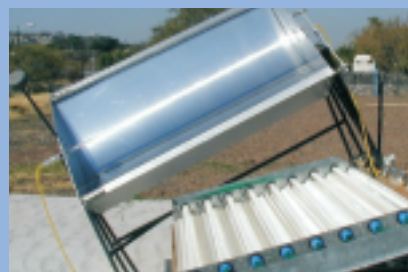


FACILIDADES FOTOCATALÍTICAS

Grupo de trabajo - Proyecto OEA/AE/141

Tecnologías Económicas para la
Desinfección y Descontaminación de Aguas
en Zonas Rurales de América Latina



Argentina, Brasil, Chile, México y Perú

Noviembre de 2004

FACILIDADES FOTOCATALÍTICAS

*Grupo de trabajo
Proyecto OEA/AE/141*



*Tecnologías Económicas para la
Desinfección y Descontaminación de
Aguas en Zonas Rurales de América Latina*



Argentina, Brasil, Chile, México y Perú

Noviembre de 2004

Unidad de Actividad Química
Centro Atómico Constituyentes
Comisión Nacional de Energía Atómica
Buenos Aires, Argentina

*Unidad de Actividad Química
Centro Atómico Constituyentes
National Atomic Energy Commission
Buenos Aires, Argentina*





Vista panorámica del CAC
Panoramic view of the CAC



Columna Aceleradora
Accelerating Column

Sección 1: Bienvenidos al CAC

El Centro Atómico Constituyente (CAC) es un centro de Investigación y Desarrollo que cubre un amplio espectro de actividades centradas en las ciencias base de la tecnología nuclear, desde la investigación básica y aplicada, al desarrollo y transferencia de tecnología, incluyendo la producción pre-competitiva en la escala de planta piloto y la tarea de formación de los recursos humanos.

Reactor RA-1 Enrico Fermi

El Reactor RA-1, primer reactor nuclear argentino y primero en operar en Latinoamérica, marcó un hito fundamental en la historia de la energía nuclear en nuestro país. En él se produjeron los primeros radioisótopos nacionales para uso medicinal e industrial.

Asimismo el reactor RA-1 fue pionero en la formación de recursos humanos adecuados para encarar los proyectos de instalación de las dos centrales nucleares argentinas. Actualmente se lo utiliza como reactor de investigación y docencia.

TANDAR Acelerador de Iones Pesados

Los aceleradores de partículas son instrumentos fundamentales para el estu-

Section 1: Welcome to CAC

The Centro Atómico Constituyentes (CAC, Constituyentes Atomic Center) is a Research and Development Center that covers a wide spectrum of activities centered on base sciences of nuclear technology, ranging from basic and applied research to development and technology transference, including a pre-competitive production as pilot plant, and training of human resources.

RA-1 Enrico Fermi Reactor

The RA-1 reactor, the first nuclear reactor ever in Argentina and the first one to operate in Latin America, was a milestone in the history of atomic energy in our country. The first national radioisotopes for medicinal and industrial use were produced with this reactor.

The RA-1 reactor was also a pioneer in the training of qualified human resources to take on the installation projects of the two nuclear centrals in Argentina. It is currently being used for research and teaching activities.

TANDAR – Heavy Ions Accelerator

Particle accelerators are fundamental instruments for studying the structure of matter. The TANDAR is a 20-million-volt electrostatic accelera-

tor of the tandem type (20 MV). Figure XX is a schematic representation of the TANDAR.

Information Center at the CAC –Eduardo J. Savino Library

The main purpose of the Information Center is to provide the necessary information to support research activities, human resources training, and the professional development of staff scientists, interns and students from the institution and from other institutions working on similar areas as well, be these national or foreign.

The library has one of the most important collections in the country, including all kinds of periodic publications, books, reports, and regulations on topics related to pacific uses of nuclear energy and related sciences, such as the Science of Materials, Physical Sciences, Chemical Sciences, and Non-Destructive Testing.

Its web address is:

<http://www.cnea.gov.ar/cac/ci/default.htm>.

Section 2: Unidad de Actividad Química, UAQ

The Unidad de Actividad de Química is a Unit devoted to Basic and Applied Research, Technological Development and Specialized Services in the areas of Physical Chemistry, Inorganic Chemistry and Analytical Chemistry. Its activities also include projections towards Material and Environmental Sciences. The direc-

tion of the structure of the matter. El TANDAR es un acelerador electrostático de tipo tándem de 20 millones de voltios (20 MV) esquema figura XX.

Centro de Información CAC Biblioteca Eduardo J. Savino

La finalidad principal del Centro de Información es proveer la información necesaria para apoyar la realización de investigaciones, formación de recursos humanos y desarrollo profesional del personal científico, becarios y alumnos de la institución y de otras, nacionales o extranjeras, relacionadas temáticamente.

La biblioteca cuenta con una de las colecciones más importantes del país de publicaciones periódicas, libros, informes y normas en temas referidos a los usos pacíficos de la energía nuclear y ciencias conexas tales como materiales, físicas, químicas y ensayos no destructivos. La dirección web es:

<http://www.cnea.gov.ar/cac/ci/default.htm>

Sección 2: Unidad de Actividad Química (UAQ)

La Unidad de Actividad de Química es una Unidad de Investigación Básica y Aplicada, Desarrollo Tecnológico y Servicios Especializados en el área de la Fisicoquímica, la Química Inorgánica y la Química Analítica. Sus actividades abarcan también las proyecciones hacia las Ciencias de los Materiales y del Medio Ambiente. El jefe de la Unidad es el Dr. Miguel A. Blesa. En el ámbito de los estudios funda-



Esquema del Tandar
Schematic representation of the Tandar

Biblioteca Eduardo. J. Savino
Eduardo J. Savino Library





Laboratorio de Química Analítica
Analytical Chemistry Laboratory



Fotorreactores comerciales para FH
Commercial photoreactors for HP

mentales, la actividad se centra alrededor de la Fisicoquímica de Fluidos (especialmente del agua) y de la Química Inorgánica de Suspensiones Acuosas Coloidales. También se estudian los fundamentos de las Metodologías Analíticas Instrumentales, con especial énfasis en técnicas nucleares. Existe también una fuerte actividad de desarrollo tecnológico y de estudios de ingeniería. Como ejemplos, cabe mencionar el desarrollo de procedimientos para tratar aguas contaminadas y residuos orgánicos tóxicos, y las tareas de desarrollo de procesos y actividades conexas en centrales nucleares.

Las actividades relacionadas con la Ciencia de los Materiales incluyen las relacionadas a las centrales nucleares. También se estudian los procedimientos de síntesis por vía húmeda de óxidos metálicos precursores de materiales cerámicos de interés. Un sistema en el que actualmente se centran muchos estudios es el uso de dióxido de titanio como transductor de energía solar para diversos propósitos.

Las actividades medioambientales apuntan tanto a estudios básicos (movilización de iones metálicos, especiación de aguas naturales, modelización de transporte en atmósfera y aguas, tecnologías avanzadas de oxidación especialmente fotocatalisis heterogénea), como a servicios: monitoreo de efluentes de chimenea en centrales de generación termoeléctrica, aplicación de procedimientos validados para determinación de contaminantes en aire, etc.

El sector de Química Analítica incluye investigaciones y desarrollos de

tor of the Unit is Dr. Miguel A. Blesa. As regards fundamental studies, activities are based on Physical Chemistry of Fluids (mainly water) and Inorganic Chemistry of Colloidal Aqueous Suspensions. The foundations of Instrumental Analytical Methodologies are also studied, with special emphasis on nuclear techniques.

There is also a strong activity in the fields of technological development and Engineering studies. The development of procedures for the treatment of contaminated waters and toxic organic residues, as well as the development of processes and activities related to nuclear centrals can be mentioned as examples. The activities related to Material Sciences include those related to nuclear centrals. Humid synthesis procedures of metallic oxides that are precursors of ceramic materials of interest are also studied. The use of titanium dioxide as transducer of solar energy for different purposes is currently the center of numerous studies.

Environmental activities are focused both on basic studies (motility of metallic ions; speciation of natural waters; water and atmosphere transport modeling; advanced oxidation technologies, mainly heterogeneous photocatalysis) and services: monitoring of chimney emissions at thermoelectric generation centrals, application of validated procedures for the determination of pollutants in air, etc.

The Analytical Chemistry area includes research and development of

frontier methodologies in spectroscopies (X-ray fluorescence and optic), electrochemistry and different separation techniques.

The UAQ counts with its own craft workshops, as well as other craft workshops that belong to the CAC. There are mechanical, carpentry, sheet metal, ceramic, and glass workshops, among others, with specialized professionals and technicians for development, manufacturing or equipment maintenance tasks.

Environmental Activities at CNEA

All human activities in general and industrial activities in particular, have a greater or lesser environmental impact. CNEA, following the strict regulations established for all nuclear activity, has been a pioneer in the generation of special regulations to safeguard the environment. There is also a program to offer its capabilities for environmental developments and projects. CNEA has scientific and technological capabilities in different areas relevant to the environment, such as Air, Water and Soil Management, and the development of water and air remediation technologies. It has also established Projects related to Energetic Technologies with low environmental impact, such as Solar Energy and Fuel Cells, and it takes part in international activities such as the National Inventory of Greenhouse Effect Gases program (Programa de Inventarios Nacionales de Gases Efecto Invernadero), the International Panel

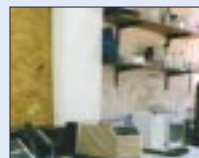
metodologías de frontera, en espectroscopías (de fluorescencia de rayos X y ópticas), electroquímica y técnicas separativas diversas.

La UAQ tiene a su disposición talleres propios y otros pertenecientes al CAC. Existen talleres de mecánica, carpintería, chapas, cerámica, vidrio, etc., con profesionales y técnicos especializados para trabajos de desarrollo, fabricación o mantenimientos de los equipos.

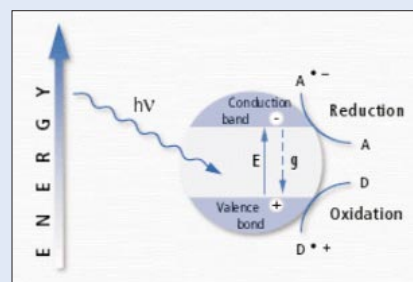
Actividades Ambientales de la CNEA

El impacto ambiental, mayor o menor, es una característica de todas las actividades humanas, y en particular de las actividades industriales. CNEA, en función de los estrictos requerimientos establecidos para la actividad nuclear, ha sido una institución pionera en el establecimiento de requisitos para salvaguardar el ambiente.

También se ha encarado un programa de oferta de sus capacidades en desarrollos y proyectos ambientales. CNEA dispone de capacidad científico-tecnológica en diversas áreas del quehacer ambiental, como la Gestión del Aire, del Agua y del Suelo, y el desarrollo de tecnologías de remediación de aguas y de aire. También ha establecido Proyectos vinculados con Tecnologías Energéticas de bajo impacto ambiental, como Energía Solar y Celdas de Combustible, y participa en actividades internacionales, como el programa de Inventarios Nacionales de Gases Efecto Invernadero, del International Panel on Climate Change (IPCC), establecido por la World Meteorological Organization (WMO) y el United Nations Environment Program (UNEP).



Laboratorios y equipamiento para realizar estudios fotocatalíticos
Laboratories and equipment to carry out photocatalytic studies



??
????????????????????????????????????



Dra. Marta Litter y Dr. Miguel Blesa
Dr. Marta Litter and Dr. Miguel Blesa

Estudios Medioambientales en la UAQ – CAC Laboratorio de Estudios Fotocatalíticos y otras Tecnologías Avanzadas de Oxidación

Este laboratorio forma parte del Grupo de Coloides y Óxidos Inorgánicos de la UAQ cuya jefa es la Dra. Marta Litter. Sus amplios laboratorios cuentan con material, reactivos y equipamiento adecuado para la realización de experimentos en fotocatalisis y procesos avanzados de oxidación. Dispone especialmente de fotorreactores comerciales y contruidos en el laboratorio de distintas dimensiones, lámparas de distintas potencias, banco óptico y radiómetro. Cuenta también con equipamiento portátil para análisis de efluentes, bombas peristálticas de distinta potencia, etc.

Red CYTED VIII-G: Usos de óxidos semiconductores y materiales relacionados para aplicaciones ambientales y ópticas

El Programa CYTED es la herramienta de los Gobiernos Iberoamericanos para apoyar la vinculación del sistema regional de Ciencia y Técnica. Dentro del Subprograma VIII, Materiales, desde CNEA se ha coordinado la Red VIII-G, que entre 1998 y 2002 ha establecido una Red de grupos de investigación interesados en particular en el desarrollo de tecnologías fotocatalíticas de purificación de agua, aire y suelo. Entre otras actividades, la Red, coordinada por el Dr. Miguel A. Blesa, ha producido el libro colectivo Eliminación de Contaminantes por Fotocatalisis Hete-

on Climate Change (IPCC), created by the World Meteorological Organization (WMO), and the United Nations Environment Program (UNEP).

Environmental Studies at the UAQ–CAC. Laboratory of Photocatalytic Studies and other Advanced Oxidation Technologies

This laboratory is part of the Colloids and Inorganic Oxides Group of the UAQ and it is directed by Dr. Marta Litter. Its spacious rooms are equipped with materials, reagents, and suitable equipment to carry out photocatalysis and advanced oxidation processes experiments. In particular, there are commercial and custom-made photoreactors produced at the laboratory, lamps of different powers, an optical bank and a radiometer. There is also portable equipment for the analysis of effluents, peristaltic pumps of different powers, etc.

CYTED Network VIII-G: Uses of semiconductor oxides and related materials for environmental and optical applications

The CYTED Program is the tool used by Iberoamerican Governments to support the connection between regional science and the technical system. Within Subprogram VIII, Materials, the CNEA has been in charge of coordinating the network VIII-G, and between 1998 and 2002 a network of research groups particularly interested in the development of photocatalytic technologies for water, air and soil purification

has been established. Among other activities, the network – coordinated by Dr. Miguel A. Blesa – has produced the collective book *Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea* (*Pollutants Removal through Heterogeneous Photocatalysis*). This text, the first to be edited in the Spanish language, describes the state of the art of the technology in the context of the so-called Advanced Oxidation technologies (AOTs). It can be accessed at the following website:
<http://www.cnea.gov.ar/xxi/ambiental/cyted.asp>

Low-cost technologies for water disinfection and decontamination

Within this project, directed by Dr. Marta Litter and Dr. Miguel Blesa, the utilization of three already used independent technologies for water disinfection and decontamination (DSAUI, SORAS and HP) is assessed. It should be mentioned that none of these technologies, DSAUI, SORAS or HP, requires neither sophisticated nor expensive technological developments nor equipment, or high-energy costs. All that is needed is the permanent action of the sun, which makes them applicable to regions with a high day-time radiation, that is, with an average higher than 3000 sun hours per year. On the other hand, they can be used independently or in combination. They have already been successfully applied in countries such as Colombia, Thailand, Mexico and Bangladesh.

rogénea. Dicho texto, el primero en idioma español, describe el estado del arte de esa tecnología en el contexto de las llamadas Tecnologías Avanzadas de Oxidación (TAOs). Se puede acceder a él a través del sitio electrónico: <http://www.cnea.gov.ar/xxi/ambiental/cyted.asp>.

Tecnologías económicas para la desinfección y descontaminación de aguas

En este proyecto, realizado bajo la dirección de la Dra. Marta Litter y el Dr. Miguel Blesa, se evalúa la utilización de tres tecnologías, ya empleadas en forma independiente para la desinfección y descontaminación de aguas: DSAUI, RAOS y FH. Es importante destacar que ninguna de las tres tecnologías, DSAUI, RAOS y FH, requiere equipamiento o desarrollos tecnológicos sofisticados o caros, ni altos costos de energía. Sólo necesitan la acción permanente del sol y son, por lo tanto, aplicables a regiones con alta incidencia de radiación diurna, es decir, con más de 3000 horas de sol en promedio por año. Por otra parte, pueden utilizarse solas o en combinación. Ya han sido aplicadas con buen éxito en países como Colombia, Tailandia, México y Bangla Desh.

DSAUI (Desinfección Solar de Aguas en Unidades Individuales).

Su antecedente es el Proyecto SODIS (Solar Water Disinfection). Se basa en la exposición al sol por algunas horas de botellas de plástico que contienen



Soporte para la irradiación solar de las botellas
 Support for the solar exposure of the bottles



Reactor fotocatalítico de placa inclinada
 Flat plate photocatalytic reactor



Sistema para el análisis de COT (carbono orgánico total) y CI (carbono inorgánico) Shimadzu ASI-5000 A

System for the analysis of TOC (total organic carbon) and IC (inorganic carbon) Shimadzu ASI-5000 A

agua contaminada. Los rayos solares actúan por combinación de la radiación UV-A (315-400 nm) y la radiación infrarroja, que eleva la temperatura del agua a unos 50-55 °C. De este modo pueden destruirse bacterias y virus (entre ellos el peligrosísimo *Vibrio cholerae*). El método cumple con amplitud los criterios económicos y de factibilidad: las botellas de plástico son un residuo de consumo habitual, y se encuentran fácilmente en las regiones que padecen el problema; pueden usarse no sólo para el tratamiento del agua sino también para su transporte y para el consumo final. Esto último es muy importante porque el método, a diferencia de la cloración, no provee acción residual; el uso permanente de las botellas de plástico evita el riesgo de recontaminación por trasvases.

RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar)

Su antecedente es el Proyecto SO-RAS (Solar Oxidation Removal of Arsenic). Como lo indica su nombre, apunta a la remoción de arsénico de las aguas. El arsénico puede encontrarse en dos formas químicas diferentes, As(III) y As(V), de las cuales la última es la menos tóxica. Es particularmente difícil la remoción simultánea. El RAOS utiliza citrato de Fe(III), y permite la oxidación de As(III) a As(V) a través de especies activas formadas por irradiación con luz en presencia de oxígeno. El As(V) se adsorbe fuertemente sobre el precipitado de hidróxido de hierro que



Equipo Spectrometer Magna IR 560
Spectrometer Magna IR 560

DSAUI (Solar Disinfection of Water in Individual Units)

*Its antecedent is the SODIS Project (Solar Water Disinfection). It is based on the exposure to sunlight of plastic bottles containing contaminated water for a few hours. Solar beams act combining UV-A radiation (315-400 nm) and infrared radiation, which rises water temperature to around 50-55 °C. This method allows to destroy bacteria and viruses (among these the extremely dangerous *Vibrio cholerae*). The method easily complies with the economic and feasibility criteria sought for: the plastic bottles are a residue from everyday consumption, and can easily be found in regions where contaminated water is an issue of importance; they can be used not only for the treatment of the water but also for its transportation and final consumption. This last feature is very important, since, unlike chlorination, there is no residual action; the use of the same bottles up to consumption ensures that water is not re-contaminated when changing recipients.*

SORAS (Solar Oxidation Removal of Arsenic)

It is based on the SORAS Project (Solar Oxidation Removal of Arsenic). As indicated by its name, the aim of the method is the removal of arsenic from waters. Arsenic can be found in two different chemical forms, As(III) and As(V), the latter being less toxic than

the former. Simultaneous removal is particularly difficult. The SORAS method uses Fe(III) citrate to allow the oxidation of arsenic from As(III) to As(V) through active species formed by the action of exposure to light in the presence of oxygen. The As(V) is strongly adsorbed on the iron hydroxide formed under these conditions, and it flocculates. From a practical point of view, the citrate can be added to the water to treat (which generally contains Fe) as lemon juice. The plastic bottles with the water are exposed to the sun for a few hours and, when the night comes, they are placed in a vertical position to facilitate the decantation of the iron hydroxide formed in the now purified water. Water can also be filtered with textile cloths.

HP (Heterogeneous Photocatalysis)

It is part of the generic group of water purification methods known as Advanced Oxidation Technologies (AOTs). These technologies are aimed at the quantitative transformation (oxidation) of organic matter to carbon dioxide and other simple compounds, thus obtaining a complete mineralization. The HP uses particles of TiO₂, which is a semiconductor that absorbs the UV component of solar radiation (radiation wavelength below 400 nm), and it generates highly reactive oxidizing centers which, in addition of destroying chemical pollutants, also promote the removal of pathogen agents. The immobilization of the photocatalyst on small silica spheres – or other convenient material – allows for an easy separation after the treatment. During the last few years these three methods, and in particular the HP, ha-

se forma en esas condiciones, y flocula. Desde el punto de vista práctico, el citrato puede agregarse al agua a tratar (que generalmente contiene Fe) en forma de jugo de limón. Las botellas plásticas son expuestas al sol por algunas horas y, al llegar la noche, se colocan en posición vertical, para que el agua purificada se decante de las partículas de hidróxido de hierro precipitado. También es posible filtrar el agua a través de paños textiles.

FH (fotocatálisis heterogénea)

Integra el grupo genérico de métodos de purificación de aguas conocido como Tecnologías Avanzadas de Oxidación (TAOs). Estas tecnologías buscan transformar (oxidar) cuantitativamente la materia orgánica a dióxido de carbono y otros compuestos simples, con lo que se logra su mineralización completa. La FH usa partículas de TiO₂, un semiconductor que absorbe la componente UV del sol (longitud de onda de radiación inferior a 400 nm), y genera centros oxidantes altamente reactivos que, además de destruir los contaminantes químicos, promueven también la eliminación de los agentes patógenos. La inmovilización del fotocatalizador sobre esferitas de sílice u otro material conveniente permite su fácil separación luego del tratamiento.

En los últimos años, estos tres métodos y, en particular, la FH, han despertado gran atención en el mundo científico. La FH puede degradar tan-



Microscopio electrónico de barrido Philips Sem 515
Philips Sem 515 scanning electron microscope



Equipo de electroforesis capilar
Capillary electrophoresis equipment



Cromatógrafos líquidos de alta resolución Spectral (incluye cromatografía iónica)
Spectral high resolution liquid chromatographs (it includes ionic chromatography)



to las sustancias patógenas como los contaminantes químicos presentes en aguas. La alimentación puede realizarse con energía solar o con lámparas, y el procedimiento destruye totalmente el contaminante orgánico, por lo que no hay problemas de disposición de residuos. Su insumo básico es una sustancia barata y no tóxica, el dióxido de titanio. En la actualidad se está utilizando como proceso de destoxificación para agua contaminada en pequeñas unidades, y para la producción de agua ultrapura. Elimina compuestos orgánicos e inorgánicos tóxicos (por ejemplo, contaminantes metálicos) e inactiva bacterias y virus, con resultados alentadores. Por todo ello, constituye una herramienta de gran potencial, que no sólo podría aplicarse en la desinfección de aguas en comunidades poco desarrolladas, sino también en el tratamiento de aguas domésticas y efluentes de procesos industriales. En estos casos, la FH podría tratar volúmenes medianos o pequeños de aguas de desechos industriales para su descarga o su reutilización, con lo que ayudaría a reducir el consumo de agua. En la UAQ hemos desarrollado un reactor fotocatalítico de placa inclinada de muy bajo costo, como el que se muestra en la figura, además de prototipos para desinfección y purificación de aguas y aire.

Facilidades Analíticas de la UAQ

Para facilitar y efectuar los Servicios Analíticos en la UAQ, se cuenta con un plantel multidisciplinario de profesionales y equipamientos específi-

ve received great attention from the scientific community. The HP can degrade both pathogen substances and chemical contaminants present in waters. It works with solar energy or lamps, and the procedure completely destroys organic pollutants, so there are no problems related to residue disposition. Its basic requirement is a cheap and non-toxic substance, titanium dioxide. The method is currently being used for the detoxification of contaminated water in small units, and for the production of ultra-pure water. It eliminates organic compounds and toxic inorganic compounds (for example metallic pollutants) and it deactivates bacteria and viruses, with encouraging results. It is therefore a tool with a great potential that could be used not only for the disinfection of waters in small, little-developed communities, but also for the treatment of domestic waters and effluents from industrial processes. In these cases, the HP could be used to treat medium or small volumes of industrial wastewaters before discharging them or in order to re-use them, which would help reduce water consumption. The figure shows a very low-cost inclined-plate photocatalytic reactor developed at the UAQ, where prototypes for water and air disinfection and purification have also been designed.

Analytical Facilities of UAQ

In order to facilitate and carry out Analytical Services there is at the UAQ a multidisciplinary staff of professionals and specific equipment: For the analysis of water samples during field studies, the UAQ counts

with portable equipment: a Hatch turbidimeter, a multiparametric detector of pH, conductivity and dissolved oxygen.

cos. El instrumental disponible es el siguiente:

Para realizar análisis de agua en estudios de campo, se cuenta con equipos portátiles: un turbidímetro Hatch, un detector multiparamétrico de pH, conductividad y oxígeno disuelto.



Equipos portátiles de medición en campo
Portable field measurement equipment



Publicaciones relacionadas (2001-2004)

Related publications (2001-2004)

- "Preparation and physicochemical properties of ZrO_2 and Fe/ZrO_2 prepared by a sol-gel technique", J.A. Navío, M.C. Hidalgo, G. Colón, S.G. Botta and M.I. Litter, *Langmuir*, 17, 202-210 (2001).
- "Experimental evidence in favor of an initial one-electron transfer process in the heterogeneous photocatalytic reduction of chromium (VI) over TiO_2 ", J.J. Testa, M.A. Grela and M.I. Litter, *Langmuir*, 17, 3515-3517 (2001).
- "Kinetics and mechanisms of EDTA photocatalytic degradation with TiO_2 under different experimental conditions", P.A. Babay, C.A. Emilio, R.E. Ferreyra, E.A. Gautier, R.T. Gettar y M.I. Litter, *Int. J. Photoenergy*, 3, 193-199 (2001).
- "Semiempirical Modeling for the Photocatalytic Reaction of EDTA over TiO_2 applying Artificial Neural Networks", C.A. Emilio, M.I. Litter y J.F. Magallanes, *Helvetica Chimica Acta*, 84 (3), 799-813 (2001). Invitación, volumen en homenaje al Prof. A. M. Braun.
- "Enhancement of the Photocatalytic Activity of various TiO_2 Materials by Platinisation", D. Hufschmidt, D. Bahnemann, J. J. Testa, C.A. Emilio, M.I. Litter, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, 148 (1-3), 225-233 (2002).
- "Photodegradation of an azo dye from the textile industry", R. López Cisneros, A. Gutarra Espinoza, M.I. Litter, *Chemosphere*, 48 (4), 393-399 (2002).
- "Heterogeneous photocatalytic reactions with TiO_2 and Pt/TiO_2 ", U. Siemon, D. Bahnemann, J. J. Testa, D. Rodríguez, N. Bruno and M.I. Litter, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, 148 (1-3), 247-255 (2002).
- "EDTA destruction using the solar ferrioxalate AOT. Comparison with solar photo-Fenton", C. A. Emilio, W. F. Jardim, M. I. Litter, H. D. Mansilla, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, 151 (1-3), 121-127 (2002).
- "Features of the transformation of HgII by heterogeneous photocatalysis over TiO_2 ", S.G. Botta, D.J. Rodríguez, A.G. Leyva, M.I. Litter, *Catal. Today*, 76 (2-4) 247-258 (2002).
- "Removal of EDTA by UVC/hydrogen peroxide", C. Baeza, A. Rossner, W.F. Jardim, M.I. Litter, H.D. Mansilla, *Environ. Technol.*, 24 (10) 1277 – 1281 (2003).
- Photocatalytic bactericidal effect of TiO_2 on *Enterobacter cloacae*. Comparative study with other Gram (-) bacteria", J.A. Ibáñez, M.I. Litter, R.A. Pizarro, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, 157 (1) 81-85 (2003).
- "Tratamiento de residuos convencionales y radiactivos de baja actividad por tecnologías avanzadas de oxidación", M.A. Blesa, M. Chocrón, M.I. Litter, R. Gettar, P. Babay, M. Paoletta, P. Repetto, N. Quici, G. Piperata, *Revista de la Comisión Nacional de Energía Atómica, Año III (9/10)* 11-16 (2003).
- "Features and efficiency of some platinized TiO_2 photocatalysts", C. A. Emilio, J. J. Testa, D. Hufschmidt, G. Colón, J. A. Navío, D. W. Bahnemann, M. I. Litter, *J. Ind. Eng. Chem.* 10, 129-138 (2004).
- "Heterogeneous Photocatalytic Reduction of Chromium (VI) over TiO_2 Particles in the Presence of Oxalate. Involvement of Cr (V) species", J. J. Testa, M.A. Grela, M. I. Litter, *Environ. Sci. Technol.*, 38, 1589-1594 (2003).
- "Destruction of EDTA. Fenton and photo-Fenton like reactions under UVA irradiation", G. Ghiselli, W. F. Jardim, M. I. Litter, H. D. Mansilla, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.* (2004), en prensa.
- "Photocatalytic reactions over TiO_2 supported on porcelain spheres", G. Piperata, J. M. Meichtry, M. I. Litter, *Progress in Colloid and Polymer Science* (2003), en prensa.
- "Solar light induced removal of arsenic from contaminated groundwater: the interplay of solar energy and chemical variables", M. G. García, J. d'Hiriart, J. Giulitti, M.V. Hidalgo, H. Lin, G. Custo, M.I. Litter, M.A. Blesa, *Solar Energy*, en prensa.

- "Heterogeneous Photocatalytic Reduction of Chromium (VI) over TiO₂ Particles in the Presence of Oxalate. Involvement of Cr (V) species", J. J. Testa, M.A. Grela, M. I. Litter, Environ. Sci. Technol. (2003), en prensa.
- "ATR-FTIR study of the stability trends of carboxylate complexes formed on the surface of titanium dioxide particles immersed in water", Solid State Ionics, 143, 125-130 (2001). A.D. Weisz, A.E. Regazzoni y M.A. Blesa.
- "FTIR Study of the Adsorption of Single Pollutants and Mixtures of Pollutants onto Titanium Dioxide in Water: Oxalic and Salicylic Acids", Catalysis Today, 76, 103-112 (2002). A.D. Weisz, L. García Rodenas, P.J. Morando, A.E. Regazzoni y M.A. Blesa.
- "Dynamics of Adsorption and Oxidation of Organic Molecules on Illuminated Titanium Dioxide Immersed in Water", Surface and Colloid Science, 17, Cap.3, pages 83-111, 2004. ISBN 0-306-47459-X. Eds. E. Matijević and M. Borkovec, Kluwer Press. M.A. Blesa, R.J. Candal y S.A. Bilmes.

Libros y capítulos de libros

- "Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea", Libro Colectivo CYTED, La Plata (2001), editor M.A. Blesa.
- "Topical Issue Dedicated to Photocatalysis in Iberoamerica", Catalysis Today, 76, números 2 - 4 (2002). Editores, S. Malato-Rodríguez, J. Blanco-Gálvez y M.A. Blesa.
- "Relevamiento de Comunidades Rurales de América Latina para la aplicación de Tecnologías Económicas para Potabilización de Aguas", Proyecto OEA/AE141/2001, M.I. Litter (Editora) Digital Grafic, La Plata 2002. ISBN 987 43 5412 7. Disponible en: <http://www.cnea.gov.ar/xxi/ambiental/agua-pura/default.htm>.
- "Desinfección solar de aguas en comunidades rurales de América Latina", Proyecto OEA/AE141/2001, M.I. Litter y H. Mansilla (Editores) Digital Grafic, La Plata 2003. ISBN 987 43 6942 6. Disponible en: <http://www.cnea.gov.ar/xxi/ambiental/agua-pura/default.htm>.
- "Remoción de arsénico asistida por luz solar en comunidades rurales de América Latina", Proyecto OEA/AE141/2001, M.I. Litter y H. Mansilla (Editores) Digital Grafic, La Plata 2003. ISBN 987 43 6943 4. Disponible en: <http://www.cnea.gov.ar/xxi/ambiental/agua-pura/default.htm>.
- "Tecnologías avanzadas de oxidación para la eliminación de contaminantes", X. Domènech, W. Jar-dim y M. Litter, en: Eliminación de contaminantes por fotocatálisis heterogénea. Texto colectivo elaborado por la Red CYTED VIII-G, M.A. Blesa (Editor), Digital Grafic, La Plata, 2001, Capítulo 1, p. 3. ISBN 987 43 3809 1. Disponible en: <http://www.cnea.gov.ar/xxi/ambiental/CYTED/default.htm>.
- "Purificación de gases por fotocatálisis heterogénea: estado del arte", B. Sánchez, A. I. Cardona, J. Peral y M. Litter, en: Eliminación de contaminantes por fotocatálisis heterogénea. Texto colectivo elaborado por la Red CYTED VIII-G, M.A. Blesa (Editor), Digital Grafic, La Plata, 2001, Capítulo 2, p. 27. ISBN 987 43 3809 1. <http://www.cnea.gov.ar/xxi/ambiental/CYTED/default.htm>.
- "Remoción de contaminantes metálicos", M. Litter, X. Domènech y H. Mansilla, en: Eliminación de contaminantes por fotocatálisis heterogénea. Texto colectivo elaborado por la Red CYTED VIII-G, M.A. Blesa (Editor), Digital Grafic, La Plata, 2001, Capítulo 6, p. 121. ISBN 987 43 3809 1. <http://www.cnea.gov.ar/xxi/ambiental/CYTED/default.htm>.
- "Tratamiento de residuos convencionales y radiactivos de baja actividad de la industria nuclear", M.A. Blesa, M. Chocrón, M.I. Litter, M. Paolella y P. Repetto, en: Eliminación de contaminantes por fotocatálisis heterogénea. Texto colectivo elaborado por la Red CYTED VIII-G, M.A. Blesa (Editor), Digital Grafic, La Plata, 2001, Capítulo 14, p. 295. ISBN 987 43 3809 1. <http://www.cnea.gov.ar/xxi/ambiental/CYTED/default.htm>.
- "Desinfección de aguas y aire", J. R. Guimaraes, J. Ibáñez, M. Litter y R. Pizarro, en: Eliminación de contaminantes por fotocatálisis heterogénea. Texto colectivo elaborado por la Red CYTED VIII-G, M.A. Blesa (Editor), Digital Grafic, La Plata, 2001, Capítulo 15, p. 305. ISBN 987 43 3809 1. <http://www.cnea.gov.ar/xxi/ambiental/CYTED/default.htm>.

