



1. CARACTERÍSTICAS DEL CURSO

Sigla	FS-0721	Requisitos	FS-0617
Nombre	Física de Nubes	Correquisitos	-
Horas	Por definir	Ciclo	VII
Créditos	3	Clasificación	
Grupos	01	Modalidad	Presencial
Consulta	Por definir	En caso de requerir consulta virtual, debe solicitarse al menos 1 semana antes.	

2. DESCRIPCIÓN

Este curso presenta los aspectos teóricos de los procesos físicos asociados al desarrollo de las nubes, su evolución en la atmósfera y procesos asociados con la precipitación. El curso se estructura para vincular los conceptos adquiridos en cursos previos con los procesos termodinámicos que rigen la formación de las nubes. De forma complementaria, se presentará información sobre diferentes métodos para la observación e identificación de características relevantes de la nubosidad en las regiones tropicales, así como los fundamentos de la interpretación de los procesos de desarrollo convectivo en los trópicos. El curso corresponde a la profundización de conceptos básicos de Termodinámica y Física Estadística, aplicados a la Termodinámica de la Atmósfera y a la Microfísica de Nubes.

3. OBJETIVOS

- Presentar el marco físico y termodinámico en el que se desarrollan los procesos atmosféricos.
- Dar a conocer los principales procesos que contribuyen a la formación de nubes y los mecanismos generadores de precipitación.
- Introducir los procesos que generan cambios, tanto naturales como artificiales, en el ambiente atmosférico.

Al final del curso los y las estudiantes habrán recibido herramientas para:

- Identificar las características de los distintos tipos de nubes.
- Comprender los principios fundamentales de la termodinámica del equilibrio aplicados a procesos atmosféricos.
- Explicar los principales procesos de la microfísica de las nubes.
- Interpretar información que permite identificar características de la nubosidad asociada con fenómenos atmosféricos más relevantes para las regiones tropicales

- Comprender el papel de la composición química de la atmósfera en los procesos de retroalimentación climática y su relevancia en el contexto del cambio climático antropogénico.

4. CONTENIDOS Y CRONOGRAMA

4.1 Introducción a las nubes: clasificación y métodos de observación

4.2 Introducción a la química atmosférica (enfoque en aerosoles)

4.3 Estructura y termodinámica del agua

4.4 Introducción a la microfísica de nubes

4.5 Hidrodinámica de partículas de nube y precipitación

4.6 Emisiones de gases de efecto invernadero y su papel en la retroalimentación climática.

Contenido	Equivalencia 4841-90*	Semana
4.1 Introducción a las nubes	-	1
4.2 Introducción a química atmosférica	5	2
4.2 Aerosoles	5	3
Feriado		
4.3 Estructura del agua	1	5
4.3 Termodinámica de agua - Equilibrio - Cambios de fase - Propiedades del agua	1	6-8 7 Semana U
4.4 Microfísica de nubes - Conceptos de nubes cálidas y nubes frías - Nucleación homogénea - Nucleación heterogénea - Crecimiento de gotas de nube - Formación de lluvia	4	8 9 10 11
4.5 Hidrodinámica de partículas de nube y precipitación - Turbulencia - Enfriamiento y saturación - Procesos de difusión y evaporación - Procesos de colisión y coalescencia - Procesos de agregación	3	12 13 13

4.6 Emisiones y retroalimentación climática - Interacción aerosol-nube - Retroalimentación climática de GEI y aerosoles	5	14
		15
		16

* Muestra la equivalencia entre el contenido del curso propuesto y el contenido aprobado en la resolución 4841-90 del 21 de noviembre de 1990.

5 METODOLOGÍA

El curso es de modalidad teórica y incluirá una introducción a la investigación en temas relacionados con los contenidos presentados. Se contarán con clases magistrales semanales, así como prácticas dirigidas para la aplicación de los contenidos con enfoque de investigación. Se hará uso de la plataforma de mediación virtual para la entrega del material y para las prácticas del curso.

6 EVALUACIÓN

- Tarea 1 **(10%)** Contenidos **4.1**
- Tarea 2 **(10%)** Contenidos **4.2**
- Tarea 3 **(10%)** Contenidos **4.3**
- Tarea 4 **(21%)** Contenido **4.4**
- Examen Final **(30%)** Contenido **todos** (Examen escrito)
- Informe de investigación **(25 % de informe escrito)**.
- Presentación del informe de investigación **(5 %)**.

La rúbrica de evaluación del informe de investigación y las tareas programadas estarán disponibles en la mediación virtual.

7 BIBLIOGRAFÍA (Adicionalmente se brindará material complementario de lectura)

H. R. Pruppacher and J. D. Klett: Microphysics of Clouds and Precipitation, second edition, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1997, 954 pp., hardback ISBN 0-79-234211-1

Brooks, S.D. and Thornton, D.C., 2018. Marine aerosols and clouds. *Annual Review of Marine Science*, 10, pp.289-313.

