



Asunto: Aprobar asignatura optativa.

C. D. 1333
CUDAP: EXP-UBA. 26.065/15

Cdad. Autónoma de Bs. As., 21 de abril de 2015.-

V I S T O las presentes actuaciones – CUDAP: EXP-UBA 26.065/15 – mediante las cuales el Departamento de Recursos Naturales y Ambiente eleva nota de la cátedra de Química Analítica en la que solicita se autorice el dictado de la asignatura optativa “*Modelos de Transporte y Dinámica de Contaminantes*”, otorgando tres (3) créditos, dentro del plan de estudios de la carrera de la Licenciatura en Ciencias Ambientales y,

CONSIDERANDO:

Lo aconsejado por la Comisión de Planificación y Evaluación.

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
RESUELVE:**

ARTÍCULO 1º.- Aprobar el dictado de la asignatura optativa “*Modelos de Transporte y Dinámica de Contaminantes*”, otorgando tres (3) créditos, dentro del plan de estudios de la carrera de la Licenciatura en Ciencias Ambientales, según el Anexo que forma parte de la presente resolución.

ARTÍCULO 2º.- Regístrese, comuníquese, pase a las Direcciones de Concursos Docentes y de Ingreso, Alumnos y Graduados a sus efectos. Cumplido, archívese.



Ing. Agr. Adriana M. RODRÍGUEZ
Secretaria Académica

Ing. Agr. Rodolfo A. GOLLUSCIO
Decano

RESOLUCIÓN C. D. 1333



Asunto: Continuación de la resolución C.D. 1333/15.

C. D. 1333

CUDAP: EXP-UBA. 26.065/15

//2..

ANEXO

MODELOS DE TRANSPORTE Y DINÁMICA DE CONTAMINANTES

Cátedra: Química Analítica
Carrera: Ciencias Ambientales
Departamento: Recursos Naturales y Ambiente
Año Lectivo: 2015

CARACTERÍSTICAS DE LA ASIGNATURA

Ubicación en el Plan de Estudio (ciclo): 5º año-

Duración: Bimestral

Profesor Responsable de la Asignatura: Ana Rosa García

Docentes a cargo de la Cursada: Ana R. García, Santiago Fleite, Ileana Ciapparelli.

Carga Horaria para el Alumno: 48 hs (3 créditos)

Correlativas

- Modelos de Simulación
- Ecología Acuática

FUNDAMENTOS

La modelación ambiental permite simular la evolución de las condiciones ambientales como resultado de los cambios provocados en el entorno, así como proporcionar información primordial para valorar las alternativas de actuación en la gestión del medio.

La asignatura introduce conceptos relativos a modelos matemáticos utilizados para describir los procesos de transporte y dispersión, así como de transformación, de los contaminantes que afectan la calidad del medio ambiente. Bajo este marco se presentan procesos de oxigenación-desoxigenación, eutrofización, mecanismos físicos de transporte, procesos químicos y biológicos de atenuación y de incentivación de la movilidad, entre otros. Las técnicas de modelización se aplican a los diferentes medios: atmósfera, suelo, agua; y en este último, tanto en sistemas superficiales, como lagos, ríos, y aguas subterráneas. Las mismas han sido ampliamente verificadas con ayuda de numerosos tests analíticos y numéricos, tanto en condiciones estacionarias como transitorias.

El énfasis de la materia es esencialmente práctico, se pretende que el alumno sea capaz de emplear modelos de transporte para el estudio de problemas ambientales que le permitan entender, describir y predecir las consecuencias del accionar humano sobre el ambiente, y de esta forma poder obrar como asesor, consultor, o en los casos donde sea menester.

OBJETIVO GENERAL

Que el alumno sea capaz de:



Asunto: Continuación de la resolución C.D. 1333/15.

C. D. 1333

CUDAP: EXP-UBA. 26.065/15

//3..