- "Kinetics and mechanisms of EDTA photocatalytic degradation with TiO_2 ", P.A. Babay, C.A. Emilio, R.E. Ferreyra, E.A. Gautier, R.T. Gettar and M.I. Litter in: *Oxidation technologies for water and wastewater treatment (III)*, Water Sci. Technol., 44 (5), 179–185 (2001). Editores: A. Vogelpohl, S.U. Geissen, B. Kragert and M. Sievers, ISSN 0273-1223, ISBN 1 84339 402 2.
- "Actividades de la Unidad de Actividad Química (UAQ/CNEA, Argentina) en el desarrollo de nuevas tecnologías para el tratamiento de efluentes acuosos. Red CYTED VIII-G y proyecto OEA." M.A. Blesa, M. Chocrón, M.I. Litter, en: *Toxicología y Química Ambiental. Contribuciones para un desarrollo sustentable*, Publicación de SETAC, J. Herkovits (Editor), Buenos Aires 2003, pág. 224.
- "Eliminación de EDTA por tecnologías avanzadas de oxidación", C.A. Emilio, R.E. Ferreyra, R.T. Gettar, W.F. Jardim, M.I. Litter, en: *Toxicología y Química Ambiental. Contribuciones para un desarrollo sustentable*, Publicación de SETAC, J. Herkovits (Editor), Buenos Aires 2003, pág. 227.
- "Fotorreducción de Cr(VI) a Cr(III) por fotocatálisis heterogénea", J.J. Testa, M.A. Grela, M.I. Litter, en: *Toxicología y Química Ambiental. Contribuciones para un desarrollo sustentable*, Publicación de SETAC LA, J. Herkovits (Editor), Buenos Aires 2003, pág. 256.
- "Desinfección solar de aguas de Los Pereyra (Tucumán) y del Río de la Plata, Argentina", M.L. Gagliano, M.I. Litter, en: *Desinfección solar de aguas en comunidades rurales de América Latina*, M.I. Litter y H. Mansilla (Editores) Digital Grafic, La Plata 2003. ISBN 987-43-6942-6.
- "Remoción de As mediante el método RAOS en Los Pereyra, Provincia de Tucumán, Argentina", M.G. García, M.V. Hidalgo, M.I. Litter, M.A. Blesa, "Remoción de arsénico asistida por luz solar en comunidades rurales de América Latina", M.I. Litter y H. Mansilla (Editores) Digital Grafic, La Plata 2003. ISBN 987-43-6943-4.
- "Degradation of 4-chlorophenol mediated by Fe(III) -NTA in homogeneous and heterogeneous systems", O. Abida, C. Emilio, N. Quici, R. Gettar, M. Litter, G. Mailhot, M. Bolte, in: *Water Sci. Technol.*, Vol. 49 (4), 123-128, *Oxidation Technologies for Water and Wastewater Treatment III*, Editors: A. Vogelpohl, S.U. Geissen, B. Kragert and M. Sievers, ISBN 1 84339 461 8 (2004).
- "Introduction to photochemical advanced oxidation processes for water treatment", M.I. Litter, "The Handbook of Environmental Chemistry" series, Volume 2 Part L: Environmental Photochemistry Part II. Springer-Verlag, aceptado (2004). Artículo de revisión invitado.
- "Semiconductores con Actividad Fotocatalítica", en "Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea", Libro Colectivo CYTED, La Plata (2001), editor M.A. Blesa, Capítulo 4, págs. 79 –102, R.J. Candal, S.A. Bilmes y M.A. Blesa.
- "Materiales para Fotocatálisis y Electrofotocatálisis", en "Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea", Libro Colectivo CYTED, La Plata (2001), editor M.A. Blesa, Capítulo 7, págs. 143-163, R.J. Candal, J. Rodríguez, G. Colón, S. Gelover, E. Vigil Santos, A. Jiménez González y M.A. Blesa.



Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Química
Laboratório de Química Ambiental
LQA / IQ / UNICAMP / BRASIL

*State University of Campinas
Institute of Chemistry
Laboratory of Environmental Chemistry*





Analizador de carbono orgánico total
Total Organic Carbon Analyzer

1. Universidad Estatal de Campinas (Universidade Estadual de Campinas) - UNICAMP

La UNICAMP (<http://www.unicamp.br/>) es una institución autárquica y autónoma en política educacional pero subvencionada por el gobierno estatal en lo que se refiere a subsidios para su funcionamiento. De esta manera, los recursos financieros se obtienen principalmente del Gobierno del Estado de San Pablo, a través de la cuota proveniente del Impuesto a la Circulación de Mercaderías y Servicios (ICMS) y de instituciones de financiación nacionales e internacionales.

La UNICAMP está situada en un lugar donde anteriormente había cafetales y cañaverales. El campus principal, en el distrito de Barão Geraldo, en Campinas (hay otros en Piracicaba y Limeira) tiene el nombre de Zeferino Vaz, que fue quien soñó con la Universidad y la vio nacer el 5 de octubre de 1966, fecha oficial de su inauguración. En el año 2001 la UNICAMP contaba con 11.625 alumnos de grado y 9.428 alumnos de postgrado. La mayoría de los alumnos de grado proviene del Estado de San Pablo, mientras que los de postgrado provienen mayoritariamente de los demás estados brasileiros. El cuerpo docente incluye cerca de 1.800 profesores.

Al menos 47 mil candidatos se inscriben anualmente en la UNICAMP. Medi-

SECTION 1

1. State University of Campinas (Universidade Estadual de Campinas) - UNICAMP

The UNICAMP (<http://www.unicamp.br/>) is an autarchic and autonomous institution in educational policy but whose operation is financed by the state government. Thus, financial resources are mainly obtained from the Government of the State of Sao Paulo through a participation of the Tax to the Circulation of Goods and Services (ICMS), and from national and international financing institutions.

The UNICAMP is located on a land where there used to be coffee and sugarcane plantations. The main campus, in the district of Barão Geraldo, Campinas (there are others in Piracicaba and Limeira) is called Zeferino Vaz, in honour of the person who dreamt with the University and saw it being born on the 5th of October of the year 1966, official opening date.

In the year 2001 the UNICAMP had 11,625 graduate students and 9,428 postgraduate students. Most of the graduate students are from the State of Sao Paulo, while postgraduate students are mainly from the other Brazilian states. The teaching staff includes around 1,800 professors.

At least 47,000 candidates enrol each year at the UNICAMP. Medicine is at the top of the list, with approximately

80 candidates per vacancy. There are 63 master and doctorate courses offered, which represent a 10% of the post-graduate courses offered in all of Brazil. This is achieved by continually offering courses which are scientifically and technologically compatible with the major research centres of the world, by means of more than a hundred cooperation agreements.

Each year some 1100 new Masters and 700 Doctors are formed. There is an excellent scientific production, which accounts for the 15% of the research work produced in the country and 125 of the 355 patent requests recorded at the INPI in the 1990s. The budget of the University, of the order of the US\$ 200 million, is comparable to that of some Brazilian cities.

The teaching and research complex of the UNICAMP is distributed in more than three million square metres of surface, and there is a large number of buildings and parks. Even though there have been alterations and modifications to the original construction project, the original ideals of the UNICAMP remain intact since its creation by the parasitologist Zeferino Vaz (1908 – 1981): a calling for research and the ability of accompanying the development of the nation.

Thanks to its great ability to combine high-quality teaching with socially relevant research lines and the provision of services, the UNICAMP has become one of the most respected Brazilian universities, not only at a national level but internationally as well. The UNICAMP is composed by 20 teaching and research units, divided into 10 institutes and 10 schools, with al-

cina es la carrera más elegida, con aproximadamente 80 candidatos por vacante. Se ofrecen 63 cursos de maestría y doctorado, que representan el 10% de los cursos de postgrado de Brasil. Esto se logra manteniendo áreas de compatibilidad científica y tecnológica con los principales centros de investigación del mundo, a través de más de un centenar de convenios de cooperación.

Cada año se forman cerca de 1100 nuevos Magisters y otros 700 Doctores. Posee una excelente producción científica, siendo responsable del 15% de las investigaciones producidas en el país y de 125 de los 355 pedidos de patentes registrados por el INPI en la década del 90. El presupuesto de la Universidad, del orden de los US\$ 200 millones, es comparable con el de algunas metrópolis brasileiras.

La UNICAMP posee un complejo de enseñanza e investigación distribuido en más de tres millones de metros cuadrados de superficie, con gran cantidad de edificios y áreas parqueizadas. Si bien el proyecto original de construcción sufrió alteraciones y adaptaciones con el correr del tiempo, los ideales primitivos de la UNICAMP permanecen intactos: vocación por la investigación y la capacidad de inserción en el proceso de desarrollo nacional que la acompañan desde su creación por parte del médico parasitólogo Zeferino Vaz (1908-1981).

Gracias a su gran capacidad para combinar armoniosamente enseñanza de alta calidad, líneas de investigación de relevancia social y prestación de servicios, la UNICAMP se convirtió no sólo en una de las universidades brasileiras



Bomba peristáltica Masterflex
Masterflex peristaltic pump



Cromatógrafo Gaseoso (GC-17A, Shimadzu) acoplado a Espectrómetro de Masa (GCMS-QP5050A, Shimadzu)
Gas Chromatograph (GC-17A, Shimadzu) coupled to Mass Spectrometer (GCMS-QP5050A, Shimadzu)

Espectrofotómetro de Absorción Atómica de Vapor Frío – CAVAS (modelo 400-A, Buck Scientific) acoplado a un sistema de análisis por inyección en flujo
Cold Vapor Atomic Absorption Spectrophotometer – CAVAS (model 400-A, Buck Scientific) coupled to a system analysis by flow injection



Cromatógrafo Gaseoso (GC-14B) con Detector de Captura de Electrones (GC-ECD, Shimadzu)
Gas Chromatograph (GC-14B) with Electronic Capture Detector (GC-ECD, Shimadzu) /

más reconocidas a nivel nacional, sino también probablemente en la que tiene mayor visibilidad en el exterior.

La UNICAMP se compone de 20 unidades de enseñanza e investigación, divididas en 10 institutos y 10 facultades, donde se imparten 52 cursos de grado con un total de casi 12 mil alumnos y cerca de 9 mil más inscriptos en 62 programas de maestría y doctorado. Es la universidad brasileira con mayor índice de alumnos de postgrado: cerca del 50% del alumnado. De éstos, el 20% proviene de otros estados brasileiros, y el 5% es del exterior.

Otros 17 mil alumnos se matricularon a lo largo del año 2000 en las 359 disciplinas de los cursos de extensión, creados para permitir la complementación o adquisición de conocimientos en diversas áreas y que llegan a una amplia gama de profesionales. Ofrecidos en la UNICAMP a través de la Escuela de Extensión (Extcamp), son dictados por docentes, especialistas e investigadores de la Universidad o eventualmente de otras instituciones en calidad de profesores invitados.

Además de las centenas de laboratorios distribuidos por toda la universi-

most 12000 students attending classes of 52 graduate courses, and near 9000 more enrolled in 62 master and doctorate courses. It is the Brazilian university with the highest index of postgraduate students: nearly a 50 % of the students. From these, a 20% come from other Brazilian states, and a 5% is from foreign countries.

During the year 2000 another 17000 students enrolled in the 359 disciplines of the extension courses, created as a way of complementing or offering knowledge in different areas and that are accessed by a wide variety of professionals. They are offered by the UNICAMP through its Extension School (Extcamp) and they are given by professors, specialists and researchers of the University, or, eventually, from other institutions as guest professors.

In addition to the hundreds of laboratories distributed throughout the University, the UNICAMP counts with a structure of 25 centres and interdisciplinary nucleus that are true academic research branches of social interest. They are international reference centres, and some of them are generators of policies that are later adopted in the

whole country. They are organised so as to allow the joint collaboration of specialists, professors, and students from different knowledge areas in the discussion and search for solutions to immediate social problems that require an integral and interdisciplinary treatment.

The facilities of the UNICAMP reach the locations of Piracicaba, where the School of Dentistry (FOP) is located; Limeira, with the Superior Center of Technological Education (Ceset), which offers technological courses on

dad, la UNICAMP cuenta con una estructura de 25 centros y núcleos interdisciplinarios que constituyen auténticas ramas de la investigación académica junto a la sociedad. Son centros de referencia internacional y algunos formulan políticas que luego se adoptan en todo el país. Están organizados de manera de permitir la colaboración conjunta de especialistas, docentes y alumnos de diferentes áreas del conocimiento en la discusión y la búsqueda de soluciones para problemas sociales inmediatos que requieren de un trata-

La UNICAMP en números (fuente: Prefeitura del Campus de la UNICAMP, 2002).
 UNICAMP in numbers (source: Prefecture of the UNICAMP Campus, 2002)

Información General/General Information

Año de Fundación/Year of Foundation	1966
Superficie/Surface	3.447.833 m
Área construida/Built area	554.766 m
Campus*	5

Unidades y otros organismos/Units and other organisms	2001	2002
Unidades de Enseñanza/Education Units	20	20
Centros y Núcleos Interdisciplinarios/Interdisciplinary Centers and Nucleus	25	24
Hospitales y servicios anexos/Hospitals and related services	2	2
Bibliotecas/Libraries	19	24
Acervos: Libros/Inventory: Books	478.064	534.632
Títulos de publicaciones periódicas actuales/Periodic publications	6.807	6.445
Tesis/Theses	45.715	50.489
Funcionarios No Docentes**/Non-teaching staff **	7.602	7.737



Espectrofotómetro de Fluorescencia Atomica de Vapor Frío – CVAFS (2 Mercury Analyzer)
 Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrophotometer (2 Mercury Analyzer)





Producción Científica/Scientific Production	2001	2002
Líneas de Investigación/Research Lines	1.478	1.153
Proyectos con financiación/Financed Projects	3.123	3.728
Convenios/Agreements	604	616
Promoción de eventos/Promotion of events	1.622	1.336
Participación en congresos y eventos/ Participation in congresses and events	3.782	4.129
Libros Publicados/Books Published	158	150
Artículos publicados en publicaciones periódicas /Articles published in periodic publications	2.491	2.723
Pedidos de patentes/Patent requests	16	36
Producciones Artísticas/Artistic productions	182	227

Unidades y otros organismos/Teaching, research and Extension	2001	2002
Alumnos Matriculados***/Students Enrolled ***		
Grado/Graduate	12.476	13.690
Postgrado:/Postgraduate:		
Maestría/Master	4.661	4.546
Doctorado/Doctorate	4.526	4.594
Especialización/Specialization	601	602
Total	25.861	27.758
Grado/Graduate		
Cursos ofrecidos/Courses offered	53	53
Inscriptos ****/Enrolled****	47.436	43.308
Vacantes Ofrecidas****/Vacancies Offered****	2.495	2.495
Vacantes Cubiertas****/Vacancies Covered****	2.613	
Alumnos***/Students***	2.018	1.598
Postgrado***/Postgraduate***		
Cursos Ofrecidos/Courses Offered	111	118
Maestría/Master	60	59

Doctorado/Doctorate	51	51
Tesis Defendidas: Maestría/Theses Defended: Master	1.112	1.172
Doctorado/Doctorate	707	692
Enseñanza Media –Técnica/Medium – Technical Education		
Cursos Ofrecidos/Courses Offered	32	38
Vacantes/Vacancies	1.100	1.375
Alumnos matriculados/Students enrolled	3.261	3.203
Alumnos/Students	1.235	1.120
Cursos de Extensión*****/Extension Courses ****		
Cursos Realizados/Courses done	799	869
Total de Matrículas/Total Enrolment	22.241	25.646
Becas ofrecidas por entidades de financiación***		
Scholarships offered by funding entities ***	1.779	1.639
Maestría/Master	1.960	1.993
Doctorado/Doctorate	2.117	2.152
Docentes activos con título de Doctor o superior/		
Active professors with a degree of doctor or higher	93%	95%

civil engineering, sanitary technology and computer technology; and Paulínia, with its Center of Chemical, Biological and Agricultural Research (CPQ-BA).

The hospital complex of the UNICAMP, the biggest in the interior of Sao Paulo, is the reference center for a region of 5 million inhabitants. The School of Medical Science and the Hospital of the University count with more than 400 resident physicians, and they offer dozens of programs for the population, which resulted in more than 2.1 million laboratory analyses, some 400,000 medical consultations, more than 107,000 odontological treatments, and around 15,000 surgeries.

miento integrado e interdisciplinario. Las instalaciones de la UNICAMP se extienden hasta las localidades de Piracicaba, donde está la Facultad de Odontología (FOP); Limeira, donde está el Centro Superior de Educación Tecnológica (Ceset), responsable por el dictado de cursos tecnológicos de construcción civil, tecnología sanitaria y tecnología en informática; y Paulínia, donde se encuentra el Centro de Investigaciones Químicas, Biológicas y Agrícolas (CPQBA).

El complejo hospitalario de la UNICAMP, el mayor del interior de San Pablo, es el centro de referencia para una región de cinco millones de habitantes. En el ámbito de la Facultad de



De arriba abajo / From top to bottom

- Espectrofotómetro de Fluorescencia Atómica de Vapor Frio – CVAFS (modelo 2600, Tekran)
- Cold Vapor Atomic Fluorescence – CVAFS (modelo 2600, Tekran)
- Espectrofotómetros UV/Vis: UV/Vis - 6405, Jenway UV/Vis – B382, Micronal / UV/Vis Spectrophotometers: UV/Vis - 6405, Jenway UV/Vis – B382, Micronal
- Fotorreactor UV (Germetec)
- UV Photoreactor (Germetec)



Fotorreactor UV (Trojan Advantage 12) y bomba centrífuga (Weg CE)
UV Photoreactor (Trojan Advantage 12) and centrifuge pump (Weg CE)

Área de Salud/Health Area	2001	2002
Consultas Médicas/Medical Consultations	507.613	507.267
Intervención Quirúrgica/Surgeries	26.424	22.877
Internaciones/In-patients	22.671	22.826
Análisis de Laboratorio/Laboratory Analyses	3.680.904	3.793.497
Procedimientos Odontológicos/Odontological Procedures	177.572	146.719
Camas disponibles para internaciones/Beds available	535	544

Producción de la Institución/Production of the Institution	2001	2002
Editora UNICAMP (obras publicadas)/ UNICAMP Press (works published)	72	48
Jornal de la UNICAMP (tirada)/ Journal of the UNICAMP (number of copies)	130.000	330.000

Producción de la Institución/Production of the Institution	2001	2002
Editora UNICAMP (obras publicadas)/ UNICAMP Press (works published)	72	48
Jornal de la UNICAMP (tirada)/ Journal of the UNICAMP (number of copies)	130.000	330.000

Ciencias Médicas y del sistema hospitalario de la Universidad se desempeñan más de 400 médicos residentes, y funcionan docenas de programas de atención a la población, lo que resultó en más de dos millones cien mil análisis de laboratorio, cerca de 400 mil consultas, más de 170 mil tratamientos odontológicos y cerca de 15 mil intervenciones quirúrgicas. Además del Hospital de Clínicas (HC), el complejo está integrado, entre otras unidades de servicios e investigación,

In addition to the Hospital of Clinics (HC), the complex is composed, among other services and research units, by the Integral Center for the Attention of Women's Health (Caism), the Community Health Center (Cecom), the Hematology and Hemotherapy (Hemocentro), the Intoxications Control Center (CCI), the Center for the Diagnosis of Diseases of the Digestive Apparatus (Gastrocentro), the Research and Rehabilitation Center Gabriel Porto (Cepre), the Biomedical Computeri-

Campus Estudantil/Student Campus	2001	2002
Área Construida/Built Area	18.632 m	18.632 m
Área del Terreno/Land Area	55.000 m	55.000 m
Cantidad de Casas/Number of Houses	226	226
Cantidad de Estudios/Number of Studies	27	27
Alumnos/Becas casa - Students-Housing	1.195	902

Becas Ofrecidas***/Scholarships Offered ***	2001	2002
Becas de Trabajo/Work Scholarships	700	636
Becas de Alimentación-Transporte/ Food- Transport Scholarships/	430	439
Becas de emergencia/Emergency Scholarships	200	200
Becas de iniciación científica/Scientific Initiation Scholarships	929	915
PED (Programa de Prácticas Docentes)/PED (Teaching Practices Program)	768	786

zed Nucleus (NIB), and by a hospital in the neighbor location of Sumaré, which was recently incorporated to the administration of the University.

