

QUIMICA AMBIENTAL, CONTAMINACION Y CICLOS BIOGEOQUIMICOS

1- Contenido global del curso.

La materia constituye una introducción al estudio de la distribución ambiental y dinámica de especies químicas, incluyendo contaminantes y ciertos compuestos naturales. Se estudian las propiedades de los compuestos y los factores ambientales que regulan el comportamiento de las moléculas en el ambiente; su origen, distribución, transporte, degradación y destino final en las distintas fases o compartimientos ambientales: aire con material particulado y fase vapor, agua con fase disuelta, particulada suspendida y sedimentos, biota, tanto terrestre como acuática y suelos. La materia es entonces una introducción a la química ambiental y biogeoquímica de contaminantes y sustancias naturales (materia orgánica, carbono).

La principal contribución del curso es que representa una interfase entre la química, especialmente analítica, y el ambiente, presentando y efectuando demostraciones de métodos analíticos potentes para estudios ecológicos. Los aportes más importantes en relación con las otras disciplinas de la carrera de Ecología se pueden dividir en dos grandes líneas: una de carácter aplicado, relacionada con el monitoreo y evaluación de la calidad o degradación del ambiente, y la otra más vinculada a la investigación básica, referida al ciclo biogeoquímico de especies químicas importantes por sus efectos o rol en el funcionamiento global del ecosistema.

2- Metas y objetivos generales.

Los objetivos generales de la materia son:

- a- Resaltar el aspecto dinámico e interdisciplinario de los problemas de contaminación ambiental.
- b- Estudiar los principios básicos que determinan la repartición ambiental de especies químicas y su biodisponibilidad para los seres vivos.
- c- Discutir las ventajas y desventajas de las distintas aproximaciones y modelos utilizados en los estudios de química ambiental y biogeoquímica.
- d- Reforzar la percepción de los contaminantes no como compuestos "extraños" que circulan de manera más o menos independiente, sino como moléculas o elementos integrados a los complejos procesos y ciclos naturales de la materia.
- e- Estudiar la distribución global de algunos compuestos antropogénicos y su relación con el ciclo biogeoquímico de los elementos mayores.
- f- Realizar demostraciones y proveer adiestramiento en distintas técnicas de monitoreo ambiental y en el uso de métodos analíticos para la determinación de contaminantes.



3- Unidades temáticas.

La materia tiene seis grandes unidades temáticas a saber:

- 1- Introducción, donde se presenta la naturaleza del problema originado por la producción masiva de sustancias químicas, su clasificación, objetivos y campo de aplicación de la química ambiental y biogeoquímica y nociones sobre control y legislación de la contaminación.
- 2- Estructura y propiedades de los contaminantes, donde se abordará el estudio de las distintas características moleculares que afectan el comportamiento ambiental del producto, incluyendo las técnicas y métodos de medición y estimación.
- 3- Procesos ambientales, que trata sobre los distintos factores y procesos que intervienen en la distribución de un compuesto en el ambiente.
- 4- Técnicas de monitoreo ambiental, donde se abordan distintas estrategias y métodos de trabajo para evaluar la contaminación en aire y aguas.
- 5- Modelos, que trata sobre los distintos modelos, desde experimentales de laboratorio y campo a matemáticos para estudiar la distribución ambiental de contaminantes.
- 6- Ciclos biogeoquímicos y distribución de contaminantes, donde se estudia la circulación global de ciertos compuestos y su relación con el ciclo de los elementos mayores, p. ej. el carbono.

4- Contenidos.

Clases Teóricas

1- Introducción

- Era química y contaminación.
- Contaminantes convencionales, microcontaminantes, conservativos y no conservativos, contaminantes prioritarios.
- Orígenes y cantidades de sustancias producidas y descargadas al ambiente.
- Química Ambiental y Biogeoquímica.
- Control y Legislación de la contaminación.

2- Estructura y propiedades fisico-químicas de contaminantes

- Peso, volumen y superficie molecular.
- Persistencia.
- Polaridad.
- Punto de ebullición y presión de vapor.
- Solubilidad en agua.
- Constante de Henry.
- Lipofilicidad, coeficiente de repartición en el carbono orgánico y octanol-agua. Definición, significado y técnicas de medición o estimación de los parámetros.
- Relaciones cuantitativas estructura-propiedad, propiedad-propiedad y estructura-actividad.

