

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: 2005

CÓDIGO DE CARRERA: 20

MATERIA: Convección y Microfísica de Nubes

CÓDIGO: 9094

PLAN DE ESTUDIO: 1989

CARÁCTER DE LA MATERIA: Obligatoria

DURACION: Cuatrimestral

DURACIÓN: Cuatrinstral
HORAS DE CLASE SEMANAL

HORAS DE CLASE SEMANAL:

Teóricas: 6 Seminarios.
Prácticas: Teórico-Prácticas

Problemas Teórico-Problemas: Inducción

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. Distintos sistemas convencionales y especiales de observación de tormentas. Clasificación dinámica de las nubes. Escalas de parámetros macroscópicos que se utilizan en la clasificación de las nubes estratiformes, convectivas y orográficas.
 2. Termodinámica de sistemas nubosos. Planteo conceptual y general de la ecuación termodinámica. Distintas aproximaciones para sistema cerrado adiabático saturado sin fase sólida en base a la estimación de errores relativos y el uso de las ecuaciones aproximadas juntamente con la teoría de la parcela. Derivación de la expresión para la temperatura potencial equivalente y procedimiento de Bolton para su cálculo. Derivación de la temperatura de densidad y de la temperatura potencial virtual del agua líquida conservativa en procesos adiabáticos saturados en ausencia de la fase sólida.
 3. MICROFISICA DE NUBES. Teoría clásica de la nucleación homogénea. Concepto de energía superficial y sobresaturación. Modificación de la regla de las fases y de la ecuación termodinámica al incluir el efecto de curvatura. Barrera de energía libre de Helmholtz en la fase metaestable original sobresaturada para formación de gérmenes de la nueva fase por agregación fortuita de moléculas. Radio del germeón crítico como función de la sobresaturación (ley de Kelvin). Minimización de la barrera de energía en caso de superficie esférica del germeón. Velocidad de nucleación. Discusión de los órdenes de magnitud y comparación con las condiciones atmosféricas reales para la nucleación de la fase líquida a partir del vapor y de la fase sólida a partir del vapor o de la fase líquida.
 4. Nucleación heterogénea.. Presencia de aerosol en la atmósfera. Tamaños, concentraciones, fuentes y sumideros. Núcleos insolubles mojables. Núcleos solubles. 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 Kohler. Efectos opuestos de la curvatura y del soluto.
 5. Crecimiento de una gota aislada por condensación. Planteo de las ecuaciones de difusión del vapor y de conducción del calor en estado estacionario. Planteo del crecimiento de una población de gotas por condensación, evolución de la sobresaturación y del espectro del tamaño de gotas. Comparación de los tiempos de crecimiento con los reales. Discusión.

6. Proceso que conduce a la precipitación en nubes cálidas. Espectros observados de tamaños de gotas de distintas nubes. Diferencias en nubes marítimas y continentales. Derivación de distintas expresiones para la velocidad terminal de caída de gotas esféricas como función del radio. Interacción de gotas de distintos tamaños. Eficiencias de colisión incorporando o no la influencia en la trayectoria de la gota a ser colectada del flujo generado por la gota colectora y el efecto de turbulencia, concepto de kernel geométrico, hidrodinámico y turbulento. Eficiencia de coalescencia y de colección. Modelo continuo de crecimiento de las gotas por colección. Cálculo de radios finales en función de las variables dinámicas, del contenido de agua líquida del espesor de la nube. Dificultades de este modelo para reproducir los tiempos reales de formación de gotas precipitantes. Ecuación estocástica de crecimiento por colección y evolución típica de la función de distribución de masa hacia una bimodal. Evolución del radio dominante hacia los tamaños precipitantes en tiempos reales. Tiempo de autoconversión y su dependencia de la turbulencia. Ruptura de gotas.
7. Nucleación homogénea y heterogénea de la fase sólida en las nubes frías o en las mixtas. Concentraciones, naturaleza, origen y temperaturas de activación de núcleos higroscópicos. Temperaturas de congelación de gotas sobreenfriadas en función del radio.
8. Crecimiento por depósito del vapor de un cristal, nieve. Factor de forma. Proceso de Bergeron Findeisen. Velocidad de crecimiento de un cristal en función de la temperatura en una atmósfera saturada respecto al agua. Distintos hábitos cristalinos básicos: placas, columnas y dendritas y variedades complejas. Alternancia de los hábitos para distintos intervalos de temperatura.
9. Crecimiento de partículas de hielo en las nubes por colisión y agregación. Velocidades terminales de caída de distintos hábitos cristalinos. Copos de nieve. Crecimiento de partículas de hielo por escarchamiento. Evolución hacia el graupel y hacia la piedra de granizo. Regímenes de crecimiento seco y de crecimiento húmedo. Hielo poroso, compacto y esponjoso de acuerdo a la concentración de burbujas de aire y el agua líquida contenidas en la partícula. Clasificación de la precipitación sólida. Características del granizo. Ecuaciones de crecimiento del granizo y de balance calórico. Criterio de determinación del régimen de crecimiento del granizo en base al contenido de agua líquida en la nube. Estructura en capas y distintas trayectorias posibles del granizo en una nube de tormenta. Multiplicación de partículas de hielo por siembra o por fragmentación.
10. Distintas fases del agua en las nubes y formas en las que se presentan. Síntesis de procesos microfísicos. 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. Modelo global para nubes calientes precipitantes y para no precipitantes. Términos de autoconversión y de colección, evaporación del agua de lluvia y convergencia neta del flujo vertical de agua de lluvia, relativo al aire. Método de cálculo de las relaciones de mezcla y de las variables termodinámicas en un ascenso adiabático reversible sin mezcla, sin hielo, sin efectos radiativos y difusivos suponiendo ajuste a la saturación. Diagrama de variables conservativas: temperatura potencial equivalente-relación de mezcla de agua líquida total (diagramas de Paluch). Conveniencia de su uso para analizar procesos de mezcla en las nubes.
11. CONVECCION. Definición de convección. Concepto de empuje. Revisión de los criterios de inestabilidad para desplazamientos verticales de amplitud infinitesimal en aire claro y en aire saturado. Revisión de los criterios de estabilidad a desplazamientos verticales de amplitud finita. Definición del concepto de energía potencial disponible convectiva CAPE. Distintas expresiones para el 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.
12. Características observacionales de la convección en nubes cálidas no precipitantes. Su estructura cinemática, termodinámica y distribuciones del agua líquida. 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. Distintas organizaciones de nubes cumulus no profundas: celdas cerradas y abiertas, calles longitudinales y transversales, diferencias en las conversiones de energía cinética que explican el dominio de las primeras en presencia de un perfil vertical lineal del viento. Rol de las ondas de gravedad generadas por la misma convección en la organización de los cumulus congestus y cumulonimbus.