2. Institute of Chemistry - IQ

The Institute of Chemistry (IQ) (<http://www.iqm.unicamp.br/>) of the State University of Campinas was created in 1967, and classes for graduate courses began in 1968. The first research laboratory was mounted in 1969, and the installation of the Institute in one of the locations currently used dates from 1971. Today it covers an area of approximately 18,000 m₂, with around 1400 m₂ corresponding to teaching laboratories, 5700 m₂ to research laboratories, 2000 m₂ to ins-

por el Centro Integral de Atención a la Salud de la Mujer (Caism), el Centro de Salud de la Comunidad (Cecom), el Centro de Hematología y Hemoterapia (Hemocentro), el Centro de Control de Intoxicaciones (CCI), el Centro de Diagnóstico de Dolencias del Aparato Digestivo (Gastrocentro), el Centro de Investigación y Rehabilitación Gabriel Porto (Cepre), el Núcleo de Informática Biomédica (NIB), y por un hospital en la ciudad vecina de Sumaré, que recientemente pasó a ser administrado por la Universidad.

2. Instituto de Química - IQ

El Instituto de Química (IQ) (<http://www.iqm.unicamp.br/>) de la Universidad Estatal de Campinas fue

* Campinas - Barão Geraldo, Campinas - Cotuca, Limeira, Piracicaba y Paulínia

** Datos de DGRH

*** Datos del Servicio de Apoyo al Estudiante - SAE

**** Datos de Convest

***** Datos de la Escuela de Extensión - Extcamp

Obs.: Para mayor información ingrese al sitio web de la UNICAMP (<http://www.unicamp.br/>) o, para información más actualizada con relación a la elaboración y ejecución del Presupuesto de la UNICAMP, consulte el sitio web de la Asesoría de Economía y Planeamiento-AEPLAN (<http://www.aeplan.unicamp.br/>), que publica mensualmente los Anuarios Estadísticos de la UNICAMP.

* Campinas - Barão Geraldo, Campinas - Cotuca, Limeira, Piracicaba and Paulínia

** Data from the DGRH

*** Data from the Students Support Service - SAE

**** Data from Convest

***** Data from the Extension School - Extcamp

Obs.: For more information visit the web site of the UNICAMP (<http://www.unicamp.br/>) or, for updated information regarding the elaboration and execution of the Budget of the UNICAMP, check the web site of the Economy and Planning Counsel - AEPLAN (<http://www.aeplan.unicamp.br/>), which publishes Statistics of the UNICAMP every month.



creado en 1967, iniciándose las clases, a nivel de grado, en el año 1968. El primer laboratorio de investigación fue montado en 1969, y la instalación del Instituto en uno de los dos predios actualmente ocupados ocurrió en 1971. Hoy ocupa un área de aproximadamente 18000 m², abarcando cerca de 1400 m² de laboratorios de enseñanza, 5700 m² de laboratorios de investigación, 2000 m² de salas de instrumentos, 1400 m² de oficinas y depósito y 760 m² para la Biblioteca, además de las aulas para clases, las salas de profesores, el área administrativa y otras dependencias. El Instituto de Química lleva formados más de 1300 bachilleres (título básico) y se defendieron más de 1000 tesis de maestría y doctorado.

Dentro de los instrumentos de gran porte que posee el Instituto, se destacan los espectrómetros de resonancia magnética nuclear T-60, Bruker AW-80, Bruker AC300, Varian AC300 y Varian Inova 500; los espectrómetros de masa Auto Spec-M Micromat y CG-MS HP-5988A y 5890II; los espectrofotómetros Varian Cary-5, Nicolet 60 SXB, Nicolet 520, FTIR DA8 Bomem, FTIR MB102 Bomem y HP-8452-A; el de reflectancia Macbeth MS 2020; el espectrofluorímetro M. Instruments SPF 500C; los espectrofotómetros de absorción y emisión atómica Perkin Elmer 5100 PC, Zeeman 5000, Intralab AA1475BD, Carl Zeiss FMD3; los difractómetros de Rayos-X Shimadzu XD-3A, XRD6000 y Carl Zeiss Jena URD-6; el espectrómetro de fluorescencia de Rayos-X Shimadzu EDX-700; el espectropolarímetro J720- Jasco ORD 306; los analizadores elementales CHN y

trument rooms, 1400 m² to offices and storage rooms, and 760 m² to the Library, in addition to the classrooms, professor rooms, administrative area, and other dependencies. The Institute of Chemistry has formed more than 1300 Bachelors of Science, and more than 1000 master and doctorate theses have been defended.

Among the most important equipments owned by the Institute, the following can be mentioned: T-60, Bruker AW-80, Bruker AC300, Varian AC300 and Varian Inova 500 nuclear magnetic resonance spectrometers; Auto Spec-M Micromat and CG-MS HP-5988A and 5890II mass spectrometers; Varian Cary-5, Nicolet 60 SXB, Nicolet 520, FTIR DA8 Bomem, FTIR MB102 Bomem and HP-8452-A spectrophotometers; Macbeth MS 2020 reflectance spectrometer; M. Instruments SPF 500C spectrofluorimeter; Perkin Elmer 5100 PC, Zeeman 5000, Intralab AA1475BD, Carl Zeiss FMD3 atomic emission and absorption spectrophotometers; Shimadzu XD-3A, XRD6000 and Carl Zeiss Jena URD-6 X-Ray diffractometers; Shimadzu EDX-700 X-Ray fluorescence spectrometer; J720- Jasco ORD 306 spectropolarimeter; CHN and CHNS Perkin Elmer 2400 elemental analyzers; Zeiss Jena - Polamat A and Carl Zeiss LEP A2 polarimeters; BET surface area analyzer; 1305 Micromeritics multivolume pycnometer; ASAP pore volume analyzer; Micromeritics mercury porosimeter; T.A. Instruments - 2000, 2100, 4100 and 5100 (TGAs, DSCs, MDSC, TMA, DTA and DMA) thermal analysis equipments; HPLC HP 1090/903, Varian 9050, Waters 600,

Waters Preparativa 4000 chromatographers, Waters Gel Permeation chromatographers (GPC), optical microscopes (Carl Zeiss Jena - Metaval inverted-base metallographic microscope, Carl Zeiss - Jenalumar fluorescence microscope), JEOL T-300 scanning electron microscopes with EDX analyzer, E 800 Nikon optical microscope; Delta Preparativo 300 HPLC system.

The Library has about 13,000 books, 2803 serial publications, 284 international periodical publications, 1216 theses and 19 electronic format materials.

The Operations Technical Support Division is composed by 6 departments: Electronics, Maintenance, Mechanics, Fine Mechanics, Glassware, and Carpentry. These departments are responsible for the electric, hydraulic, refrigerating, electronic, and pneumatic maintenance, in addition to building and maintaining furniture, wood and glassware.

The Institute also hosts the headquarters of the All Chemistry Consulting Junior, which is a non-profit entity managed and directed by graduate students with the objective of providing consulting services in the different areas of chemistry to micro, small and medium companies, with the added value of providing students with a suitable environment to get in touch with their future professional reality. Among other activities, it carries out projects in the areas of research and technology. The All Chemistry Consulting Junior can be contacted through its website at <http://www.allquimica.iqm.unicamp.br>.

CHNS Perkin Elmer 2400; los polarímetros Zeiss Jena - Polamat A y Carl Zeiss LEP A2; el analizador de área superficial BET; el picnómetro multivolumen 1305 Micromeritics; el analizador de volumen de poros ASAP; el porosímetro de mercurio Micromeritics; los equipamientos para análisis térmicos T.A. Instruments - 2000, 2100, 4100 y 5100 (TGAs, DSCs, MDSC, TMA, DTA e DMA); los cromatógrafos HPLC HP 1090/903, Varian 9050, Waters 600, Waters Preparativa 4000, los de Permeabilidad en Gel (GPC) - Waters, los microscopios ópticos (metalográfico de base invertida Carl Zeiss Jena - Metaval, de fluorescencia Carl Zeiss - Jenalumar), los electrónicos de barrido JEOL T-300 con analizador EDX, el óptico E 800 Nikon; el sistema Delta Preparativo 300 HPLC.

La Biblioteca posee cerca de 13000 volúmenes de libros, 2803 publicaciones en serie, 284 títulos de publicaciones periódicas internacionales, 1216 tesis y 19 materiales en formatos electrónicos. La División de Apoyo Técnico de Operaciones está compuesta por 6 departamentos: Electrónica, Mantenimiento, Mecánica, Mecánica Fina, Vidriería y Carpintería. Estos departamentos actúan en el mantenimiento eléctrico, hidráulico, de refrigeración, electrónico y neumático, además de estar a cargo de la confección y mantenimiento de muebles y piezas de serrería y de vidriería.

En las dependencias del Instituto tiene su sede la All Química Consultoría Junior, que es una entidad sin fines de lucro administrada y dirigida por alumnos de carreras de grado con el objetivo de prestar servicios de con-



Fotorreactor UV (TrojanUVmax) y bomba centrífuga (Weg CE)
UV Photoreactor (TrojanUVmax) and centrifuge pump (Weg CE)

sultoría en las diferentes áreas de la química a micro, pequeñas e medianas empresas, además de proporcionar a los alumnos con un mayor contacto con la realidad profesional. Dentro de sus actividades es posible mencionar la realización de varios proyectos, tanto en el área de investigación como en la de tecnología. La All Química Consultoría Junior puede contactarse a través de su página web en <http://www.allquimica.iqm.unicamp.br>.

En el Instituto de Química también se encuentra la Central Analítica, que es un organismo preparado para ofrecer una vasta gama de servicios tales como análisis cualitativos y cuantitativos clásicos, aplicación de metodologías analíticas, desarrollo de nuevos procedimientos y de métodos analíticos, desarrollo de productos, mejora de procesos, análisis de efluentes sólidos, líquidos y gaseosos, investigación bibliográfica amplia, metrología química y programas de calidad.

También se mantienen diferentes convenios institucionales, entre los cuales se pueden mencionar el establecido con la Agencia Nacional de Petróleo (ANP) para el control de la calidad de los combustibles de automotores, y el convenio más antiguo de la Universidad, vigente desde 1983, con la Secretaría de Réditos Federales para la operación de un Laboratorio de Control Analítico en Santos, SP.

Desde su creación, el cuerpo docente del IQ publicó cerca de 3000 artículos en revistas científicas nacionales y principalmente internacionales, y cuenta con unos 8000 trabajos presentados en reuniones científicas en Bra-

The Institute of Chemistry also hosts the Analytical Central, which is an organism prepared to offer a wide range of services such as classic qualitative and quantitative analysis, application of analytical methodologies, development of new procedures and analytical methods, development of products, improvement of processes, analysis of solid, liquid and gas effluents, extensive bibliographic research, chemical metrology, and quality programs.

There are also different institutional agreements, among which the one established with the National Agency of Petroleum (ANP) for the quality control of automotive fuel is worth mentioning, as well as the oldest agreement of the University, valid since 1983, with the Secretary of Federal Revenue for the operation of a Laboratory of Analytical Control in Santos, SP.

Since its creation, the teaching staff of the IQ has published around 3000 articles in national and mainly international scientific publications, and some 8000 papers presented in scientific meetings in Brazil and abroad. The main research areas are Homogeneous and Heterogeneous Catalysis, Materials Science (Polymers and Solid State Chemistry), Kinetics and Inorganic Reactions Mechanisms, Development and Application of Analytical Instrumentation, Electrochemistry, Mass Spectrometry, Atomic and Molecular Spectroscopy, Photochemistry and Photobiocchemistry, Analytical Separation Methods, Electroanalytical Methods, Electron Microscopy, Environmental Chemistry, Applied Chemistry, Biological Chemistry, Colloidal Chemistry, Coordina-

tion Chemistry and Organometallic Compounds, Chemistry of Natural Products, Ecological Chemistry, Theoretical Chemistry, Chemometrics, Radiochemistry, Radioanalytical Chemistry and Radiation Chemistry, Nuclear Magnetic Resonance, Synthesis and Mechanisms in Organic Chemistry, Thermochemistry and Thermoanalytical Methods.

The Institute of Chemistry offers two Courses of Chemistry. The Course of Chemistry offered during the day is aimed at the training of professionals as Bachelor of Science, Bachelor in Technological Chemistry, and Licenciatura. The course for Bachelor of Science is taken by students who want to prepare for teaching at higher education courses of studies, research and development (at universities, research institutes and companies) and for activities related to chemical analysis and environmental control. The degree of Bachelor in Technological Chemistry provides professional training for several R&D activities, technical assistance and industrial production. Licenciatura students can teach at medium and higher education levels.

The Course of Chemistry – Technological Mode is offered at nights, and the students who take it are mainly interested in industrial activities.

The intense participation of the teaching staff of the Institute in agreements and technical advising activities for the industry is reflected in the education given, thus helping students to develop a special awareness to understand the needs of the national industry.

The main objective of all teaching acti-

sil y el exterior. Las principales áreas de investigación son Catálisis Homogénea y Heterogénea, Ciencia de los Materiales (Polímeros y Química del Estado Sólido), Cinética y Mecanismos de Reacciones Inorgánicas, Desarrollo y Aplicación de Instrumentos Analíticos, Electroquímica, Espectrometría de Masas, Espectroscopía Atómica y Molecular, Fotoquímica y Fotorbioquímica, Métodos Analíticos de Separación, Métodos Electroanalíticos, Métodos Espectroanalíticos, Microscopía Electrónica, Química Ambiental, Química Aplicada, Química Biológica, Química Coloidal, Química de Coordinación y Compuestos Organometálicos, Química de Productos Naturales, Química Ecológica, Química Teórica, Quimiometría, Radioquímica, Química Radioanalítica y Química de Radiación, Resonancia Magnética Nuclear, Síntesis y Mecanismos en Química Orgánica, Termoquímica y Métodos Termoanalíticos.

El Instituto de Química ofrece dos Cursos de Química. El Curso de Química ofrecido en el período diurno forma profesionales en las modalidades de Bachillerato (título básico), Bachillerato en Química Tecnológica (Químico Tecnológico Básico) y Licenciatura. El Bachillerato en Química es cursado por alumnos que quieren prepararse para carreras en la enseñanza superior, en la investigación y en el desarrollo (en universidades, institutos de investigación y empresas) y en actividades de análisis químicos y control ambiental. El Bachillerato en Química Tecnológica tiene habilitación profesional para diversas actividades de I&D, asistencia técnica y produc-

ción industrial. Los estudiantes de Licenciatura pueden ejercer la enseñanza media y superior.

El Curso de Química – Modalidad Tecnológica se ofrece en el período nocturno y los alumnos que lo eligen desean dedicarse primordialmente a la actividad industrial.

La intensa participación del cuerpo docente del Instituto en convenios y asesoramientos técnicos a industrias se ve reflejada en la enseñanza ofrecida, desarrollando en los alumnos una sensibilidad especial para entender las necesidades de la industria nacional.

El objetivo fundamental de la enseñanza es el de formar profesionales con sólidos conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y con tendencia a la creatividad y a la capacidad de desenvolverse con independencia de acción y pensamiento, de forma de asimilar y promover el desarrollo de la Química en el país y en el mundo.

Cada año ingresan unos 100 alumnos al curso de grado, de los cuales 70 asisten al período diurno y 30 al nocturno. Además de las materias dictadas para los cursos de Química, el Instituto dicta materias de Química para aproximadamente otros 2000 alumnos de los cursos diurnos de Geociencias, Biología, Física y de las Ingenierías Química, Mecánica, Eléctrica, Agrícola, de Alimentos y de Sistemas, y de los cursos nocturnos de Biología, Física, Licenciatura Integrada en Química y Física y las Ingenierías Química, Eléctrica y de Alimentos.

Hace 37 años que el Instituto de Química de la UNICAMP actúa en las áreas de enseñanza, investigación y

vities is the formation of professionals with solid fundamental scientific and technological knowledge and with a tendency towards creativity, and the capability of acting and thinking independently, so as to be able to assimilate and promote the development of Chemistry in the country and in the world.

Around 100 students enroll every year for the graduate course, 70 of them for the day option and 30 for the nights. In addition to the subjects given for the courses of studies on Chemistry, the Institute is also responsible for teaching subjects for about 2000 more students from the day courses of Geosciences, Biology, Physics, Chemical Engineering, Mechanical Engineering, Electric Engineering, Agricultural Engineering, Food Engineering, and Systems Engineering, and from the night courses on Biology, Physics, Chemistry and Physics Integrated Licenciatura, Chemical Engineering, Electric Engineering, and Food Engineering.

The Institute of Chemistry has been actively participating in the areas of education, research and extension for 37 years now. The staff includes 82 professors (10 of them are collaborating professors) with at least a degree of Doctor in Science, and more than 900 students, 407 of which are postgraduate students (178 from the Master program and 229 from the Doctorate program). The IQ has already produced 1068 Bachelors of Science in Chemistry (between 1969 and 1998), and counts with more than 1000 doctorate and master theses defended.