Comprender los fundamentos de la modelización del transporte de contaminantes en diferentes estratos del ambiente (suelo, agua y atmósfera) y desarrollar habilidades para aplicar modelos que le permitan interpretar cambios, elaborar predicciones y definir los fundamentos de un plan de acción.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Que el alumno sea capaz de:

- (1) Entender el funcionamiento general de los compartimentos que definen al ambiente: atmósfera, hidrósfera y suelo, con el fin de predecir el impacto de fenómenos de contaminación en los mismos.
- (2) Comprender la diferencia entre modelos generales (o diferenciales) y modelos analíticos.
- (3) Aplicar modelos estandarizados, comprendiendo las restricciones del uso de los mismos.
- (4) Desarrollar modelos simples para situaciones reales a partir de balances de materia.
- (5) Plantear múltiples escenarios posibles a partir de los cuales puedan ser tomadas decisiones de gestión.
- (6) Aplicar los modelos vistos en planillas de cálculo por computadora.
- (7) Utilizar programas por computadora desarrollados por otras instituciones y/o organismos gubernamentales, donde se apliquen los modelos, para la predicción de la evolución de los fenómenos de contaminación.
- (8) Realizar informes y recomendaciones de actuación a partir de los resultados obtenidos vía la aplicación de los modelos trabajados.

CONTENIDOS CONCEPTUALES

1.- Introducción al transporte de contaminantes

1.1- Conceptos generales. Modelos y su aplicación. Concepción y armado de escenarios. Modelos generales versus modelos analíticos. Noción de sistema, volumen de control y corriente. Introducción a los balances de materia. Notación y cálculos básicos. Ley de los gases ideales. Densidad, salinidad, y soluciones. Coherencia de unidades. Regímenes estacionarios versus transitorios. Concepto de equilibrio estático y dinámico.

1.2- Introducción a la modelización ambiental. Desarrollo y aplicación de modelos de estado estacionario y de régimen transitorio. Concepto de generación y acumulación. Cinética química. Ley de Arrhenius. Energía libre de Gibbs y espontaneidad. Principio de Le Chatellier y termodinámica. Uso de Ecuaciones diferenciales. Utilización del método de Euler. Concepto de modelo dinámico.



Asunto: Continuación de la resolución C.D. 1333/15.

C. D. 1333

CUDAP: EXP-UBA. 26.065/15

//4..

1.3- Fenómenos de transporte. Nociones de flujo y caudal. Iones presentes en soluciones acuosas. Tipos de sustancias iónicas disueltas: cationes, aniones y sustancias hidrofóbicas. Introducción a los procesos de advección, dispersión y difusión.

1.4.- Dinámica de cuerpos de agua frente a fenómenos de descarga. Concepto de autodepuración. Descripción de entornos acuáticos: ríos, lagos y lagunas, estuarios, aguas subterráneas y océanos. Fuentes de descargas puntuales y no puntuales. Aportes por escorrentía; el caso del fósforo.

2.- Transporte y dinámica de contaminantes en aguas superficiales

2.1- Modelización del transporte de sustancias en ríos y estuarios. Sustancias disueltas no reactivas. Dilución total de aporte puntual. Aporte lateral. Modelo unidimensional simple. Coeficiente de dispersión.

2.2- Modelización del oxígeno disuelto en ríos. Concepto de déficit de oxígeno. Modelo de Streeter-Phelps (1925). Proceso de reaeración. Estimación del efecto del viento. Ley de Arrhenius - Van't Hoff. DBO5 y DBO última. Modelo ampliado de la US-EPA (1983 y 1997a). Respiración y fotosíntesis del fitoplancton: uso de modelos. Demanda biológica de oxígeno carbonosa (CDBO) y de compuestos de nitrógeno (NDBO). Demanda de oxígeno del sedimento (SOD). Estimación y relevancia. Dinámica del Oxígeno disuelto en estuarios.

2.3- Modelización de la eutrofización en lagos. Relaciones experimentales. Modelos dinámicos de nutrientes. Dinámica del crecimiento del fitoplancton. Eutrofización en ríos. Concepto de bloom algal temporal. Modelo de crecimiento exponencial. Factores de restricción. Modelado del efecto de la luz y de los nutrientes. Predicción de blooms algal.

2.4- Concepto de TDML (Total Daily Maximum Load) y sus aplicaciones.

2.5- Contaminación oceánica: Tipos y características. Hidrocarburos: dispersión y modelado. Efecto de las corrientes oceánicas y del viento.