3- Procesos ambientales

- Procesos de Carga (fuentes puntuales, difusas y deposición atmosférica).
- Especiación (equilibrio ácido-base, potencial redox, adsorción, complejación).
- Procesos de Transporte (disolución-precipitación, volatilización de aguas y suelos, infiltración, sedimentación).
- Procesos de Transformación (hidrólisis, fotólisis, biodegradación).
- Procesos de Bioacumulación (bioconcentración, bioacumulación y biomagnificación en organismos acuáticos, acumulación en vegetación terrestre. Mecanismos y modelos. Significado y rol de cada proceso en la distribución ambiental de contaminantes. Técnicas de medición, estimación y modelización.



4- Técnicas de monitoreo ambiental

- Monitoreo electrónico (sensores, señales, muestreo y conversión, sistemas de adquisición, almacenamiento y transmisión de datos, estaciones inteligentes).
- Monitoreo químico (muestreo, análisis convencionales, digestión, extracción, purificación y cuantificación de contaminantes por cromatografía gaseosa de alta resolución y espectrometría de absorción atómica).
- Monitoreo biológico (organismos centinela, requisitos y características, bivalvos y otros invertebrados en el medio acuático, plantas vasculares y líquenes en aire).

5- Modelos

- Modelos de laboratorio (micro y mesocosmos).
- Matemáticos (de compartimientos múltiples, repartición en equilibrio y fugacidad).
- Estudios de campo (orígenes, distribución y destino ambiental de hidrocarburos, organohalogenados y metales pesados).

6- Ciclos biogeoquímicos y distribución de contaminantes

- Distribución global de contaminantes (rutas y procesos de transporte global, sumideros, atmósfera, océanos, continentes y biota).
- Ciclo del carbono (rutas, flujos, reservorios, alteraciones antrópicas e interacciones con el ciclo de otros elementos mayores).



Trabajos Prácticos

1- Repaso de nociones de química, Contaminantes convencionales

- Definiciones, unidades de concentración y peso, problemas.
- Material de laboratorio, manejo y procedimiento de limpieza.
- Parámetros físico-químicos, definiciones y técnicas de análisis.
- Elementos de muestreo (botellas, dragas y "corers").
- Sondas ambientales (medición de oxígeno disuelto y conductividad).
- Preparación de la primera campaña de muestreo.

2- Primera campaña de muestreo

- salida al Río Santiago y Río de la Plata para la medición *in situ* de parámetros físico-químicos mediante sondas ambientales, y muestreo de agua, sedimentos y organismos.

3- Análisis de datos y muestras de la primera campaña

- Compilación de datos de temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y turbidez.
Diagramación del informe.
- Filtración de las muestras de agua y determinación de material particulado suspendido.
- Determinación de la demanda química de oxígeno y carbono orgánico disuelto.

4- Segunda campaña de muestreo

- Salida a la zona costera del Río de la Plata para muestreo de material particulado suspendido en aire y recolección de agua, sedimentos y bivalvos.

5- Procesamiento de muestras I

- Filtración de muestras de agua.
- Determinación de la demanda química de oxígeno y carbono orgánico disuelto.
- Extracción de compuestos orgánicos.
- Determinación de material particulado en aire.

6- Procesamiento de muestras II

- Determinación de la granulometría y contenido de materia orgánica de los sedimentos.
- Extracción de compuestos orgánicos de sedimentos.

7- Primer examen parcial



- 8- Procesamiento de muestras III
 - Extracción de compuestos orgánicos y metales pesados en organismos.
 - Extracción de compuestos orgánicos y metales en aire.

- 9- Procesamiento de muestras IV
 - Purificación y fraccionamiento de los extractos orgánicos.
 - Centrifugación y dilución de extractos de metales.

- 10- Análisis de compuestos orgánicos I
 - Cromatografía gaseosa, principios y operación del equipo.
 - Análisis de extractos para la determinación de plaguicidas clorados.

- 11- Análisis de compuestos orgánicos II
 - Análisis de extractos para la determinación de plaguicidas clorados.