The IQ is composed by one Direction and four Departments: Analytical Che-

mistry, Organic Chemistry, Inorganic Chemistry, and Physical Chemistry. In addition to these, there are several divisions that ensure the proper functioning of the Institute: Postgraduate Coordinating Division (CPG), Grade Coordinating Division (CG), Library Commission, Security Commission, Computer Commission (CI), Interdepartmental Council (CID) and the Congregation (highest body within the IQ).

The Postgraduate Program in Chemistry offers the possibility of obtaining a Master or a Doctor degree in the areas of Analytical Chemistry, Inorganic Chemistry, Organic Chemistry, or Physical Chemistry in approximately 40 specific research lines. The program is periodically approved by the CAPES, and is always among the best in the country in the area of Chemistry. About 110 new students enroll each year, and there are currently around 500 students in the program. Due to the dimensions and quality of the postgraduate program, the Institute of Chemistry constitutes one of the great Brazilian research centers where quality researchers and professors are continuously formed in the main areas of Chemistry, its influence thus spreading all through the country.

3. Laboratory of Environmental Chemistry - LQA

The Laboratory of Environmental Chemistry (<http://lqa.iqm.unicamp.br>) is located on Block I (room I-155) of the Institute of Chemistry of the UNICAMP, and it is related to the Department of Analytical Chemistry. The research activities carried out at the LQA are ba-

extensión. Su plantel cuenta hoy con 82 docentes (10 son docentes colaboradores) que tienen por lo menos el grado de Doctor en Ciencia, y más de 900 alumnos, de los cuales 407 son alumnos de postgrado (178 de maestría y 229 de doctorado). El IQ ya formó 1068 bachilleres en química (entre 1969 y 1998) y cuenta con más de 1000 tesis de doctorado y maestría defendidas.

El IQ está compuesto por una Dirección y cuatro Departamentos: Química Analítica, Orgánica, Inorgánica, y Físico-Química. Además de esto, existen varias instancias que aseguran el buen funcionamiento del instituto: la Coordinadora de Postgrado (CPG), la Coordinadora de Grado (CG), la Comisión de Biblioteca, la Comisión de Seguridad, la Comisión de Informática (CI), el Consejo Interdepartamental (CID) y la Congregación (órgano máximo dentro del IQ).

El programa de postgrado en Química ofrece la posibilidad de obtener la maestría y el doctorado en las áreas de Química Analítica, Química Inorgánica, Química Orgánica y Físico-Química en aproximadamente 40 líneas de investigación específicas. El programa es avalado periódicamente por la CAPES, estando continuamente ubicado entre los mejores del país en el área de la Química. Cada año ingresan cerca de 110 nuevos alumnos, habiendo unos 500 alumnos matriculados en el programa. Debido a las dimensiones y a la calidad del postgrado, el Instituto de Química constituye uno de los grandes centros brasileiros de investigación y formación de investigadores y buenos profesores universitarios en

las principales áreas de la Química, extendiéndose su influencia por todo el territorio nacional.

3. Laboratorio de Química Ambiental - LQA

El Laboratorio de Química Ambiental (<http://lqa.iqm.unicamp.br>) está ubicado en el Bloque I (sala I-155) del Instituto de Química de la UNICAMP, y está vinculado al Departamento de Química Analítica. Las investigaciones realizadas en el LQA están basadas en el estudio de procesos dentro de la Química Ambiental.

Dentro de los temas actualmente vigentes se puede destacar:

- Contaminación de compuestos orgánicos en sedimentos, aguas subterráneas y suelos;
- Determinación de interferentes endocrinos y fármacos;
- Flujos de especies gaseosas en la interfaz agua/atmósfera;
- Indicadores de polución ambiental en la biosfera;
- El ciclo biogeoquímico del mercurio en el Amazonas;
- Procesos de Oxidación Avanzada (UV; UV/H₂O₂; UV/H₂O₂/Fe²⁺; UV-TiO₂; Ozono, etc.);
- Química Acuática.

La coordinación del LQA está a cargo del Prof. Wilson de Figueiredo Jardim (wfjardim@iqm.unicamp.br), Profesor Titular del Dpto. de Química Analítica, formado en Química por la UFSCar (1975) y con un Ph.D. en Ciencias Ambientales de la Universidad de Liverpool, Inglaterra (1983).

En el LQA ya fueron defendidas 18 disertaciones de Maestría y 17 tesis de

sed on the study of processes related to Environmental Chemistry.

Among the research lines currently being studied, the following can be mentioned:

- *Pollution of organic compounds in sediments, groundwaters and soils;*
- *Determination of endocrine interfering agents and drugs;*
- *Flows of gas species in the water/atmosphere interface;*
- *Environmental pollution indicators in the biosphere;*
- *Biogeochemical cycle of mercury in Amazonia;*
- *Advanced Oxidation Processes (UV; UV/H₂O₂; UV/H₂O₂/Fe²⁺; UV/TiO₂; Ozone, etc.);*
- *Aquatic Chemistry.*

The coordination of the LQA is in charge of Prof. Wilson de Figueiredo Jardim (wfjardim@iqm.unicamp.br), Head Professor of the Department of Analytical Chemistry, Chemistry degree at the UFSCar (1975) and Ph.D. on Environmental Sciences at the University of Liverpool, England (1983).

The LQA counts with 18 Master dissertations and 17 Doctorate theses. It has published, and continues to do so, numerous articles in national and mainly international scientific publications, and it has also submitted countless papers to scientific events, both in Brazil and abroad.

In the area of Advanced Oxidation Processes, including photocatalysis, the production of the LQA is 4 Master dissertations, 4 Doctorate theses, and 21 scientific articles published in indexed publications.

doctorado. El LQA publicó, y continúa haciéndolo, numerosos artículos en revistas científicas nacionales y principalmente internacionales, y también presentó infinidad de trabajos en eventos científicos en Brasil y en el exterior.

En el área de Procesos de Oxidación Avanzada, incluyendo la fotocatalisis, la producción del LQA es de 4 disertaciones de maestría, 4 tesis de doctorado y 21 artículos científicos en revistas indexadas.

Publicaciones recientes

Recent publications

- NOGUEIRA, R.F.P. & JARDIM, W.F. (1993). Photodegradation of methylene blue using solar light and semiconductor (TiO₂). J. Chem. Educ. 70, 861-862.
- ALBERICI, R. & JARDIM, W.F. (1994). Photocatalytic degradation of phenol and chlorinated phenols using Ag-TiO₂ in a slurry reactor. Wat. Res., 28, 1845-1849.
- NOGUEIRA, R.F.P & JARDIM, W.F. (1996). TiO₂-fixed-bed reactor for water decontamination using solar light. Solar Energy, 56, 471-477.
- ALBERICI, R. & JARDIM, W.F. (1997). Photocatalytic destruction of VOCs in the gas-phase using titanium dioxide. App. Catal. B: Environ., 14, 55-68.
- CANELA, M.C., ALBERICI, R. & JARDIM, W.F. (1998). Gas-phase destruction of H₂S using TiO₂/UV-Vis. J. Photochem. Photobiol A: Chem., 112, 73-80.)
- ALBERICI, R.M., MENDES, M.A., JARDIM, W.F., & EBERLIN, M.N. (1998) Mass spectrometry on-line monitoring and MS2 product characterization of TiO₂/UV photocatalytic degradation of chlorinated volatile organic compounds. J. Am. Soc. Mass. Spectr., 9, 1321-1327.
- NOGUEIRA, R.F.P. & JARDIM, W.F. (1999). Solar photodegradation of water contaminants using potassium ferrioxalate. J. Adv. Oxid. Technol., 4, 1-4.
- NOGUEIRA, R.F.P, ALBERICI, R.M., MENDES, M.A., JARDIM, W.F. & EBERLIN, M.N. (1999). Photocatalytic degradation of phenol and trichloroethylene: on-line and real-time monitoring via membrane introduction mass spectrometry. Ind. Eng. Chem. Res., 38, 1754-1758.
- CANELA, M.C., ALBERICI, R.M., SOFIA, R.C.R., EBERLIN, M.N. & JARDIM, W.F. (1999). Destruction of malodorous compounds using heterogeneous photocatalysis. Environ. Sci. Technol., 33, 2788-2792.
- EMILIO, C. A.; JARDIM, W. F.; LITTER, M. I. & MANSILLA, H. D. (2002). EDTA destruction using the solar ferrioxalate advanced oxidation technology (AOT): Comparison with solar photo-Fenton treatment. J. Photochem. Photobiol. (A), 151, 121-127.
- ZIOLLI, R.L. & JARDIM, W.F. (2002). Photocatalytic decomposition of sewer-soluble crude-oil fractions using high surface colloid nanoparticles of TiO₂. J. Photochem. Photobiol. (A), 147, 205-212.
- HIGARASHI, M.M. & JARDIM, W.F. (2002). Remediation of pesticide contaminated soil using TiO₂ mediated by solar light. Catalysis Today, 76, 201-207.
- ZIOLLI, R.L. & JARDIM, W.F. (2003). Photochemical transformation of water-soluble fraction (WSF) of crude oil in marine waters: A comparison between photolysis and accelerated degradation with TiO₂ using GC-MS and UVF. J. Photochem. Photobiol. (A), 155, 243-252.
- NOGUEIRA, R.F.P. & JARDIM, W.F. (1993). Photodegradation of methylene blue using solar light and semiconductor (TiO₂). J. Chem. Educ. 70, 861-862.
- ALBERICI, R. & JARDIM, W.F. (1994). Photocatalytic degradation of phenol and chlorinated phenols using Ag-TiO₂ in a slurry reactor. Wat. Res., 28, 1845-1849.
- NOGUEIRA, R.F.P & JARDIM, W.F. (1996). TiO₂-fixed-bed reactor for water decontamination using solar light. Solar Energy, 56, 471-477.
- ALBERICI, R. & JARDIM, W.F. (1997). Photocatalytic destruction of VOCs in the gas-phase using titanium dioxide. App. Catal. B: Environ., 14, 55-68.
- CANELA, M.C., ALBERICI, R. & JARDIM, W.F. (1998). Gas-phase destruction of H₂S using TiO₂/UV-Vis. J. Photochem. Photobiol A: Chem., 112, 73-80.)
- ALBERICI, R.M., MENDES, M.A., JARDIM, W.F., & EBERLIN, M.N. (1998) Mass spectrometry on-line monitoring and MS2 product characterization of TiO₂/UV photocatalytic degradation of chlorinated volatile organic compounds. J. Am. Soc. Mass. Spectr., 9, 1321-1327.

- NOGUEIRA, R.F.P. & JARDIM, W.F. (1999). Solar photodegradation of water contaminants using potassium ferrioxalate. *J. Adv. Oxid. Technol.*, 4, 1-4.
- NOGUEIRA, R.F.P, ALBERICI, R.M., MENDES, M.A., JARDIM, W.F. & EBERLIN, M.N. (1999). Photocatalytic degradation of phenol and trichloroethylene: on-line and real-time monitoring via membrane introduction mass spectrometry. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 38, 1754-1758.
- CANELA, M.C., ALBERICI, R.M., SOFIA, R.C.R., EBERLIN, M.N. & JARDIM, W.F. (1999). Destruction of malodorous compounds using heterogeneous photocatalysis. *Environ. Sci. Technol.*, 33, 2788-2792.
- EMILIO, C. A.; JARDIM, W. F.; LITTER, M. I. & MANSILLA, H. D. (2002). EDTA destruction using the solar ferrioxalate advanced oxidation technology (AOT): Comparison with solar photo-Fenton treatment. *J. Photochem. Photobiol. (A)*, 151, 121-127.
- ZIOLLI, R.L. & JARDIM, W.F. (2002). Photocatalytic decomposition of sewer-soluble crude-oil fractions using high surface colloid nanoparticles of TiO₂. *J. Photochem. Photobiol. (A)*, 147, 205-212.
- HIGARASHI, M.M. & JARDIM, W.F. (2002). Remediation of pesticide contaminated soil using TiO₂ mediated by solar light. *Catalysis Today*, 76, 201-207.
- ZIOLLI, R.L. & JARDIM, W.F. (2003). Photochemical transformation of water-soluble fraction (WSF) of crude oil in marine waters: A comparison between photolysis and accelerated degradation with TiO₂ using GC-MS and UVF. *J. Photochem. Photobiol. (A)*, 155, 243-252.

Laboratorio de Recursos Renovables
Facultad De Ciencias Químicas
Universidad De Concepción - Chile

*Laboratory of Renewable Resources
School of Chemical Sciences
University of Concepción - Chile*





Vista del campanil de la Universidad de Concepción. Al fondo a la izquierda se observa parte del edificio de la FCQ

View of the bell tower of the University of Concepción. Part of the building of the FCQ can be observed in the background to the left.

Presentación General

La Universidad de Concepción es una de las Universidades más importantes del país. Fue fundada hace 85 años y cuenta en la actualidad con más de 15.000 estudiantes distribuidos en 74 carreras de grado y alrededor de 1.200 estudiantes de postgrado inscritos en 60 programas de Maestría y Doctorado.

La Facultad de Ciencias Químicas (FCQ) se inició en 1959 como Instituto Central de Química, consolidándose como un centro de excelencia en las áreas de Química y Ciencias de la Tierra, impartiendo las carreras de Licenciatura en Química, Químico Analista y Geología. Cuenta también con un Programa de Graduados que otorga los grados de Maestría y Doctorado con mención en Química. Administrativamente está organizada en los Departamentos de Química Analítica e

General Presentation

The University of Concepción is one of the major universities of the country. It was founded 85 years ago and nowadays has more than 15,000 students distributed in 74 graduate courses of studies and around 1,200 postgraduate students enrolled in 60 Master and Doctorate programs.

The School of Chemical Sciences (Facultad de Ciencias Químicas, FCQ) was born in 1959 as the Central Institute of Chemistry, and was soon consolidated as a center of excellence in the areas of Chemistry and Earth Sciences, being in charge of the courses of studies Licenciatura in Chemistry, Analyst Chemist, and Geology. There is also a Graduate Program that extends Master and Doctorate degrees with a mention in Chemistry. From an administrative viewpoint, the FCQ is divided in the De-

Pasillo techado de la FCQ
Roofed hallway of the FCQ



partments of Inorganic and Analytical Chemistry, Physical Chemistry, Polymers, Organic Chemistry, and Earth Sciences.

The Laboratory of Renewable Resources (Laboratorio de Recursos Renovables, LRR) is part of the FCQ. It started in 1990 as a multidisciplinary laboratory mainly focused on the development of joint research projects with the productive sector in the area of wood chemistry. Later on, part of its research activities were directed towards environmental issues, in particular the treatment of liquid toxic wastes with Advanced Oxidation Processes (AOPs) and biological systems. The LRR is the result of the joint efforts of the University, national and international funding agencies, and the productive sector. Its most relevant activities are research, development of human resources, and technical assistance.

The major current research lines at the LRR are wood chemistry and biotechnology and the treatment of aqueous-phase toxic wastes.

Photocatalytic Facilities

As already indicated, the AOPs in general, and photocatalysis in particular, have been systematically studied for the destruction of different organic substances, such as chlorinated phenols, EDTA, reactive colorants, antibiotics, effluents from the cellulose and tannery industry. There have also been activities related to the removal of inorganic elements such as Cr(VI) and arsenic. In the case of arsenic removal, we are working in co-

Inorgánica, Físico-Química, Polímeros, Química Orgánica y Ciencias de la Tierra.

Formando parte de la FCQ se encuentra el Laboratorio de Recursos Renovables (LRR), que se inició en 1990 como un laboratorio multidisciplinario enfocado principalmente a desarrollar proyectos conjuntos de investigación con el sector productivo en el área de la química de la madera. Posteriormente, parte de sus actividades de investigación se orientaron a temas medioambientales alcanzando especial relevancia el tratamiento de residuos líquidos tóxicos mediante Procesos Oxidativos Avanzados (POAs) y por medio de sistemas de tratamiento biológicos. El LRR es el resultado del esfuerzo conjunto de la Universidad, de agencias de financiamiento nacionales e internacionales y del sector productivo. Sus actividades más relevantes son la investigación, la formación de recursos humanos y la asistencia técnica.

Actualmente las líneas de investigación del LRR más importantes son la química y biotecnología de la madera y el tratamiento de residuos tóxicos en fase acuosa.

Facilidades Fotocatalíticas

Tal como se indicó, los POAs, y en particular la fotocátalisis, han sido sistemáticamente estudiados para la destrucción de variadas sustancias orgánicas, tales como fenoles clorados, EDTA, colorantes reactivos, antibióticos, efluentes de la industria de celulosa y curtiembre. También se ha trabajado en la remoción de elementos inorgáni-



Reactor de fotocátalisis con solarium
Photocatalysis reactor with solarium



Instalación de un reactor de placa inclinada
Installation of an inclined plate reactor



Reactor de fotocatalisis concéntrico
Concentric photocatalytic reactor



Reactor concéntrico en funcionamiento
Concentric reactor being used



Analizador de halogenados adsorbibles (AOX)
Adsorbable halogenated compounds analyzer

cos como cromo (VI) y arsénico. En el caso particular del abatimiento de arsénico, se cuenta con la colaboración de la Universidad de Tarapacá (Arica-Chile) a través de la Dra. Lorena Cornejo.

Para realizar los estudios señalados el LRR cuenta con el equipamiento y la infraestructura que proporciona la Universidad de Concepción y la FCQ (RMN multinúcleo, microscopía electrónica SEM y TEM, análisis térmico, etc.) y equipamientos propios del Laboratorio, algunos de los cuales se muestran en la siguiente galería de fotos:

Junto a la investigación desarrollada en el LRR, la docencia ocupa un lugar destacado entre sus actividades. Así, durante los últimos 10 años se han dirigido alrededor de 20 tesis de postgrado (Maestría y Doctorado en Química, en Ciencias Ambientales, en Ciencias Biológicas y en Ciencias Forestales). También se han desarrollado alrededor de 100 tesis de grado en Química, Ingeniería Química, Bioquímica, Biología, Ingeniería Forestal y Química Marina.