3.- Transporte y dinámica de contaminantes en medios porosos

3.1- Transporte de contaminantes en aguas subterráneas. Zona saturada. Ley de Darcy. Piezometría. Mapas de flujo subterráneo y transporte de sustancias disueltas. Carga hidráulica. Ecuación general de movimiento. Advección, dispersión y difusión. Procesos químicos y bioquímicos. Procesos de retardo: sorción, precipitación, filtración, intercambio de iones. Procesos de atenuación: reducción y oxidación química, reducción y oxidación biológica, hidrólisis, volatilización. Procesos de incentivación de la movilidad: co-solvatación, ionización, disolución, complejación. Modelo unidimensional. Modelo bidimensional para acuíferos.



Asunto: Continuación de la resolución C.D. 1333/15

CD. 1333/15

CUDAP: EXP-UBA. 26.065/15

//5..

3.2- Transporte de contaminantes en suelos y sedimentos. Zona vadosa. Ecuación de Richards, derivadas y modelos compuestos. Modelos simplificados y aproximados. Modelos empíricos. Procesos que operan en la dinámica de contaminantes en el suelo: volatilización, transferencia, degradación y adsorción.

4.- Transporte de contaminantes en la atmósfera

4.1- Fuentes de polución química en la atmósfera. Transporte de sustancias químicas en la atmósfera. Polución atmosférica en ambientes cerrados, a escala local, a escala urbana, a larga distancia y a escala global. Dispersión de contaminantes en la atmósfera. Determinación de una pluma de emisión. Dispersión Gaussiana y Modelo de Pasquill-Gifford. Medición de descargas a la atmósfera.

4.2- Remoción física de contaminantes de la atmósfera. Deposición en seco y en húmedo.

5.- Análisis de caso y trabajo final.

5.1- Análisis de una situación concreta de polución, en suelo, atmósfera, y/o aguas.

METODOLOGIA DIDACTICA

La materia está basada en clases teórico – prácticas de 6 hs semanales, distribuidas en 2 clases presenciales de 3 horas cada una. Se les presentará a los alumnos las bases teóricas y conceptuales necesarias para el entendimiento, manejo y aplicación de los modelos de transporte de contaminantes a situaciones concretas. Sobre la base de los fundamentos impartidos se realizarán las prácticas. Las mismas están planificadas estratégicamente y van desde la resolución de ejercicios con algoritmos hasta el análisis y la resolución de verdaderas situaciones problemáticas. El docente actuará como facilitador del proceso de aprendizaje que debe realizar el alumno. A modo de culminación del proceso, en la unidad 5, se dispone que el alumno realice de manera autónoma el análisis y la resolución de una situación concreta de contaminación en suelo, agua o atmósfera (Método del caso).

En cuanto a los recursos didácticos, se trabajará con multimedios (textos, gráficos, imágenes, programas de computadora). Asimismo, se prevé trabajar en el aula de Informática aplicando y analizando los modelos aprendidos a partir de diferentes programas computarizados.

EVALUACIÓN

El aprendizaje de los alumnos será evaluado a partir de dos exámenes parciales y un Trabajo Práctico Final, con la posibilidad de promoción. Tanto el primero como el segundo parcial se cuantificarán sobre la base de 90 puntos de la nota final. En tanto que los restantes 10 puntos corresponderán al Trabajo Práctico Final de la asignatura.



Asunto: Continuación de la resolución C.D. 1333/15

CD. 1333/15

CUDAP: EXP-UBA. 26.065/15

//6..

Criterios de evaluación:

Promoción: Para alcanzar la promoción el alumno deberá obtener como mínimo 60 puntos en cada parcial y 7 puntos en el trabajo práctico.

Regular: En el caso de no alcanzar los 60 puntos en alguno o en ambos parciales, queda en situación regular siempre y cuando el puntaje de cada parcial sea mayor o igual a 30 puntos y el trabajo práctico final esté aprobado con nota mayor o igual a 4. Sólo podrá recuperar un parcial para regularizar. El alumno que alcanzó la categoría de regular deberá aprobar un examen final para acreditar la asignatura.

Libre: El alumno que no cumple con alguno de estos requisitos quedará en condición de libre.

Asistencia cumplida: Entra en esta categoría el alumno que habiendo cumplido con la asistencia, hayan aprobado uno de los parciales con nota mayor o igual a 30 puntos y el Trabajo Práctico Final con 4 de los 10 puntos asignados. En esta instancia el alumno para aprobar la asignatura deberá rendir nuevamente los dos parciales y un examen final en las fechas correspondientes.