- 12- Análisis de metales pesados I
 - Espectrometría de absorción atómica, principios y operación del equipo.
 - Análisis de extractos para la determinación de hierro, cobre, zinc y manganeso.

- 13- Análisis de metales pesados II
 - Análisis de extractos para la determinación de hierro, cobre, zinc y manganeso.

- 14- Quimiometría I
 - Depuración y ordenamiento de datos en hojas de cálculo.
 - Cuantificación.

- 15- Quimiometría II
 - Análisis estadísticos e interpretación de resultados.
 - Diagramación de informe.

- 16- Modelización
 - Evaluación teórica y calibración con datos empíricos de un modelo de Fugacidad I para determinar la repartición ambiental de lindano y DDTs en Río Santiago y Río de la Plata.

- 17- Segundo examen parcial



5- Metodología.

Los teóricos incluirán clases magistrales con presentación de transparencias, bibliografía actualizada y demostraciones con instrumental o computadora sobre temas particulares. Se pretende introducir al alumno a la temática y darle los conocimientos teóricos indispensables para abordar los trabajos prácticos logrando una adecuada integración de la información.

Los trabajos prácticos comprenderán explicaciones de las experiencias y análisis programados, salidas al terreno para muestreo y mediciones *in situ*, y prácticas de laboratorio donde se analizarán las muestras colectadas. El objetivo de estos trabajos es que el alumno tome contacto directo y practique las distintas técnicas y tenga el incentivo de poder realizar por si mismo desde el muestreo, análisis químicos, tratamiento de datos, interpretación de resultados hasta la modelización de los mismos.

6- Evaluación.

La materia es intensiva con promoción y la evaluación se efectúa mediante dos exámenes parciales que abordan la temática desarrollada en teóricos y prácticos, la presentación de dos informes personales o grupales (máximo 2-3 personas) sobre los trabajos realizados, y la nota de concepto general. También se da la posibilidad de realizar presentaciones sobre temas de interés con el objeto de elevar el promedio (opcional).

7- Bibliografía.

Siendo la disciplina de Química Ambiental y Biogeoquímica relativamente reciente, la bibliografía está casi exclusivamente en lengua inglesa y no es frecuente en las bibliotecas tradicionales. Por ello, la documentación utilizada (libros o trabajos específicos) es aportada por la Cátedra. Una bibliografía sumaria se adjunta en anexo.

8- Duración de la materia.

La materia es cuatrimestral con clases teóricas (mañana) y prácticas (tarde) desarrolladas en un mismo día (8 hs.). El contenido de los trabajos prácticos refleja el cronograma de la materia: 1 TP por semana con el primer examen parcial en la semana 7 (fines de septiembre) y el segundo en la 17 (1a-2a semana de diciembre), con presentaciones de informes intermedias.

Los teóricos están a mi cargo, como Profesor Asociado, y los trabajos prácticos se desarrollan bajo la supervisión de la Dra. María J. Rodríguez Presa con el apoyo del Lic. Claudio Bilos, la Ing. Patricia Landoni y el mío propio.



BIBLIOGRAFIA

General

- Ecología, E.P. Odum. Interamericana, 1972.
- Ecología, R. Margalef. Omega, 1974.
- Química y Ecosfera, Temas de Ecología Química e Industrial. Selecciones de Scientific American. H. Blume, 1976.
- Ingeniería Ambiental, R.S. Fonfría y J.P. Ribas. MARCOMBO, S.A. 1989.
- Química. Enfoque Ecológico, T.R. Dickson. Ed. Limusa, 1994.
- Contaminación del Aire. Origen y Control, K. Wark y C.F. Warner. Limusa 1994.
- Química Bioinorgánica, E.J. Baran. McGraw-Hill, 1995.
- Elementos de Política Ambiental, F. Goñi y R. Goñi (ed.). Honorable Cámara de Diputados de la Prov. de Buenos Aires, 1993.
- Principles of ecotoxicology, G.C. Butler (ed.). SCOPE 12, J. Wiley, 1978.
- Manuel des analyses chimiques en milieu marin, A. Aminot y M. Chaussepied (ed.). Centre National Exploitation des Océans (CNEXO), 1983.
- Methods of seawater analysis, 2nd edition, K. Grasshoff (ed.). Verlag Chemie, 1983.
- Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales, APHA-AWWA-WPCF, Diaz de Santos, 1992.
- Quantitative Chemical Analysis, D.C. Harris. Freeman and Company, 1987.
- Chemometrics: a textbook, D.L. Massart, B.G.M. Vandeginste, S.N. Deming, Y. Michotte y L. Kaufman. Elsevier, 1988.
- Statistics for analytical chemists, R. Caulcutt y R. Boddy. Chapman and Hall, 1983.
- The interpretation of analytical chemical data by the use of cluster analysis. D.L. Massart y L. Kaufman. J. Wiley & Sons, 1983.
- Polychlorinated biphenyls: biological criteria for an assessment of their effects on environmental quality, J.R. Roberts, D.W. Rodgers, J.R. Bailey y M.A. Rorke. National