Los trabajos desarrollados en el LRR, como también en colaboración con grupos nacionales y extranjeros, han permitido la publicación de un número importante de manuscritos en las áreas de Química de la Madera, Fotoquímica, Biotecnología y Química Ambiental.

llaboration with the University of Tarapacá (Arica-Chile) through Dr. Lorena Cornejo.

For the development of these studies, the LRR counts with the equipment and infrastructure provided by the University of Concepción and the FCQ (multi-core NMR, SEM and TEM electron microscopy, thermal analysis, etc.), as well as with its own laboratory equipments, some of which are shown in the following photo gallery:

In addition to the research activities carried out at the LRR, the staff is also actively involved in teaching activities. Thus, during the last 10 years, around 20 postgraduate theses have been directed (Masters and Doctorates in Chemistry, Environmental Sciences, Biological Sciences, and Forest Sciences); as well as about 100 graduate theses in Chemistry, Chemical Engineering, Biochemistry, Biology, Forest Engineering, and Marine Chemistry.

All the work done at the LRR, as well as in collaboration with national and foreign groups, has resulted in the publication of an important number of articles in the areas of Wood Chemistry, Photochemistry, Biotechnology, and Environmental Chemistry.



Espectrofotómetro de FTIR medio acoplado con microscopio
FTIR spectrophotometer half coupled with a microscope



Cromatógrafo de gases con detector de electroantenograma
Gas chromatographer with electroantennogram detector



Cromatógrafo de gases con inyección Head Space y detectores ECD y llama
Gas chromatographer with Head Space injection and ECD detectors and flam

Publicaciones 2001-2004 *Publications 2001-2004*

- Extraction of polyflavonoids from *Pinus radiata* D. Don bark. effect of solvent composition and of the height on tree bark, R. Soto, J. Freer, N. Reyes, J. Baeza. Bol. Soc. Chil. Quím. 46: 41-49 (2001).
- Soxhlet extraction of pentachlorophenol from soil with in situ derivatization, S. M. Soto-Córdoba, J. Baeza, J. Freer. Bol. Soc. Chil. Quím. 46: 179-185 (2001).
- Biodegradation of *Pinus radiata* softwood by white an brown-rot fungi, A. Ferraz, J. Rodríguez, J. Freer, J. Baeza. World J. Microbiol. Biotechnol. 17: 31-34 (2001).
- Occurrence of iron-reducing compounds in biodelignified "palo podrido" wood samples, A. Ferraz, C. Parra, J. Freer, J. Baeza, J. Rodríguez. International Biodeterioration & Biodegradation. 47: 203-208 (2001).
- Una Síntesis Eficiente del N,N',N''-tris-(2,3-Dihidroxibenzoiloxi)-1,1,1-tris-(aminometil)etano, un Análogo de la Enterobactina, J. Belmar, C. Jiménez y J. Rodríguez. Boletín de la Sociedad Chilena de Química. 46(3):301-301 (2001)
- Biodegradation of Chilean native wood species, *Drimys winteri* and *Nothofagus dombeyi*, by *Ganoderma australe*, J. P. Elissetache, A. Feraz, C. Parra, J. Freer, J. Baeza, J. Rodríguez. World J. Microbiol. Biotechnol. 17: 577-581 (2001).
- Multivariate approach to photocatalytic degradation of cellulose bleaching effluent, M. Pérez, F. Torrades, J. Peral, C. Lizama, C. Bravo, S. Casas, J. Freer, H.D. Mansilla. Appl. Catal. B: Environmental, 33, 89-96 (2001).
- Reactive dyes decolouration by TiO₂ photo-assisted catalysis, C. Lizama, M.C. Yeber, J. Freer, J. Baeza, H.D. Mansilla. Wat. Sci. Technol., 44, 197-203 (2001).
- Dihydroxybenzenes-Driven Fenton Reactions, J. Rodríguez, C. Parra, D. Contreras, J. Freer, and J. Baeza. Wat. Sci. Technol. 44(5): 251-256 (2001)
- Ozonation of 1,2-dihydroxybenzene in the presence of activated carbon, C. Zaror, G. Soto, H. Valdéz, H. D. Mansilla, Wat. Sci. Technol., 44, 125-130, (2001)
- Kinetics and toxicity of direct reaction between ozone and 1,2-dihydrobenzene in dilute aqueous solution, C. Zaror, V. Carrasco, L. Perez, G. Soto, M.A. Mondaca, H.D. Mansilla, Wat. Sci. Technol. 43, 321-326 (2001)
- Factorial experimental design of Orange II photocatalytic decolouration, J. Fernández, J. Kiwi, C. Lizama, J. Freer, J. Baeza, H.D. Mansilla J. Photochem. Photobiol. A: Chem., J. Photochemistry & Photobiology, A. Chemistry, 151(1-3), 213-219 (2002).
- Iron Regulated Proteins in *Phanerochaete chrysosporium* and *Lentinula edodes*: Differential Analysis by SDS-Page and Two - Dimensional Polyacrylamide Gel Electrophoresis Profiles, Maria L. Hernández-Macedo, André Ferraz, Jaime Rodríguez, Laura M. M. Ottoboni, Maricilda Palandi De Mello. Electrophoresis 23(4): 655-661(2002)
- Optimized photodegradation of reactive blue 19 on TiO₂ and ZnO suspensions, C. Lizama, J. Freer, J. Baeza, H. D. Mansilla. Catal. Today, 76:235-246 (2002)
- Reducción fotocatalizada de cromo hexavalente en efluentes de curtiembre para disminuir su concentración en sistemas hídricos, J. Tapia,, J. Freer, H. Mansilla, J. Villaseñor, C. Bruhn, S. Basualto. Bol. Soc. Chil. Quim., 47(4): 469-476 (2002)
- EDTA destruction using solar ferrioxalate AOT. Comparison with solar photo-Fenton, C. Emilio, W.F. Jardim, M.I. Litter, H.D. Mansilla, J. Photochem. Photobiol. A: Chem., 151, 121-127 (2002)
- Photocatalized mineralization of kraft black liquor on ZnO/Fe₂O₃ coupled semiconductor, J. Villaseñor, N. Durán, H.D. Mansilla, Environ. Technol., 23, 955-959 (2002)

- A degradation and toxicity study of three textile reactive dyes by ozone, Kunz, N. Durán, H.D. Mansilla, Environ. Technol., 23, 911-918 (2002)
- Delignification of Pinus taeda wood chips for preparing high-yield kraft pulps from Ceriporiopsis subvermispore-biotreated samples, Mendonça, R., Guerra, A., Ferraz, A. J. Chem. Technol. Biotechnol., 77:411-418 (2002)
- Characterization of the residual lignins in Pinus taeda biodegraded by Ceriporiopsis subvermispore by using in situ CuO oxidation and DFRC methods, Guerra, A., Mendonça, R. and Ferraz, A., Holzforschung, 56,157-160 (2002).
- Modification of a mill DEOPDD sequence: improvement in the D stage for combination of ozone (Z) and chlorine dioxide (D) on the (ZD)EOPDD sequence of softwood kraft-oxygen pulp. H. Millar, J. Rodríguez, J. Freer, J. Baeza. J. Chil Chem. Soc. 48(3): 19-22 (2003).
- Iron-Responsive genes of Phanerochaete chrysosporium isolated by Differential Display Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction. Eliana Maria Assmann, Laura Maria Mariscal Ottoboni, André Ferraz, Jaime Rodríguez, Maricilda Palandi de Mello. Environmental Microbiology. 5 (9): 777-786 (2003).
- A screening method for detecting iron reducing wood-rot fungi. C. Oviedo, D. Contreras, J. Freer. Biotechnology Letters, 25: 891-893 (2003)
- EDTA: The Chelating Agent Under Environmental Scrutiny. Claudia Oviedo and Jaime Rodríguez. Química Nova. 26(6): 901-905 (2003) .
- Estimating the Density and Pulping Yield of Eucalyptus globulus Wood by Drift-NIR Spectroscopy and Principal Components Regression (PCR). J. Freer, J. Ruiz, M. A. Peredo, J. Rodríguez, and J. Baeza. J. Chil Chem. Soc. 48, 29-33 (2003)
- Degradation of Fe(III)-Ethylenediaminetetraacetic Acid (EDTA) Complex by A Catechol-Driven Fenton Reaction. Claudia Oviedo, David Contreras, J. Freer and Jaime Rodríguez. Fresenius Environmental Bulletin. 12, 1223-1327 (2003)
- Removal of metal ions by modified Pinus radiata bark and tannins from water solutions. G. Palma, J. Freer, J. Baeza. Water Research. 37 (20): 4974-4980 (2003)
- Combined physical-chemical and biological treatment of poorly biodegradable industrial effluents, P. González, C. Zaror, V. Carrasco, M.A. Mondaca, H.D. Mansilla, J. Environ Sci Health - A, 38, 2201-2208 (2003)
- Experimental design of Fenton and photo-Fenton reactions for the treatment of cellulose bleaching effluents, F. Torrades, M. Pérez, H.D. Mansilla, J. Peral, Chemosphere, 53, 1211-1220 (2003)
- Removal of EDTA by UV-C/hydrogen peroxide, C. Baeza, A. Rossner, W.F. Jardim, M.I. Litter, H.D. Mansilla, Environ. Technol., 24, 1277-1281 (2003)
- Molecular weight distribution of wood components extracted from Pinus taeda biotreated by Ceriporiopsis subvermispore. Guerra, A., Mendonça, R. and Ferraz, A., Enzyme Microb. Technol., 33, 12-18 (2003).
- Orange II photocatalysis on immobilized TiO₂. Effect of the pH and H₂O₂. J. Fernández, J. Kiwi, J. Freer, C. Lizama, H.D. Mansilla, , Appl. Catal. B: Environ. 48, 205-211 (2004).
- Degradation of recalcitrant compounds by catechol-driven Fenton reaction J. Rodríguez, D. Contreras, C. Oviedo, J. Freer and J. Baeza. Wat Sci Technol, in press, 2004.
- Evidence of chemical reactions between di- and polyglycidyl ether resins and tannins isolated from Pinus radiata D. Don Bark. R. Soto, J. Freer, J. Baeza. Bioresource Technology. in press, 2004
- Combined oxidative and biological treatment of separated streams of tannery wastewater, G. Vidal, J. Nieto, H.D. Mansilla, C. Bornhardt, Wat Sci Technol., in press, 2004
- Degradation of recalcitrant compounds by catechol-driven Fenton reaction J. Rodríguez, D. Contreras, C. Oviedo, J. Freer and J. Baeza. Wat Sci Technol, in press, 2004
- Destruction of EDTA using Fenton and photo-Fenton-like reactions under UV-A irradiation. G. Ghiselli, W.F. Jardim, M.I. Litter, H.D. Mansilla, J. Photochem. Photobiol. A: Chem., in press, 2004
- Alkaline sulfite/anthraquinone pulping of pine wood chips biotreated by Ceriporiopsis subvermispore. Mendonça, R., Ferraz, A., Kordsachia, O. and Patt, R. J. Chem. Technol. Biotechnol. , in press 2004



Cromatógrafo de gases acoplado con espectrómetro de masas
Gas chromatographer coupled with a mass spectrometer



Cromatógrafo de gases con filtro de masas
Gas chromatographer with mass filter



Analizador de Carbono Orgánico Total (TOC)
Total Organic Carbon Analyzer (TOC)



Sector de evaporadores rotatorios
Rotary evaporators sector



Cámara de flujo laminar
Laminar flow chamber



Biorreactor de 15 litros
15-litre bioreactor

- Cellular UV-microspectrophotometric investigations on pine wood (*Pinus taeda* and *Pinus elliotti*) delignification during biopulping with *Ceriporiopsis subvermispura* (Pilát) Gilbn. & Ryv. and alkaline sulfite/anthraquinone treatment. Mendonça, R., Ferraz, A., Kordsachia, O. and Koch, G. Wood Sci. Technol. , in press, 2004.

Capítulos de libros

- J. Baeza, J. Freer "Chemical Characterization of Wood and Its Components" Chap. 8. In: Wood and Cellulose Chemistry. D.N. -S. Hon and N. Shirahishi (eds.), Marcel Dekker, Inc. 2001 (pp. 275-384)
- Jaime Rodríguez, André Ferraz and Maricilda P. de Mello "Role of Metals in Wood Biodegradation". Cap. 9: 154-174. En: Wood Deterioration and Preservation- Advances in Our Changing World. Eds.: Barry Goodell, Tor Schultz and Darrel Nichols. ACS Symposium Series, 845, 2003.
- Xavier Domènech, Marta I. Litter, Héctor D. Mansilla, Capítulo 6: Remoción de Contaminantes Metálicos, En: Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea, Miguel A. Blesa, editor, ISBN: 987-43-3809-1, pp. 121-141.
- Héctor D. Mansilla, Cristian Lizama, Abel Gutarra, Juan Rodríguez, Capítulo 13: Tratamiento de residuos líquidos de la Industria de Celulosa y Textil, En: Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea, Miguel A. Blesa, editor, ISBN: 987-43-3809-1, pp. 285-294.



Liofilizador
Freezedrier



Vista general de un área del LRR
General view of an area of the LRR



Sala de estudiantes de doctorado
Doctorate students room



Vista general del laboratorio de HPLC
General view of the HPLC laboratory



Equipo de plasma (ICP)
Plasma equipment (ICP)



Equipo de absorción atómica
Atomic absorption equipment



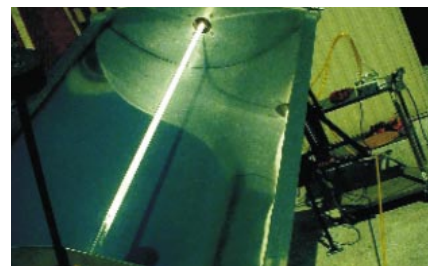
Analizador de BDO
BDO analyzer



Equipo de extracción supercrítica
Supercritical extraction equipment

Instituto Mexicano de
Tecnología del Agua.
Plataforma Solar (PS).
Morelos, México.

*Mexican Institute of
Water Technology.
Solar Platform (SP).
Morelos, Mexico*





Colector solar utilizado para la desinfección solar (SODIS) y por fotocatalisis heterogénea con TiO_2 inmovilizado.

Solar collector used for solar disinfection (SODIS) and for heterogeneous photocatalysis with immobilized TiO_2 .

Colectores utilizados para estudios de fotocatalisis con luz solar. Arriba: colector solar parabólico con seguimiento automatizado, minuto a minuto, del movimiento aparente del sol.

Abajo, colectores parabólicos compuestos. Collectors used for photocatalysis studies with sunlight. Above: parabolic solar collector with automated control, minute by minute, of the apparent movement of the sun. Below: complex parabolic collectors.



Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA

La Plataforma Solar (PS) del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) es una instalación dedicada al desarrollo de investigación y tecnología en la degradación de contaminantes en agua utilizando energía solar.

Instalaciones

Las instalaciones de la plataforma cuentan con varias geometrías de colección solar, que son empleadas para la realización de múltiples experimentos de fotocatalisis. Se cuenta con colectores de bajo flujo radiativo (colectores plano y parabólico compuesto) así como con colectores de flujo radiativo medio (colector de canal parabólico con seguimiento automático del movimiento diario aparente del sol, capacidad de concentración 40 soles). De igual forma, se tiene el equipamiento necesario para la colección de datos de irradiación, tanto directa como global, para llevar a cabo el seguimiento adecuado de los procesos fotocatalíticos. Se cuenta, además, con las instalaciones del Laboratorio de Calidad del Agua del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, que poseen la infraestructura para la realización de pruebas para el seguimiento de las reacciones de fotodescomposición de compuestos orgánicos.

Solar Platform (PS) of the Mexican Institute of Water Technology

The Solar Platform (PS) of the Mexican Institute of Water Technology (IMTA) is a facility devoted to the development of research and technologies for the degradation of water pollutants using solar energy.

Facilities

The platform has several geometries for solar collection that are used to carry out multiple photocatalysis experiments. There are low radiation flow collectors (flat and complex parabolic collectors), as well as medium radiation flow collectors (parabolic channel collector with automatic control of the apparent daily movement of the sun, concentration capacity of 40 suns). The platform also counts with all the equipment necessary for the collection of irradiation data, both directly and globally, to perform an adequate control of the photocatalytic processes.

On the other hand, the Water Quality Laboratory of the Mexican Institute of Water Technology contributes with their own facilities, which include the infrastructure needed to carry out tests to control photodecomposition reactions of treated organic compounds, as well as to assess disinfection tests. The equip-

ment of this laboratory can be used to carry out, among others, gas chromatography analyses, high resolution liquid chromatography analyses, atomic absorption analyses, on-line analytic analyses for the determination of inorganic ions, toxicity evaluations, chemical and biochemical demand of oxygen analyses, total organic carbon determinations, and quantifications of biological pathogens such as viruses and bacteria.

Finally, the IMTA hosts the Campus Morelos of the Postgraduate Division of the School of Engineering (DEPFI-Morelos) of the Autonomous National University of Mexico, which is a valuable environment for professors and students to share academic knowledge and experiences in the novelty field of solar technology.

Research lines

There are currently four well-defined research lines, within which most of the activities carried out at the PS-IMTA are developed:

- Comparative study of different solar collection geometries for their application to photocatalysis.
- Scaling of solar photocatalysis processes to a semi-industrial level for the treatment of real residual waters.
- Physicochemical preparation and modification of the catalyst TiO_2 for the generation of new photocatalytic applications.
- Application of photocatalysis to the disinfection of water for human consumption.

cos tratados, así como para evaluación en pruebas de desinfección. En los equipos del laboratorio se pueden realizar, entre otros, análisis por cromatografía gaseosa, cromatografía líquida de alta resolución, absorción atómica, marchas analíticas de determinación de iones inorgánicos, evaluación de toxicidad, demanda química y bioquímica de oxígeno, carbono orgánico total y cuantificación de patógenos biológicos como bacterias y virus.