Instrumentos de evaluación:

Evaluación Diagnóstica: prueba de múltiples opciones.

Parciales escritos: pruebas que permitan evaluar procesos y resultados del aprendizaje, basadas en resolución de problemas y explicación a partir de teorías y principios. Los mismos se llevarán a cabo en momentos de integración de conceptos.

Instancia del Trabajo Práctico Final: Los alumnos deberán analizar y resolver una situación específica presentando un informe que refleje los conocimientos y habilidades alcanzados, el mismo será evaluado utilizando una tabla de especificación ponderada.

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

- Chapra, S. C. 1997. Surface Water-Quality Modeling. New York: McGraw-Hill. 844 p
- Chen H., Li D., Li X. 2007. Mathematical Modeling of Oil Spill on the Sea and Application of the Modeling in Daya Bay. Ser.B, 2007,19(3):282-291.
- Hemond H. F., Fechner-Levy E. J. 2000. Chemical Fate and Transport in the Environment. San Diego, California, Estados Unidos de América. Academic Press, 433 pág.
- Menéndez A. N. 2010. Transporte de Contaminantes en el Medio Acuático. Universidad Tecnológica Nacional. Buenos Aires, Argentina. 123 pp.
- National Research Council (NRC), 2001, Assessing the TMDL Approach to Water Quality Management Committee to Assess the Scientific Basis of the Total Maximum Daily Load Approach to Water Pollution Reduction, Water Science and Technology Board, National Academy Press, Washington, DC, 122 pp.



Asunto: Continuación de la resolución C.D. 1333/15

CD. 1333/15
CUDAP: EXP-UBA. 26.065/15
//7..

- US. Environmental Protection Agency. 1997b. Modelo para Evaluación de Derrames de Hidrocarburos (HSSM). National Risk Management and Development, Cincinnati, Ohio, USA. EPA/600/R-97/003
- US Environment Protection Agency (1983). Technical Guidance Manual for Performing Wasteload Allocations, Book II: Streams and Rivers Chapter 2 Nutrients/Eutrophication impacts.
- US Environment Protection Agency 1997a. Technical Guidance Manual for Performing Wasteload Allocations, Book II: Streams and Rivers Part 1: Biochemical Oxygen Demand/Dissolved Oxygen and Nutrients/Eutrophication; EPA-823-B-97-0020.
- US Environment Protection Agency. 1983. Technical Guidance Manual for Performing Wasteload Allocations, Book IV: Lakes, Reservoirs, and Impoundments – Chapter 2: Eutrophication. EPA-440/4-84-019. 401 M Street, S.W. Washington, D.C. 20460.
- US Environment Protection Agency. 1986. Technical Guidance Manual for Performing Wasteload Allocations. Book IV, Lakes, Reservoirs And Impoundments. Chapter 3 Toxic Substances Impact. HydroQual, Inc. 1 Lethbridge Plaza. Mahwah, New Jersey 07430.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- Auer, M.T., y R.P. Canale. (1980). Phosphorus uptake dynamics as related to mathematical modeling at a site on Lake Huron. J. Great Lakes Res. 6(1):1-7.
- Bear, J., Verruijt, A., 1992, Modeling Groundwater Flow and Pollution, Kluwer Academic Publishers.
- Bowie, G.L., Mills, W.B., Porcella, D.B., Campbell, C.L., Pagenkopf, J.R., Rupp, G.L., Johnson, K.M., Chan, P.W.H., Gherini, S.A. and Chamberlin, C.E., 1985, Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling (Second Edition). Report EPA/600/3-85/040, US EPA, Athens, GA.
- Canale, R.P., and A.H. Vogel. (1974). The effects of temperature on phytoplankton growth. J. Env. Eng., ASCE 100(EE1):231-241.
- Chao X., Shankar N. J., Cheong H. F. 2001. Two- and three-dimensional oil spill model for coastal Waters. Ocean Engineering 28, pág 1557–1573.
- Chilton J. (Ed.). 1997. Groundwater in the Urban Environment. In Proceedings of the XXVII IAH Congress on Groundwater in the Urban Environment. Nottingham, UK.
- Churchill, M.A., Elmore, H.L., and Buckingham, R.A., 1962, Prediction of Stream Reaeration Rates, J. San. Engr Div. ASCE SA4.1, Proc. Paper 3199
- Colomer F. L. 2002. Modelos matemáticos de sistemas acuáticos dinámicos. Alicante, España. Publicaciones de la Universidad de Alicante. 220 pág.
- Covar A. P. (1976). Selecting the proper reaeration coefficient for use in water quality models. Presentado en la USEPA Conference on Environmental Simulation and Modeling, Abril, 19 – 22.
- Crompton B. J. 2003. Effect of Land Use on Sediment Oxygen Demand Dynamics in Blackwater Streams. B.S.Ed., University of Georgia, 2003.