- Research Council of Canada, N° NRCC 16077, 1978.
- Test protocols for environmental fate & movement of toxicants. Proceedings of a Symposium, Association of Official Analytical Chemist, 1981.
 - A screen for the relative persistence of lipophilic organic chemicals in aquatic ecosystems - An analysis of the role of simple computer model in screening, J.R. Roberts, M.F. Mitchell, M.J. Boddington, J.M. Ridgeway. NRCC 18570, 1981.
 - Water Quality Assessment: A Screening Procedure for Toxic and Conventional Pollutants in Surface and Ground Water- Part I, Mills, W.B., D.B. Porcella, M.J. Unga, S.A. Gherini, K.V. Summers, L. Mok, G.L. Rupp, G.L. Bowie y D.A. Haith. Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia, 1985.
 - Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment: formation, sources, fate and effects on aquatic biota. Panel on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, NRCC 18981, 1983.
 - An overview of sediment-associated contaminants and their bioassessment, M. Munawar, R.L. Thomas, H. Shear, P. McKee y A. Mudroch. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1253, 1984.
 - Halogenated biphenyls, terphenyls, naphthalenes, dibenzodioxins and related products, R.D. Kimbrough y A.A. Jensen (ed.). Elsevier, 1989.
 - Metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment, U. Varanasi (ed.). CRC Press, B. Raton, Fl., 1989.

Algunas referencias específicas

Contaminantes

- Hoffmann, M.R., E.C. Yost, S.J. Eisenreich y W.J. Maier, (1981). Characterization of soluble and colloidal-phase metal complexes in river water by ultrafiltration. A mass-balance approach. Environ. Sci. & Technol., 15: 655-661.
- Oakley, S.M., P.D. Nelson y K.J. Williamson, (1981). Model of trace metal partitioning in marine sediments. Environ. Sci.



- Technol., 15: 474-480.
- Davies-Colley, R.J., P.O. Nelson y K.J. Williamson, (1984). Copper and cadmium uptake by estuarine sedimentary phases. Environ. Sci. Technol., 18: 491-499.
 - Cohen, Y. (1986). Organic pollutant transport. Environ. Sci. Technol., 20: 538-544.
 - Bourg, A.C., (1987). Trace-metal adsorption modelling and particle-water interactions in estuarine environments. Cont. Shelf Res., 7: 1319-1332.
 - Connolly, J.P. y Ch. J. Pedersen (1988). A thermodynamic-based evaluation of organic chemical accumulation in aquatic organisms. Environ. Sci. Technol., 22: 99-103.
 - Gobeil, C. y N. Silverberg, (1989). Early diagenesis of lead in Laurentian Trough sediments. Geochim. Cosmochim. Acta, 53: 1889-1895.
 - Gearing, J.N. (1989). The role of aquatic microcosms in ecotoxicologic research as illustrated by large marine systems. En "Ecotoxicology: problems and approaches" (Ed. S.A. Levin, M.A. Harwell, J.R. Kelly y K.D. Kimball). Springer-Verlag.
 - Catoggio, J.A., S.D. Succar y A. Roca, (1989). Polynuclear aromatic hydrocarbon content of particulate matter suspended in the atmosphere of La Plata, Argentina. Sci. Total. Environ., 79: 43-58.
 - Colombo, J.C., E. Pelletier, C. Brochu, M. Khalil y J.A. Catoggio (1989). Determination of hydrocarbon sources using n-alkane and polyaromatic hydrocarbon distribution indexes. Case study: Río de la Plata Estuary, Argentina. Environ. Sci. Technol., 23: 888-894.
 - Colombo, J.C., M.F. Khalil, M. Arnac, A.C. Horth y J.A. Catoggio. (1990). Distribution of chlorinated pesticides and individual polychlorinated biphenyls in biotic and abiotic compartments of the Río de la Plata, Argentina. Environ. Sci. & Technol., 24: 498-505.
 - Colombo, J.C., C. Bilos, M.J. Rodriguez Presa y F. Schroeder (1994). Contaminación química en el Río de la Plata. Evaluación del impacto de efluentes urbano-industriales mediante monitoreo