Finalmente, dentro de las instalaciones del IMTA se encuentra el Campus Morelos de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería (DEPFI-Morelos) de la Universidad Nacional Autónoma de México, con lo que el intercambio académico entre profesores y alumnos se ve notablemente enriquecido por la facilidad de realización del intercambio de experiencia en el novedoso campo de la tecnología solar.

Líneas de investigación

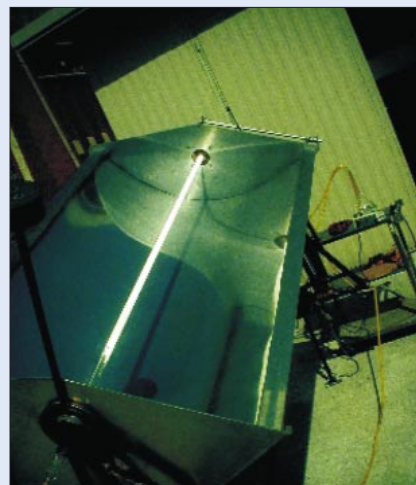
Actualmente existen cuatro líneas de investigación definidas, dentro de las cuales se desarrollan la mayoría de las actividades en la PS-IMTA:

- Estudio comparativo de diferentes geometrías de colección solar para su aplicación en fotocatalisis.
- Escalado de procesos de fotocatalisis solar a nivel semi-industrial para el tratamiento de aguas residuales reales.
- Preparación y modificación fisicoquímica del catalizador TiO_2 para la generación de nuevas aplicaciones fotocatalíticas.
- Aplicación de fotocatalisis en desinfección de agua para consumo humano.



Pirheliómetro, para medición de la radiación solar directa.

Pyrheliometer to measure direct solar radiation



Fotografía tomada a través de un filtro UV; muestra el uso de TiO_2 inmovilizado en la oxidación de 4-clorofenol.

Picture taken through a UV filter showing the use of immobilized TiO_2 during the oxidation of 4-chlorophenol.



Equipo de cromatografía (CG-EM): el uso de este equipo permite la identificación de algunos productos intermediarios en los procesos de oxidación fotocatalítica.

Chromatography equipment (CG-EM): the use of this equipment allows the identification of some intermediaries in the processes of photocatalytic oxidation.



Laboratorio microbiológico. Se cuenta con los métodos tradicional (tubos múltiples) y rápidos (filtro de membrana y Colilert) para la cuantificación de coliformes fecales y totales en agua.

Microbiologic laboratory. It can carry out the traditional (multiple tubes) and fast (membrane filtering and Colilert) methods for the quantification of total and faecal coliforms in water.



El área de microbiología cuenta con la infraestructura para realizar diversos análisis microbiológicos.

The area of microbiology counts with the infrastructure needed to perform different microbiological analyses.

Centro de Investigación en
Energía • UNAM - México

*Energy Research Center • UNAM
México*





El Centro de Investigación en Energía (CIE) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) fue creado a finales de 1996 a partir del Laboratorio de Energía Solar (LES) fundado en 1986 como parte del Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM).

El CIE es el principal centro de investigación en energías renovables en México, participa en la formación de recursos humanos de alto nivel y en docencia en programas de la UNAM y de otras instituciones de educación superior del país, principalmente del Estado de Morelos. En el CIE se realizan además acciones de relevancia en la vinculación y divulgación con los sectores público, privado y social.

Investigación en el CIE

La investigación que se realiza en el CIE tiene como fin generar conocimiento de frontera en el tema de

The Energy Research Center (Centro de Investigación en Energía, CIE) of the Autonomous National University of Mexico (Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM) was created at the end of 1996 as an adaptation of the Laboratory of Solar Energy (Laboratorio de Energía Solar, LES), which had in turn been founded in 1986 as part of the Materials Research Institute (Instituto de Investigaciones en Materiales, IIM).

The CIE is the main research center on renewable energies in Mexico, and has an active role both in the training of high-level human resources and in educational activities related to the programs of the UNAM and other higher education institutions of the country, particularly in the state of Morelos. In addition to these, the CIE carries out relevant activities for the relationship and promotion with the public, private and social sectors.

Cubículos de investigadores
Boxes for researchers



Research at the CIE

The purpose of the research activities carried out at the CIE is the generation of new knowledge in the field of energy from the areas of physical mathematics, chemical biology, economy and engineering, as well as the study of new technologies for the generation, transformation and use of energy, thus contributing to the sustainable development of the country. To do so, the CIE is divided into three research departments and one post-graduate coordination department.

1. Department of Solar Materials

This department studies issues related to the development of semiconductor materials, the development of optical devices, and the assessment of photovoltaic systems.

2. Department of Energy Systems

This department studies systems for the exploitation of solar and geothermal energies, as well as energy planning systems, refrigeration systems, heat pumps, and thermal transformers.

3. Thermoscience Department

This department carries out basic and applied research activities related to the Thermodynamics of Irreversible Processes, Statistical Mechanics, and Solid State Physics, in addition to studying energy and mass transference in several systems: channel flow, natural convection,

energía, desde las áreas físico matemáticas, químico biológicas, económicas y de las ingenierías; así como investigar nuevas tecnologías para la generación, transformación y uso de energía, contribuyendo al desarrollo sustentable del país. Para ello, el CIE está dividido en tres departamentos de investigación y una Coordinación de Posgrado.

1. Departamento de Materiales Solares

Se estudian tópicos para el desarrollo de materiales semiconductores, el desarrollo de dispositivos ópticos y optoelectrónicos, y la evaluación de sistemas fotovoltaicos.

2. Departamento de Sistemas Energéticos

Se realizan estudios sobre sistemas para el aprovechamiento de la energía solar y de la geotérmica; de planificación energética y sobre sistemas de refrigeración, bombas de calor y transformadores térmicos.

3. Departamento de Termociencias

Se llevan a cabo estudios básicos y aplicados sobre fenómenos de Termodinámica de Procesos Irreversibles, Mecánica Estadística y Física del Estado Sólido, además se estudia la transferencia de energía y masa en varios sistemas: flujo en canales, convección natural, flujos oscilatorios, entre otros.

4. Coordinación de Docencia

Desde sus inicios, el antes Laboratorio de Energía Solar, y ahora Centro de In-



Biblioteca del Centro de Investigación en Energía
Library of the Energy Research Center



Laboratorio de Química Básica
Laboratory of Basic Chemistry



Laboratorio de Química Básica
Laboratory of Basic Chemistry

vestigación en Energía, ha estado consciente de la necesidad de formar recursos humanos de alto nivel, no solamente para apoyar las líneas de investigación que se desarrollan dentro de la institución y fomentar su crecimiento, sino principalmente, para formar individuos de alto nivel que contribuyan a la investigación, desarrollo y enseñanza del aprovechamiento de la energía y demás áreas de investigación para beneficio de la sociedad.

Actualmente el CIE participa activamente en la conducción de los Posgrados en Ingeniería, en Ciencia e Ingeniería de Materiales y en Ciencias Físicas. Los grados que otorgará la UNAM en relación con los programas son: a) Maestro(a) en Ciencias y Maestro(a) en Ingeniería, y b) Doctor(a) en Ciencias y Doctor(a) en Ingeniería.

La Coordinación de Superficies, Interfaces y Materiales Compuestos (SIMC)

Actividades:

1. Física de Superficies de materiales semiconductores.
2. Electroquímica y Fotoelectroquímica de interfaces semiconductor /electrolito.
3. Electroquímica de composites de nanocarbón.
4. Elaboración y caracterización de materiales y estructuras basadas en:
 - a) Polímeros conductores
 - b) Nanopartículas
 - c) Materiales por Sol-Gel.
 - d) Fullerenos y Nanocarbón
5. Materiales para dispositivos controladores de la radiación solar.
6. Fotocatálisis Heterogénea de compuestos orgánicos tóxicos (detergentes,

and oscillatory flows, among others.

4. Coordination of Educational Activities

The former Laboratory of Solar Energy and now Energy Research Center has since its first day been aware of the need of training high-level human resources in the field, not only to support research lines that are pursued in the institution and encourage their growth, but mainly to train highly specialized individuals who will be able to contribute to the research, development, and exploitation of energy and other research areas for the benefit of society. The CIE currently participates in an active way in the conduction of post-graduate courses on Engineering, Materials Engineering and Science, and Physical Science. The degrees that the UNAM grants in relation to the programs are: a) Master in Science and Master in Engineering, and b) Doctor in Science and Doctor in Engineering.

Coordination of Surfaces, Interfaces and Composite Materials (SIMC)

Activities:

1. Semiconductor Materials Surface Physics.
2. Electrochemistry and Photoelectrochemistry of the semiconductor/electrolyte interface.
3. Electrochemistry of nanocarbon composites.



Equipo de Sol-Gel
Sol-gel equipment

4. *Elaboration and characterization of materials and structures based on:*

- a) *Conducting polymers*
- b) *Nanoparticles*
- c) *Materials by Sol-Gel*
- d) *Fullerenes and Nanocarbon*

5. *Materials for devices that control solar radiation*

6. *Heterogeneous Photocatalysis of toxic organic compounds (detergents, colorants, pesticides, phenols, etc.) using concentrated solar radiation and UV-VIS lamps.*

7. *Preparation and development of materials*

- *Inorganic semiconductors*
- *Transparent conductors*
- *Ionic conductors*
- *Nanostructured materials*
- *Catalysts*

Solar Concentration Coordination

The Solar Concentration Coordination belongs to the Department of Energy Systems.

Activities

1. *Experimental calorimetry studies in the DEFRAC solar concentrator using a conical cavity calorimeter.*
2. *Design of a conical cavity calorimeter to be used in the characterization of the distribution of radiation flow of a heliostats field in a central tower power plant*
3. *Bidimensional theoretical calculations of radiation absorption in a parabolic channel photocatalytic reactor, using the P1 approximation*

colorantes, plaguicidas, fenoles, etc.) utilizando radiación solar concentrada y lámparas UV-VIS..

7. Preparación y desarrollo de Materiales

- Semiconductores Inorgánicos
- Conductores Transparentes
- Conductores Iónicos
- Materiales nanoestructurados.

La Coordinación de Concentración Solar

La Coordinación de concentración solar pertenece Departamento de Sistemas Energéticos

Actividades

1. Estudios experimentales de calorimetría en el concentrador solar DEFRAC, usando un calorímetro de cavidad cónica.
2. Diseño de un calorímetro de cavidad cónica para ser usado en la caracterización de la distribución de flujo radiativo de un campo de helióstatos en una planta solar de torre central.
3. Cálculos teóricos bidimensionales de la absorción de radiación en un reactor solar fotocatalítico de canal parabólico, mediante la aproximación P1.
4. Estudio experimental comparativo de la degradación fotocatalítica de ácido oxálico en cuatro reactores solares de diferentes geometrías.
5. Estudio experimental de degradación fotocatalítica de un colorante en un colector solar tipo CPC.
6. Mejoramiento del sistema de seguimiento del concentrador solar DEFRAC.



Óptica de vacío
Vacuum optics



Espectrofotómetro infrarrojo
Infrared spectrophotometer



DICEF II
DICEF II

7. Diseño y construcción de un sistema de seguimiento ecuatorial para un concentrador paraboloidal en la plataforma solar del CIE.

8. Supervisión, medición y reporte de datos de la Estación Solarimétrica y Meteorológica del CIE-UNAM.

Infraestructura

Para la preparación y caracterización de materiales y dispositivos desarrollados, en el Departamento de Materiales Solares se cuenta con tres laboratorios de química básica, un laboratorio caracterización optoelectrónica, un laboratorio de física de superficies y una plataforma solar.

En plataforma solar se encuentran instalados los Dispositivos Concentradores para el Estudio de la Fotocatálisis (DICEF I y II), los cuales son concentradores de canal parabólico, asimismo, los concentradores de Canal Parabólico Compuesto (CPC) y el concentrador solar DEFRAC. Estos concentradores se utilizan en procesos de degradación fotocatalítica de compuestos orgánicos tóxicos.

4. *Comparative experimental study of photocatalytic degradation of oxalic acid in four solar reactors with different geometries*

5. *Experimental study of the photocatalytic degradation of a colorant in a CPC-type solar collector*

6. *Improvement of the follow-up system of the DEFRAC solar concentrator*

7. *Design and construction of an equatorial follow-up system for a paraboloidal concentrator in the solar platform of the CIE*

8. *Supervision, measurement and reporting of data of the Solarimetric and Meteorological Station of the CIE-UNAM*

Infrastructure

For the preparation and characterization of the materials and devices developed, there are in the Department of Solar Materials three laboratories of basic chemistry, a laboratory of optoelectronic characterization, a laboratory of surface physics, and a solar platform.

The solar platform counts with two Concentrating Devices for the Study of Photocatalysis (DICEF I and II, for their name in Spanish), which are parabolic channel concentrators, Composite Parabolic Channel (CPC) concentrators, and the solar concentrator DEFRAC. These concentrators are used in processes of photolytic degradation of toxic organic compounds.

Artículos recientes

Recent papers

Gelover S., P. Mondragón y A. Jiménez. 2004. Titanium dioxide sol-gel deposited over glass and its application as a photocatalyst for water decontamination. J. Photochem. Photobiol. A: Chem. En prensa.

Bandala E. R., S. Gelover, Ma. T. Leal, C. Arancibia-Bulnes, A. Jiménez y C. Estrada (2002). Solar photocatalytic degradation of Aldrin. Catalysis today. 76, 189-199.

L. Pérez, E.R. Bandala y C.Estrada 2002. Avances en la determinación de la eficiencia de diferentes geometrías de colectores solares utilizados en Fotocatálisis, V Foro de Opciones Educativas de Posgrado en Norte América, Guadalajara, Jal. México, Enero 9 – 12, 2002.

L.A. Pérez, E.R. Bandala y C. Estrada. 2002. Determinación de la eficiencia de diferentes geometrías de colección solar utilizadas en fotocatálisis. XXIII Encuentro Nacional de la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química. Páztcuaro, Michoacán . 30 de abril al 3 de mayo, 2002.

J. Blanco, S. Malato, C. Estrada, E.R. Bandala, S. Gelover, T. Leal. 2001. Purificación de aguas por fotocatálisis heterogénea: estado del arte. En: Blesa M.A. (Ed.) Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea. Editorial CYTED La Plata, Argentina. pp. 51-76.

S. Malato, J. Blanco, C. Estrada y E.R. Bandala. 2001. Degradación de plaguicidas. En: Blesa M.A. (Ed.) Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea. Editorial CYTED La Plata, Argentina. pp. 269-284.

R. Candal, J. Rodríguez, G. Colón, S. Gelover, E. Vigil, A. Jiménez y M.A. Blesa. 2001. Materiales para fotocatálisis y electrofotocatálisis. En: Blesa M.A. (Ed.) Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea. Editorial CYTED La Plata, Argentina. pp. 143-163.

S. Gelover, E. R. Bandala, M. T. Leal, R. Galindo, A. Paredes, I. Gómez. Degradación fotocatalítica de contaminantes orgánicos (2001). Reporte Técnico Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Gelover S S, Jiménez G J A. (2001). Inmovilización del catalizador TiO₂ y su uso en la degradación fotocatalítica de contaminantes orgánicos en agua. Documento AQC-19-02. Memorias de la XXV Semana de Energía Solar. San Luis Potosí. México.

M.E. Rincón, A. Jiménez, a. Orihuela and G. Martínez. Thermal treatment in the photovoltaic conversion of spray-painted TiO₂ coatings sensitized by chemically deposited CdSe thin films. Solar Energy Materials and Sollar Cells, 70 (2) (2001) pp. 163-173.

A. Jiménez, C.A. Estrada A.D. Cota and A. Román Rodríguez. and. "Photocatalytic degradation of DBSNa using solar energy". Solar Energy Materials and Sollar Cells 60 (2000) 85.

A. E. Jiménez González, J. G. Cambray. " Deposition of NiOx thin films by the sol-gel technique". J. Surface Engineering 16 (2000) 73-76.

Antonio E. Jiménez González and Pedro Mondragón Reyna. Estudio de propiedades ópticas y eléctricas de películas delgadas de TiO₂ preparadas por la técnica Sol-Gel. Proceedings of the Millenium Solar Forum 2000. México D.F., (2000) pag. 277.

Alma D. Cota Espericueta, Claudio A. Estrada y Antonio E. Jiménez. Rompimiento de moléculas de DBSNA por fotocátalisis. Memorias de la XXI Semana Nacional de Energía Solar. Chihuahua, Chihuahua, México (1997) pag. 31.

Alberto román Rodríguez, Antonio E. Jiménez González y Claudio a. Estrada Gasca. Estudios de fotocatalisis del plaguicida carbarilo en solución acuosa. Avances en Hidraulica 6 (2000) 15.

A. Jiménez González y P. Mondragón Reyna. Estudios de angostamiento de la brecha prohibida de energía en TiO₂. Memorias de la XXVI Semana Nacional de Energía Solar, del 11 al 15 de Noviembre de 2002, Ciudad Chetumal, Quintana Roo (2002) pag. 535.

A. Jiménez González y J. Figueroa Martínez y R. Suárez Parra. Estudios de transferencia de carga en sistemas de TiO₂ sensibilizados. Memorias de la XXVII Semana Nacional de Energía Solar, del 6-10 de octubre del 2003, Chihuahua, Chihuahua, México (2003) pag. 429.

S. Malato, J. Blanco, P. Fernández, A. Campos, J. Cáceres, A. Carrrión, E.R. Bandala (2000). Water recovery from olive mill wastewaters after photocatalytic detoxification and disinfection. Technical Report. CIEMAT-PSA, Almería España.

S. Malato, J. Blanco, P. Fernández, A. Campos, J. Cáceres, A. Carrrión, E. R. Bandala (2000). Preindustrial solar photocatalytic mineralization of commercial Imizalil. Technical Report. CIEMAT-PSA, Almería España.

R. Galindo, E.R. Bandala, S. Gelover, T. Leal y C. Estrada. 2000. Adsorción de plaguicidas en dióxido de titanio. Proceedings of the ISES Millenium Solar Forum 2000 579-582. México. México D.F. Septiembre 2000.