Asunto: Continuación de la resolución C.D. 1333/15.

CD. 1333/15

CUDAP: EXP-UBA. 26.065/15

//8..

- DiToro, D.M., Paquin, P.R., Subburamu, K. and Gruber, D.A., 1990. Sediment Oxygen Demand Model: Methane and Ammonia Oxidation. J. Environ. Eng., ACSE 116(5), 945-986.
- Dobbins, W.E., 1964, BOD and oxygen relationships in streams. J. San. Eng. Div. ASCE 90(SA3), 53-78.
- Escobar J. 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Recursos naturales e infraestructura. CEPAL, ONU, Santiago de Chile.
- Fred Lee G., Jones-Lee, A. 2007. Role of Aquatic Plant Nutrients in Causing Sediment Oxygen Demand. Part II - Sediment Oxygen Demand. G. Fred Lee & Associates, El Macero, California.
- Hatcher K. (Ed.) (1986). Sediment oxygen demand: Processes, Modeling and Measurement. Inst. Natural Resources, University of Georgia, Athens, GA.
- Jolánkai G. 1992. Hydrological, Chemical and Biological Processes of Contaminant Transformation and Transport in River and Lake Systems. International Hydrological Programme. UNESCO, Paris. 147 pág.
- Langbein W. B. and Durum W. H.; (1967). The Aeration capacity of streams. Geological Survey Circular 542, US Department of Interior, Washington DC.
- Lee G. F., Jones-Lee A. 2007. Role of Aquatic Plant Nutrients in Causing Sediment Oxygen Demand: Part II - Sediment Oxygen Demand. Report of G. Fred Lee & Associates, El Macero, CA.
- Maidment, D.R. (ed.), 1993, Handbook of Hydrology, McGraw-Hill, New York.
- Martínez J., Mallo M., Lucas R., Álvarez J., Salvarrey A., Gristo P. 2005. Cap. 3, Liberación y Transporte de Contaminantes. En *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos, Fundamentos*. Tomo I. Montevideo, Uruguay. 163 pág.
- Mills, W. B., Porcella, D. B., Unga, M. J., Gherini, S. A., Summers, K. V., Mok, L., Rupp, G. L., Bowie, G. L., and Haith, D. A., 1985. Water Quality Assessment: A Screening Procedure for Toxic and Conventional Pollutants in Surface and Ground Water, Parts I and II. EPA/600/6-85/002a,b.
- Morreniz M. M., Doménech P. M. 2012. *Modelación de la calidad del agua*. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio ambiente. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de caminos, canales y puertos. Valencia, España. 210 págs.
- NOAA. 2013. Nonpoint Source Pollution. National Ocean Service. Disponible en: <http://www.oceanservice.noaa.gov>
- O'Connor D. J. 1960. Oxygen Balance of an Estuary. Journal of the Sanitary Engineering Division. Proceedings of the American Society of Civil Engineers.
- O'Connor, D.J. (1961) Oxygen balance of estuary. J. San. Eng. Div. ASCE 86(SA3), 35-55.
- O'Connor, D.J. and Dobbins, W.E., 1958, Mechanism of Reaeration in Natural Streams, Trans. ASCE, 123:641-666.
- O'Connor D.J. (1983). Wind Effects on Gas - Liquid Transfer Coefficients. Jour. of Env Eng, Vol. 109, NO.3, PP.731-752



Asunto: Continuación de la resolución C.D. 1333/15

CD. 1333/15

CUDAP: EXP-UBA. 26.065/15

//9..