Carlsaw, K.S., Boucher, O., Spracklen, D.V., Mann, G.W., Rae, J.G.L., Woodward, S. and Kulmala, M., 2009. Atmospheric aerosols in the earth system: a review of interactions and feedbacks. *Atmospheric Chemistry & Physics Discussions*, 9(3).

Gillespie, D.T., 1972. The stochastic coalescence model for cloud droplet growth. *Journal of Atmospheric Sciences*, 29(8), pp.1496-1510.

Gillespie, D.T., 1975. Three models for the coalescence growth of cloud drops. *Journal of Atmospheric Sciences*, 32(3), pp.600-607.

Graf, H.F., 2004. The complex interaction of aerosols and clouds. *Science*, 303(5662), pp.1309-1311.

Holloway, C.E. and Neelin, J.D., 2009. Moisture vertical structure, column water vapor, and tropical deep convection. *Journal of the atmospheric sciences*, 66(6), pp.1665-1683.

Lawson, R.P., Brientjes, R., Woods, S. and Gurganus, C., 2022. Coalescence and Secondary Ice Development in Cumulus Congestus Clouds. *Journal of the Atmospheric Sciences*.

Moncrieff, M.W., 2004. Analytic representation of the large-scale organization of tropical convection. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 61(13), pp.1521-1538.

Murray, B.J., O'sullivan, D., Atkinson, J.D. and Webb, M.E., 2012. Ice nucleation by particles immersed in supercooled cloud droplets. *Chemical Society Reviews*, 41(19), pp.6519-6554.

Scott, C.E., Arnold, S.R., Monks, S.A., Asmi, A., Paasonen, P. and Spracklen, D.V., 2018. Substantial large-scale feedbacks between natural aerosols and climate. *Nature Geoscience*, 11(1), pp.44-48.

Svensmark, H., Bondo, T. and Svensmark, J., 2009. Cosmic ray decreases affect atmospheric aerosols and clouds. *Geophysical Research Letters*, 36(15).

Wang, P.K., 2013. *Physics and dynamics of clouds and precipitation*. Cambridge University Press.
Yu, P., Froyd, K.D., Portmann, R.W., Toon, O.B., Freitas, S.R., Bardeen, C.G., Brock, C., Fan, T., Gao, R.S., Katich, J.M. and Kupc, A., 2019. Efficient in-cloud removal of aerosols by deep convection. *Geophysical Research Letters*, 46(2), pp.1061-1069.

8 [NORMAS DE LABORATORIO; LINEAMIENTOS O GUÍAS DE PRÁCTICA; ARTÍCULOS DE REGLAMENTOS; MATERIALES POR ADQUIRIR, ETC.]

Se solicita a los estudiantes realizar la revisión del Reglamento de Régimen Académico Estudiantil, el Reglamento de Régimen Disciplinario del Personal Académico, Reglamento contra el hostigamiento sexual y el Reglamento en contra de la discriminación. Cualquier acción que contravenga la reglamentación vigente debe ser notificada para dar trámite al debido proceso.

El material didáctico a utilizar en el curso será facilitado por la profesora. Las prácticas requieren de acceso a una computadora, en caso de no contar con el recurso comunicarlo para gestionar ya sea el préstamo del activo o el acceso a un laboratorio de cómputo.

Las evaluaciones son individuales y se hará uso de la herramienta Turnitin para realizar la revisión correspondiente de los reportes.



Es un acto u omisión que afecta las oportunidades de una persona o sus derechos humanos.

SON MANIFESTACIONES DE DISCRIMINACIÓN:

- Ataques físicos
- Burlas, bromas ofensivas
- Uso de vocabulario discriminatorio
- Trato diferencial o despectivo
- Exclusión o segregación
- Desinterés o maltrato
- Negación a brindar servicios

DENUNCIA

La denuncia puede presentarse personalmente o mediante correo electrónico ante la Comisión Institucional Contra la Discriminación (CICDI).

Ninguna de las personas involucradas en el proceso podrán sufrir prejuicios.

Si usted ha vivido una situación de discriminación puede acercarse a la Facultad de Ciencias para buscar apoyo.



2511-6345



facultad.ciencias@ucr.ac.cr





Toda conducta de naturaleza sexual indeseada por quien la recibe, que provoque efectos perjudiciales en el estado general o bienestar personal.

SON MANIFESTACIONES DE HOSTIGAMIENTO SEXUAL:

- Promesa o amenaza, implícita o expresa, relacionada con favores sexuales
- Propuestas o conductas de naturaleza sexual
- Humillaciones u ofensas con palabras, gestos o imágenes
- Acercamientos o formas de contacto físico no deseados
- Intentos de comunicación ajenos a la relación profesional o académica

DENUNCIA

Las denuncias se realizan en forma verbal o escrita, ante la Comisión Institucional Contra el Hostigamiento Sexual (CICHS).

CONTACTOS

Comisión Institucional contra el Hostigamiento Sexual: 2511-4898

comision.contrahostigamiento@ucr.ac.cr

Defensoría contra el Hostigamiento Sexual: 2511-1909

defensoriahs@ucr.ac.cr