Paredes, A., I. Gómez, Ma. Teresa Leal, S. Gelover, E. R. Bandala y C.Estrada. 2000. Aplicación de radiación solar no concentrada para la degradación fotocatalítica de plaguicidas. Proceedings of the ISES Millenium Solar Forum 2000 575-577. México. México D.F. Septiembre 2000.

S. Gelover, T. Leal, E.R. Bandala, A. Román, A. Jiménez y C. Estrada. 1999. Catalytic photodegradation of alkyl surfactants. Proceedings of the Conference on Waste Minimisation and End of Pipe Treatment in Chemical and Petrochemical Insdustries 305-312. Mérida, Yucatán, México, Noviembre, 1999.

S. Gelover, T. Leal, E.R. Bandala, A. Román, A. Jiménez y C. Estrada. 1999. Catalytic photodegradation of alkyl surfactants. Water Science and Technology 42 (5-6), 110-116.

Grupo de Películas delgadas
Universidad de Ingeniería
Lima, Perú

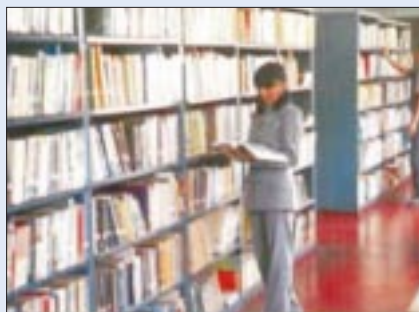
*Group of Thin Films
National Engineering
University Lima, Perú*





Vista de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería.
View of the School of Science of the National University of Engineering

Ambientes de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias
Library of the School of Sciences



Bienvenidos a la Universidad Nacional de Ingeniería

La Universidad Nacional de Ingeniería esta formada por once facultades, entre las que se cuenta a la Facultad de Ciencias, compuesta por las escuelas de Física, Química, Matemática e Ingeniería Física.

La Biblioteca de la Facultad de Ciencias cuenta en la actualidad con información bibliográfica en las especialidades de Matemática, Física y Química a nivel básico y especializado; además incluye temas de Ingeniería e Informática.

Cabe destacar que desde 1992 hasta la fecha, recibimos una Base de Datos de revistas de las áreas de Física, Química y Ciencias de la Tierra, en formato electrónico "Current Contents" que llega con una periodicidad semanal. La biblioteca cuenta actualmente con un sistema automatizado con terminales para las consultas y préstamos de libros.

Grupo de Películas delgadas

El grupo de Películas delgadas es uno de los grupos de investigación que forma parte de la facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería. Los objetivos del grupo de películas delgadas son el desarrollo de investigaciones en aplicaciones ambientales y energéticas, así

Welcome to the National Engineering University

The national University of Engineering is composed by eleven schools, among them the School of Sciences, which is in turn composed by the departments of Physics, Chemistry, Mathematics, and Physical Engineering.

The Library of the School of Sciences has currently bibliographic information in the specific fields of Mathematics, Physics and Chemistry, both at a basic and a specialized level. It also includes topics of Engineering and Computer Science.

It should be noted that since 1992, and continuing to the present date, the Library receives a Data Base of periodic publications in the areas of Physics, Chemistry and Earth Sciences in electronic format on a weekly basis. The Library also has an automated system with terminals for book queries and loans.

Thin Films Group

The Thin Films Group is one of the research groups of the School of Sciences of the National University of Engineering. The objectives of the thin films group are the development of research activities for environmental and energetic applications, as well as the direction of graduate and post-

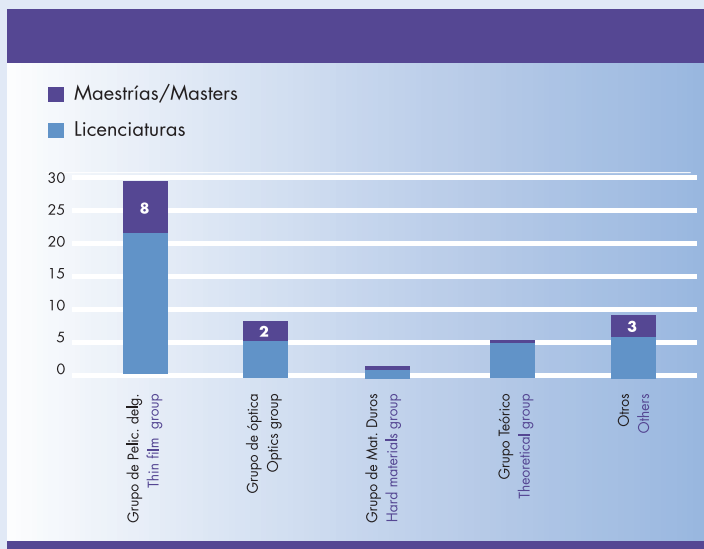
graduate theses of Courses of Studies of the UNI related to these topics. Our group has received the continuous support of the "International Program on Physical Science" of the University of Uppsala, Sweden, and of the Research Institute of the National University of Engineering. The thin films group is directed by Dr. Walter Estrada and is currently working in a decentralized fashion in the development of functional materials at the laboratories of the School of Sciences of the UNI and the Nuclear Center of the Peruvian Institute on Nuclear Energy (Instituto Peruano de Energía Nuclear, IPEN).

Environmental activities of the Thin Films Group

The group is mainly focused on the study of the effect of Advanced Oxidation Processes on water decontamination. This line of work includes the use of technologies such as heterogeneous photocatalysis with titanium dioxide and solar photo-oxidation. Activities are coordinated by Dr. Juan Rodríguez. In the field of environmental monitoring, electronic noses and tongues are being used; these activities are coordinated by Dr. José Solís.

Fabrication of Materials

The functional materials developed are produced using the techniques of pyrolytic spray (Figure 5a), spin coating (Figure 5b) and sol-gel, counting for this with low-pressure evaporation facilities (Figure 5c). More recently we have implemented the press



como la dirección de tesis de grado y posgrado de las Carreras de la UNI afines a nuestra temática. Nuestro grupo ha recibido un apoyo continuo del "International Program on Physical Science" de la Universidad de Uppsala de Suecia y del instituto de Investigación de la Universidad Nacional de Ingeniería.

El grupo de películas delgadas es liderado por el Dr. Walter Estrada y, en la actualidad, trabaja descentralizadamente en el desarrollo de materiales funcionales en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la UNI y en el Centro Nuclear del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN).

Tesis de licenciaturas realizadas por los diferentes grupos de investigación de nuestra Facultad durante el periodo 1990-2000. Se observa que más del 50 % de las tesis realizadas han pertenecido a nuestro grupo.

Tesis de licenciaturas realizadas por los diferentes grupos de investigación de nuestra Facultad durante el periodo 1990-2000. Se observa que más del 50 % de las tesis realizadas han pertenecido a nuestro grupo.

Licenciatura theses of the different research groups of School of Sciences during the period 1990-2000. As it can be observed, more than 50% of the total corresponds to our group.

Dr. José Solís, Dr. Walter Estrada y Dr. Juan Rodríguez
Dr. José Solís, Dr. Walter Estrada and Dr. Juan Rodríguez



Actividades medioambientales del grupo de Películas Delgadas

En el campo medioambiental básicamente nos encontramos estudiando el efecto de Procesos Avanzados de Oxidación en la descontaminación de aguas. Este trabajo considera el uso de tecnologías como la fotocatalisis heterogénea con óxido de titanio y la fotooxidación solar. Esta actividad está coordinada por el Dr. Juan Rodríguez. En el campo del monitoreo ambiental se está trabajando con narices y lenguas electrónicas, actividad que coordina el Dr. José Solís.

Fabricación de materiales

La fabricación de los materiales funcionales que desarrollamos se realiza con las técnicas de rociado pirolítico (Figura 5a), spin coating (Figura 5b) y sol-gel, para lo cual contamos con facilidades de evaporación a bajas presiones (Figura 5c). Recientemente se ha implementado la técnica del press coating y desarrollado la técnica del spray-gel.

Laboratorio de Fotocatálisis y Tecnologías Avanzadas de Oxidación:

Para la realización de las actividades de investigación en Procesos Avanzados de Oxidación, nuestro laboratorio cuenta con diversos reactores que utilizan lámparas o luz solar.

Facilidades Analíticas

Las actividades de investigación de nuestro laboratorio se realizan con una serie de equipos de última genera-

coating technique and developed the spray-gel technique.

Laboratory of Photocatalysis and Advanced Oxidation Techniques:

Our laboratory counts with different reactors that work with lamps or solar light and which are used to carry out research activities on issues relating to Advanced Oxidation Processes.

Analytical Facilities

The research activities carried out in our laboratory employ a series of last generation equipment. Among these we can mention a scanning electron microscope, an X-ray diffractometer, UV-visible spectrometers, and an FT-IR spectrometer. In addition to these, there is a photoelectrochemical system to measure the quantum efficiency of thin films. On the other hand, through the Nuclear Center Huarangal of the IPEN there is access to a transmission electron microscope, X-ray fluorescence equipment, and neutron activation equipment implemented in connection with the nuclear reactor RP-10 of this institute.

ción. Entre los principales, podemos resaltar un microscopio electrónico de barrido, un difractor de rayos X, espectrofotómetros UV-Visible y un FT-IR. Asimismo, se cuenta con un sistema fotoelectroquímico para medir la eficiencia cuántica de películas delgadas. Por otro lado, en el Centro Nuclear Huarangal del IPEN tenemos acceso a un microscopio electrónico por transmisión, un equipo de fluorescencia de rayos X y un equipo de activación neutrónica implementado en conexión con el reactor nuclear RP-10 del mismo instituto.



(a) Equipo de depósito por rociado pirolítico, (b) spin coating. (c) Evaporador rotatorio utilizado en el proceso sol-gel.

(a) Equipment for deposition through pyrolytic spray, (b) spin coating, and (c) Rotary evaporator used in the sol-gel process

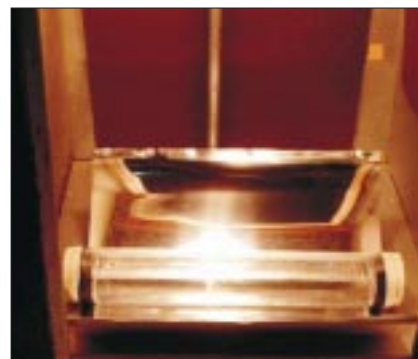
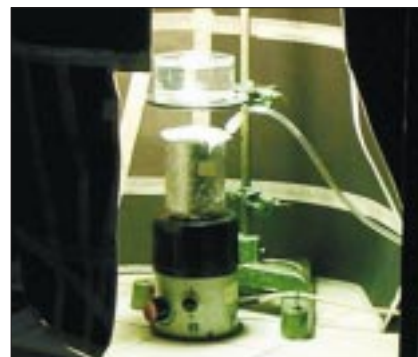
Publicaciones 2001-2004

Publications 2001-2004

- Sputter-deposited Ti oxide films used for photoelectrocatalytic degradation of 4-chlorophenol, J. Rodríguez, M. Gómez, G. A. Niklasson, S.-E. Lindquist, C.G. Granqvist, *J Mater Sci*, 36 (2001) 3699.
- Materiales para Fotocatálisis y Electrofotocatálisis, R. Candal, J. Rodríguez, G. Colón, S. Gelover, E. Vigil Santos, A. Jiménez, en *Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea*, CYTED, Edited by M. A. Blesa, La Plata, Argentina, <http://www.cnea.gov.ar/cyted/default.htm>, 2001
- Fotocatálisis Asistida por Potencial, S: A. Bilmes, R. J. Candal, A. Arancibia, B. Loeb y J. Rodríguez, in *Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea* CYTED, Editado por M. A. Blesa, La Plata, Argentina, <http://www.cnea.gov.ar/cyted/default.htm>, 2001.
- Tratamiento de Residuos Líquidos de la industria Celulosa y Textil, H. D. Mansilla, C. Lizama, A. Gutarra y J. Rodríguez. en *Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea*, CYTED, Editado por M. A. Blesa, La Plata, Argentina, <http://www.cnea.gov.ar/cyted/default.htm>, 2001.
- Purificación de agua utilizando radiación solar, P. Galarza, E. Sánchez, D. Maurtua, J. Languasco y J. Rodríguez, *III Jornadas Científicas*, Huancayo, Perú, 2001, 62-67.
- Caracterización estructural y morfológica y fotoelectroquímica de películas nanoporosas de óxido de titanio para aplicaciones fotovoltaicas, M. Quintana, M. Gómez y J. Rodríguez, *Libro de resúmenes del IX Simposio de Energía Solar y Seminario Internacional de Energías Renovables*, Arequipa, 2001, pp. 8-12.
- Desinfección de agua utilizando TiO_2 bajo irradiación solar, P. Galarza, E. Sánchez, D. Maurtua, J. Languasco y J. Rodríguez. *Libro de resúmenes del IX Simposio de Energía Solar y Seminario Internacional de Energías Renovables*, Arequipa, 2001, p. 125.
- R. López, A. Gutarra y M. Litter, Photodegradation of an azo dye of the textile industry, *Chemosphere*, 48 (4) (2002) 393.
- Spray Pyrolysis deposited zinc oxide film for Photo-electrocatalytic degradation of Methyl Orange: Influence of the pH, M. Quintana, E. Ricra, J. Rodríguez and W. Estrada, *Catalysis Today* 76 (2002) 141.
- Palomino, D. Maurtua, P. Galarza, S. Ponce y J. Rodríguez, Perú, en *Relevamiento de comunidades Rurales de América Latina para la aplicación de tecnologías económicas para la potabilización de aguas*, AICD. Editado por Marta Litter, ISBN 9874354127, 2002, pp. 70-85.
- E. Gabriel, A. Gutarra y S. Ponce, Degradación de compuestos orgánicos volátiles (COV's) por fotocatálisis heterogénea con TiO_2/UV : Aplicaciones a alcoholes alifáticos, *Revista de la Facultad de Ciencias de la UNI, REVCUNI*, 6 (2002) 38.
- Synthesis and characterization of rough electrochromic phosphotungstic acid films obtained by spray-gel process; A. Medina., J.L. Solis, J. Rodriguez, W. Estrada; *Solar Energy materials & Solar Cells*. 80 (2003) 473.
- Depósitos de materiales fotocatalíticos J. Rodríguez, W. Estrada, G. Comina, C. Luyo, M. Quintana y E. Ricra, *II Encontro sobre aplicacoes ambientais de procesos oxidativos* realizado en la ciudad de Campinas, Brasil 25-27 de Agosto 2003, pp. 37-41.
- Remoción de Arsénico del agua mediante irradiación solar, Clido Jorge, Jessica Nieto, Silvia Ponce, Juan Rodríguez, José Solís y Walter Estrada, *II encontro sobre aplicacoes ambientais de procesos oxidativos* realizado en la ciudad de Campinas, Brasil 25-27 de Agosto 2003, 12.
- Películas delgadas de TiO_2 depositadas por rociado pirolítico en el interior de tubos de vidrio para la foto-degradación de una solución acuosa de fenol, María Quintana, Juan Rodríguez, Jessica Nieto, Silvia Ponce, José Solís y Walter Estrada, *II encontro sobre aplicacoes ambientais de procesos oxidativos* realizado en la ciudad de Campinas, Brasil 25-27 de Agosto 2003, 128.
- Óxidos de metales de transición para la purificación de agua, Juan Rodríguez, *CD de resúmenes*



Algunos de los reactores fotocatalíticos utilizados.
Some of the photocatalytic reactors used



Estudios fotocatalíticos realizados utilizando una lámpara UV-A.
Photocatalytic studies carried out using a UV-A lamp



Estudios realizados utilizando luz solar
Studies carried out using sunlight



del Simposio Nacional de Química e Ingeniería Química, 17-18 de Octubre, 2003.

- Clido Jorge, Jessica Nieto, Silvia Ponce, Juan Rodríguez, José Solís y Walter Estrada Remoción de arsénico del agua mediante irradiación solar, (memorias del X Simposio Peruano de Energía Solar, 17-22 Nov. 2003).
- Edward Carpio, Silvia Ponce, Juan Rodríguez y Walter Estrada, Degradación fotocatalítica del fenol usando nanopartículas de TiO_2 soportadas sobre carbón activado, (memorias del el X Simposio Peruano de Energía Solar, 17-22 Nov. 2003).
- Patricia Zuñiga, Juan Rodríguez, Silvia Ponce, José Solís y Walter Estrada, Degradación fotocatalítica de fenol con nanopartículas de óxido de titanio soportadas en una matriz de polidetil-siloxano (memorias del X Simposio Peruano de Energía Solar, 17-22 Nov. 2003).
- J. Solís, J. Nieto, J. Aguilar, S. Ponce, J. Rodríguez, y W. Estrada, "Degradación de fenol mediante fotocatalisis con películas delgadas de TiO_2 depositadas por rociado pirolítico en el interior de tubos de vidrio. (memorias del X Simposio Peruano de Energía Solar, 17-22 Nov. 2003).

(a) Microscopio electrónico de barrido Hitachi S 500, (b) Difractómetro de rayos X Philips Xpert, (c) Monocromador Spectronic 21, (d)

Espectrofotómetro Infrarrojo FT-IR Shimadzu 8300, (e) Monocromador Optometrics RS 750, (f) Equipo de medición de eficiencias cuánticas.





(a) Hitachi S 500 scanning electron microscope, (b) Philips Xpert X-ray diffractometer, (c) Spectronic 21 monochromator, (d) FT-IR Shimadzu



8300 infrared spectrophotometer, (e) Optometrics RS 750 monochromator, (f) Quantum efficiency measurement equipment



Algunas facilidades disponibles en el centro Nuclear Huarangal. (a) Microscopio electrónico por transmisión Philips 300, (b) Equipo de Fluorescencia de rayos X, (c) Sistema de Activación de Neutrónica.
Some of the equipment available at the Huarangal Nuclear Centre. (a) Philips 300 transmission electron microscope, (b) X-ray fluorescence equipment, (c) Neutron activation system.