- Orlob, G.T. (ed.), 1983, *Mathematical Modeling of Water Quality: Streams, Lakes and Reservoirs*, John Wiley & Sons, Inc., Chichester, UK
- Owens, M., Edwards, R.W. and Gibbs, J.W. (1964) Some reaeration studies in streams. *Int. J. Air Wat. Poll.* 8, 469-486.
- Santa Cruz A. S. M. 2000. *Difusión de Contaminantes Gaseosos en la Atmósfera*. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Rosario - Departamento de Ingeniería Química. Cátedra: Área Informática Aplicada a la Ingeniería de Procesos. Rosario, Argentina. 88 págs.
- Schnoor, J.L., 1996. *Environmental Modeling, Fate and Transport of Pollutants in Water, Air and Soil*. John Wiley and Sons, New York.
- Shun D. L. 2007. *Lakes and Reservoirs, En: Water and Wastewater Calculations Manual*, 2nd Ed. McGraw-Hill, USA.
- Socolofsky S. A, y Jirka G. H. 2002. *Environmental Fluid Mechanics. Part I: Mass Transfer and Difusion*. Institut für Hydromechanik, Universität Karlsruhe, 76128-Karlsruhe, Germany.
- Streeter, H.W. and Phelps, E.B., 1925. *A Study of the Pollution and Natural Purification of the Ohio River, III. Factors Concerned in the Phenomena of Oxidation and Reaeration*. U.S. Public Health Service, Washington, D.C.
- Trujillo A. P. y Thurman H. V. 2011. *Essentials of Oceanography*. Prentice Hall, USA.
- U.S. Army Corps of Engineers. 1999. *GROUNDWATER HYDROLOGY: Engineering and Design*. Washington, DC 20314-1000.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2007. *National Management Measures to Control Nonpoint Source Pollution from Hydromodification*. Nonpoint Source Control Branch. Office of Wetlands, Oceans and Watersheds. Office of Water. Washington, DC 20460 (4503T). EPA 841-B-07-002.
- US Environmental Protection Agency. 2000. *National Management Measures for the Control of Nonpoint Pollution from Agriculture*. Office of Water (4503T) 1200 Pennsylvania Avenue, NW Washington, D.C. 20460.
- USEPA, 1995c, *Ecological Restoration: A Tool to Manage Stream Quality*. Report EPA 841-F-95-007, US EPA, Washington, DC.
- USEPA, 1998, *Lake and Reservoir Bioassessment and Biocriteria: Technical Guidance Document*. EPA 841-B-98-007. Washington, DC: EPA Office of Water.
- USEPA, 1999, *Draft Guidance for water Quality-based Decisions: The TMDL Process (Second Edition)*, Washington, DC: EPA Office of Water.
- USEPA. 1994. *Water Quality Standards Handbook: Second Edition*. EPA 823-B-94-005a. Washington, DC: EPA Office of Water.
- Vadas P. A. 2013. *Annual Phosphorus Loss Estimator*. U.S. Dairy Forage Research Center. Madison, Wisconsin, USA. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture, USDA.
- Valdez E. C. y Vázquez González A. B. 2003. *Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales*. Fundación ICA, México, 341 pág.



Asunto: Continuación de la resolución C.D. 1333/15

CD. 1333/15
CUDAP: EXP-UBA. 26.065/15
//10..

- Villars M. T., Delvigne G. A. L. 2001. Estuarine Processes. United States of America.
- Villars M. T., Delvigne G. A. L. 2001. Estuarine Processes: Literature review. Delft hydraulics. 103 pág.
- Wang S., Shen Y., Guo Y., Tang J. 2008. Three-dimensional numerical simulation for transport of oil spills in seas. Ocean Engineering 35. Pág. 503-510.
- Wang S.D., Shen Y.M., Zheng Y.H. 2005. Two-dimensional numerical simulation for transport and fate of oil spills in seas. Ocean Engineering 32 (2005) 1556-1571.
- Williamson R. 2001. Transport and Fate of Contaminants in Surface Water. Department of Civil and Environmental Engineering, San Jose State University, San Jose, Calif., and John Klamut, Sunnyvale, Calif.
- Yong, Raymond N.; Mohamed, Abdel M. O.; Warkentin, Benno P.; 1992. Principles of contaminant transport in soils. Developments in Geotechnical Engineering, 73. Amsterdam: Elsevier. 327 pag.

Ing. Agr. Adriana M. RODRÍGUEZ
Secretaria Académica

Ing. Agr. Rodolfo A. GOLLUSCIO
Decano

RESOLUCIÓN C. D. 1333