electrónico, químico y biológico. Gerencia Ambiental, 6: 420-451.

- Colombo, J.C., C. Bilos, M. Campanaro, M.J. Rodriguez Presa y J.A. Catoggio (1995). Bioaccumulation of polychlorinated biphenyls and chlorinated pesticides by the asiatic clam Corbicula fluminea: its use as sentinel organism in the Río de la Plata Estuary, Argentina. Environ. Sci. & Technol., 29: 914-927.
- Ferraro, S.P., H. Lee II, R.J. Ozretich y D.T. Specht (1990). Predicting bioaccumulation potential: a test of a fugacity-based model. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 19: 386-394.
- Barron, M.G. (1990). Bioconcentration. Environ. Sci. Technol., 24: 1612-1618.
- Burnett, K.M. y W.J. Liss (1990). Multi-steady-state toxicant fate and effect in laboratory aquatic ecosystems. Environ. Toxicol. and Chem., 9: 637-647.
- Larsson, P., L. Okla y P. Woin (1990). Atmospheric transport of persistent pollutants governs uptake by holarctic terrestrial biota. Environ. Sci. Technol., 24: 1599-1601.
- Schwarzenbach R.P. y P.M. Gschwend (1990). Chemical transformations of organic pollutants in the aquatic environment. En "Aquatic chemical kinetics" (Ed. W. Stumm). J. Wiley.
- IUPAC Commission on water chemistry (1991). The use of quantitative structure-activity relationships for predicting rates of environmental hydrolysis processes. Pure & Appl. Chem., 63: 1667-1676.
- Mackay, D. y S. Paterson (1991). Evaluating the multimedia fate of organic chemicals: A level III fugacity model. Environ. Sci. Technol., 25: 427-436.
- Holsen, T.M., K.E. Noll, S.-P. Liu y W.-J. Lee (1991). Dry deposition of polychlorinated biphenyls in urban areas. Environ. Sci. Technol., 25: 1075-1081.
- Ballschmiter, K. y R. Wittlinger (1991). Interhemisphere exchange of hexachlorocyclohexanes, hexachloro-benzene, polychlorobiphenyls, and 1,1,1-trichloro-2,2-bis (p-chlorophenyl) ethane in the lower troposphere. Environ. Sci.



- Technol., 25: 1103-1111.
- Ballschmiter, K. (1991). Global distribution of organic compounds. Environ. Carcino. & Ecotox. Revs., C9: 1-46.
 - Calamari, D., E. Bacci, S. Focardi, C. Gaggi, M. Morosini y M. Vighi (1991). Role of plant biomass in the global environmental partitioning of chlorinated hydrocarbons. Environ. Sci. Technol., 25: 1489-1495.
 - Sato, Ch. y J.L. Schnoor (1991). Applications of three completely mixed compartment models to the long-term fate of dieldrin in a reservoir. Wat. Res., 25: 621-631.