13. Tratamiento teórico del arrastre en las nubes cumuliformes. Consideraciones generales. Tratamiento continuo y homogéneo: derivación del sistema de ecuaciones para un modelo lagrangiano unidimensional de nubes cumulus incluyendo un término relacionado con el arrastre. Distintas analogías con fenómenos de laboratorio para el cierre de sistemas de ecuaciones: jet, térmica, pluma. Perfiles que resultan de los cálculos con el modelo pluma en condiciones estacionarias. Tratamiento discontinuo e inhomogéneo del arrastre, Comparación de resultados en términos de espectros de tamaños de gotas con el modelo continuo. Evidencias de este tipo de arrastre lateral y vertical en el análisis de datos observacionales. Concepto de selección por empuje y delimitación de la ubicación de los puntos que representan aire nuboso en el diagrama de Paluch. Criterio de inestabilidad por arrastre en el tope de la nube cumulus y generación de descendentes penetrativas. Escalas del espesor de penetración y de las velocidades descendentes por episodios de mezcla de aire subnuboso no-diluido con aire del entorno en distintos niveles de las nubes no precipitantes. 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. 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.
14. 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.

Fundamentación de los comportamientos observacionales descriptos en el capítulo 15. 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. Bolton, 1980: "*The Computation y equivalent Potential Temperature*". Monthly Weather Review, vol. 108, págs. 1046-1053. American Meteorological Society.
2. Cotton, W.R. y Anthes, R.A., 1989: "*Storm and Cloud Dynamics*". Academic Press, Inc.
3. Emanuel, K.A., 1994: "*Atmospheric Convection*". Oxford University Press.

4. Hauf, T. y Höller, H., 1987: "Entropy and Potential Temperature". Journal of the Atmospheric Sciences, vol. 44, nº 20, págs. 2887-2901. American Meteorological Society.
5. Houze, R.A., 1993: "Cloud Dynamics". Academic Press.
6. Kessler, E., 1986: "Thunderstorm Morphology and Dynamics". University of Oklahoma Press.
7. Kingsmill, D.E. y Wakimoto, R.M., 1991: "Kinematics, Dynamic and Thermodinamic Analysis of a Weakly Sheared Severe Thunderstorm over Northern Alabama". Monthly Weather Review, vol. 119, págs. 262-297.
8. Klemp, J.B. y Rotunno, R., 1985: "A study of the Tornadic Region within a Supercell Thunderstorm". Journal of the Atmospheric Science, vol. 40, nº 2, págs. 359-377.
9. Lipps, F.B. y Hemler, R.S., 1982: "A Scale Analysis of Deep Moist Convection and Some Related Numerical Calculations". Journal of the Atmospheric Sciences, vol. 39, págs. 2192-2210. American Meteorological Society.
10. 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.
11. Mason, B.J., 1962: "Clouds, Rain and Rainmaking".
12. Ogura, Y. y Phillips, N.A., 1962: "Scale Analysis of Deep and Shallow Convection in the Atmosphere". Journal of the Atmospheric Sciences, vol. 19, nº 2, págs. 173-179. American Meteorological Society.
13. Pruppacher, H.R. y Klett, J.D., 1978: "Microphysics of Cloud and Precipitation". Reidel Publishing Company.
14. Ray, P.S., 1986: "Mesoscale Meteorology and Forecasting". American Meteorological Society.
15. Rogers, R.R., 1976: "Física de las Nubes". Reverté, S.A.
16. Rotunno, R. y Klemp, J.B., 1985: "On the Rotation and Propagation of Simulated Supercell Thunderstorms". Journal of the Atmospheric Sciences, vol. 42, nº 3, págs. 271-292. American Meteorological Society.
17. 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.
18. Weisman, M.L. y Klemp, J.B., 1982: "The Dependence of Numerically Simulated Convective Storms on Vertical Wind Shear and Buoyancy". American Meteorological Society.

10
FECHA: 2do Cuatrimestre de 2005

Jeanette Colino

Firma Profesor

Miceli

Firma Director

MATILDE NICOLINI

Aclaración

Aclaración

Dra. Susana Amalia Bischoff
Directora
Cs. de la Atmósfera y los Océanos