos cristalinos básicos: placas, columnas y dendritas y variedades complejas.



Crecimiento de partículas de hielo en las nubes por acreción de gotas sobreenfriadas (escarchamiento) y por agregado de cristales. Velocidades terminales de caída de distintos hábitos cristalinos. Formación y crecimiento de copos de nieve, graupel y granizo. Regímenes de crecimiento seco y húmedo. Multiplicación de partículas de hielo por siembra o por fragmentación.

Síntesis de procesos que conducen a la formación de precipitación en nubes mixtas y frías

3. Representación de los procesos microfísicos en modelos de nube. Relaciones de mezcla de distintas categorías de partículas. Modelos globales ("bulk") y explícitos que derivan un sistema de ecuaciones de continuidad para las distintas categorías del agua.
4. Procesos físicos que dominan en nubes chatas o de moderado desarrollo vertical: nieblas, estratos, stratocumulus, cirrus. Precipitación estratiforme. Procesos físicos en Nimbostratus, banda brillante.
5. CONVECCION. Ecuación de movimiento vertical. Concepto de empuje. Interpretación de las perturbaciones no-hidrostáticas. Derivación de una ecuación de diagnóstico de las perturbaciones de presión, contribuciones por el empuje y dinámica. Aceleración vertical debida a la carga de hidrometeoros.
6. Arrastre: Tratamiento teórico del arrastre en las nubes cumuliformes. Tratamiento continuo y homogéneo. Distintas analogías con fenómenos de laboratorio para el cierre de sistemas de ecuaciones: jet, térmica, pluma. Tratamiento discontinuo e inhomogéneo del arrastre. Diagrama de Paluch. Generación de descendentes penetrativas, escalas. Efecto de una cortante vertical del viento en el campo de las perturbaciones dinámicas de la presión y en la asimetría en el núcleo de la ascendente.
7. Características observacionales de la convección en nubes cálidas. Su estructura cinemática, termodinámica y distribuciones del agua líquida. Forzante dinámico resultante en caso de cortante direccional del viento. Efecto de retroalimentación entre las perturbaciones de la presión y las descendentes penetrativas por arrastre. Inferencias acerca del arrastre y la mezcla a partir del uso de diagramas de variables conservativas. Distintos tipos de cumulus de buen tiempo y estructura vertical termodinámica en equilibrio con este tipo de nubes. Análisis energético de la convección. Distintas organizaciones de nubes cumulus no profundas: celdas cerradas y abiertas, calles longitudinales y transversales. Rol de las ondas de gravedad generadas por la misma convección en la organización de los cumulus congestus y cumulonimbus.
8. Convección húmeda profunda. Tormentas convectivas aisladas. Morfología y clasificación de las tormentas unicelulares, multicelulares y superceldas, sus peculiaridades. Procesos físicos principales que controlan el crecimiento y la evolución de las tormentas convectivas aisladas: estructura termodinámica y cortante vertical del viento. Evidencias observacionales de desarrollo en niveles medios de rotación, de bifurcación de la celda original, de propagación de la tormenta respecto de los vientos del entorno, de intensificación preferencial de la celda con rotación ciclónica, formación de un mesociclón y ubicación en capas bajas de los máximos de ascenso y de descensos y de la vorticidad vertical. Características de los tornados. Tornados asociados a superceldas y su ubicación respecto al mesociclón. Tornados asociados a otros tipos de tormentas. Dinámica de tornados. Vórtices de succión. Escala de intensidad de daños por tornados. Descendentes severas y vientos asociados. "Microburst". Mecanismos forzantes. Identificación de distintos rasgos y modelo conceptual de las distintas etapas de casos reales de tormentas en base a la información de los radares Doppler y de doble polarización.
9. Fundamentación de los comportamientos observacionales descriptos en el capítulo 7 a partir del análisis de las ecuaciones evolutivas de movimiento vertical, de vorticidad horizontal y vertical y de la



ecuación de diagnóstico de las perturbaciones dinámicas de la presión y de los resultados de la experimentación con modelos convectivos tridimensionales. Explicación de la intensificación de la vorticidad vertical en la etapa pretornádica y causas de la formación de la descendente de oclusión. Aplicación de modelos tridimensionales para relacionar la estructura convectiva resultante y su evolución temporal con distintos perfiles verticales del viento y magnitudes de CAPE. Definición del Número de Richardson y su uso en convección. Estado actual y estrategias en el tema de uso de modelos numéricos en escala convectiva y nowcasting de tormentas. Guías de pronóstico de convección.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Cotton, W.R. y Anthes, R.A., 1989: "*Storm and Cloud Dynamics*". Academic Press, Inc.
2. Emanuel, K.A., 1994: "*Atmospheric Convection*". Oxford University Press.
3. Houze, R.A., 1993: "*Cloud Dynamics*". Academic Press.
4. Kessler, E., 1986: "*Thunderstorm Morphology and Dynamics*". University of Oklahoma Press.
5. Kingsmill, D.E. y Wakimoto, R.M., 1991: "*Kinematics, Dynamic and Thermodynamic Analysis of a Weakly Sheared Severe Thunderstorm over Northern Alabama*". Monthly Weather Review, vol. 119, págs. 262-297.
6. Klemp, J.B. y Rotunno, R., 1985: "*A study of the Tornadic Region within a Supercell Thunderstorm*". Journal of the Atmospheric Science, vol. 40, n°2, págs. 359-377.
7. Lipps, F.B. y Hemler, R.S., 1980: "*Another Look at the Thermodynamic Equation for Deep Convection*". Monthly Weather Review, vol. 108, págs. 78-84. American Meteorological Society.
8. Mason, B.J., 1962: "*Clouds, Rain and Rainmaking*".
9. Pruppacher, H.R. y Klett, J.D., 1978: "*Microphysics of Cloud and Precipitation*". Reidel Publishing Company.
10. Ray, P.S., 1986: "*Mesoscale Meteorology and Forecasting*". American Meteorological Society.
11. Rogers, R.R., 1976: "*Física de las Nubes*". Reverté, S.A.
12. Rogers, R.R. and M. K. Yau, 1989: "*A short course in Cloud Physics*" - Third Edition. Butterworth Heinemann Eds. 290 pp.
13. Rotunno, R. y Klemp, J.B., 1985: "*On the Rotation and Propagation of Simulated Supercell Thunderstorms*". Journal of the Atmospheric Sciences, vol. 42, n°3, págs. 271-292. American Meteorological Society.
14. Wakimoto, R.M. y Bringi, V.N., 1988: "*Dual-Polarization Observations of Microburst Associated with Intense Convection: The 20 July Storm during the MIST Project*". Monthly Weather Review, vol. 116, págs. 1521-1539. American Meteorological Society.
15. Wallace, J. M and P. Hobbs, 2006: "*Atmospheric Science: an introductory survey*" Second Edition. Academic Press, 505 pp.
16. Weisman, M.L. y Klemp, J.B., 1982: "*The Dependence of Numerically Simulated Convective Storms on Vertical Wind Shear and Buoyancy*". American Meteorological Society.

FECHA: 1er. Cuatrimestre de 2009

\_\_\_\_\_  
Firma Profesor

\_\_\_\_\_  
Aclaración

\_\_\_\_\_  
Firma Director

**Dra. CELESTE SAULO**  
DIRECTORA  
CS. DE LA ATMÓSFERA Y LOS OCÉANOS

\_\_\_\_\_  
Aclaración