Ciclos Biogeoquímicos

- Sedimentary cycling. Models of global processes, F.T. Mackenzie y R. Wollast. En "The Sea, marine modelling", Vol. 6 (Ed. Goldberg et al.). J. Wiley, 1977.
- Flux of organic carbon by rivers to the oceans. Carbon dioxide effects research and assessment program. U.S. Department of Energy, 1980.
- Carbon cycle modelling (Ed. B. Bolin). SCOPE 16, J. Wiley, 1981.
- The global biogeochemical sulphur cycle (Ed. M.V. Ivanov y J.R. Freney). SCOPE 19, J. Wiley, 1983.
- The major biogeochemical cycles and their interactions (Ed. B. Bolin y R.B. Cook). SCOPE 21, J. Wiley, 1983.
- Climate processes and climate sensitivity (Ed. J.E. Hansen y T. Takahashi). Geophysical Monograph 5, American Geophysical Union, 1984.
- The geochemistry of organic matter in the ocean. E.A. Romankevich. Springer-Verlag, 1984.
- The carbon cycle and atmospheric CO₂: Natural variations archean to present (Ed. Sundquist and W.S. Broecker). Geophysical Monograph 32, American Geophysical Union, 1985.
- The changing carbon cycle. A global analysis (Ed. J.R. Trabalka y D.E. Reichle). Springer-Verlag, 1986.
- Basic concepts in geochemical modelling. R. Wollast. En "The role of air-sea exchange in geochemical cycling" (Ed. P. Buat-



- Ménard), D. Reidel Publ. Co., 1986.
- Nitrogen cycling in coastal marine environments (Ed. T.H. Blackburn y J. Sorensen). SCOPE 33, J. Wiley, 1988.
 - Global biogeochemical cycles and climate. R. Wollast y F.T. Mackenzie. En "Climate and Geo-Sciences", (Ed. A. Berger), D. Reidel Publ. Co., 1989.
 - Environmental chemical stress effects associated with carbon and phosphorus biogeochemical cycles. A. Lerman, F.T. Mackenzie y J. Geiger. En "Ecotoxicology: problems and approaches" (Ed. S.A. Levin, M.A. Harwell, J.R. Kelly y K.D. Kimball). Springer-Verlag, 1989.
 - Changing climate and the coast, Vol. 1 and 2. (Ed. J.G. Titus, R. Wedge, N. Psuty y J. Fancher). Report to the Intergovernmental Panel on Climate Change from the Miami Conference on Adaptative Responses to Sea level Rise and other impacts of Global Climate Change, U.S. Army Corp of Engineers, EPA and NOAA, 1990.
 - Review of Carbon, Nitrogen, and Phosphorus biogeochemistry. J.H. Sharp. Reviews of Geophysics, suppl., 648-657, 1991.
 - Changing productivity of the oceans in response to a changing climate. Annals of Botany, 67: 57-60, 1991.
 - Global change and terrestrial hydrology - a review. R.E. Dickinson, Tellus, 43: 176-181, 1991.



QUIMICA AMBIENTAL, CONTAMINACION Y CICLOS BIOGEOQUIMICOS

La materia constituye una introducción al estudio de la distribución ambiental y ecodinámica de especies químicas. Se estudian las propiedades de los compuestos y los factores ambientales que regulan el comportamiento de las moléculas en el ambiente; su origen, distribución, transporte, degradación y destino final en las distintas fases o compartimientos ambientales.

Objetivos: 1- estudiar los principios básicos que determinan la repartición ambiental de especies químicas, su integración en los ciclos y procesos naturales y su biodisponibilidad para los seres vivos; 2- discutir las ventajas y desventajas de distintas aproximaciones y modelos para los estudios biogeoquímicos; 3- estudiar la distribución global de algunos compuestos antropogénicos y su relación con el ciclo de los elementos mayores; 4- realizar demostraciones y proveer adiestramiento en técnicas de monitoreo ambiental y métodos analíticos para la determinación de contaminantes.

Unidades temáticas: 1- Introducción, donde se presenta la naturaleza del problema originado por la producción masiva de sustancias químicas; 2- Estructura y propiedades fisico-químicas de los contaminantes; 3- Procesos ambientales; 4- Técnicas de monitoreo ambiental; 5- Modelos; y 6- Ciclos biogeoquímicos y distribución de contaminantes.

Metodología: la materia incluye clases teórico-prácticas donde se presentan transparencias, bibliografía actualizada y se realizan demostraciones con instrumental o computadora, y clases prácticas que incluyen salidas al campo para medición "in situ" y muestreo, análisis de laboratorio, interpretación de resultados y redacción de informes.

Modalidad: la materia es cuatrimestral intensiva con clases teórico-prácticas desarrolladas en un mismo día (8 h), con promoción y evaluación a través de dos exámenes parciales teórico-prácticos, presentación de dos informes y nota de concepto general. También se da la posibilidad de realizar presentaciones sobre temas de interés particular para los alumnos.