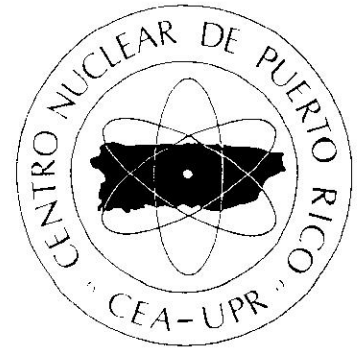


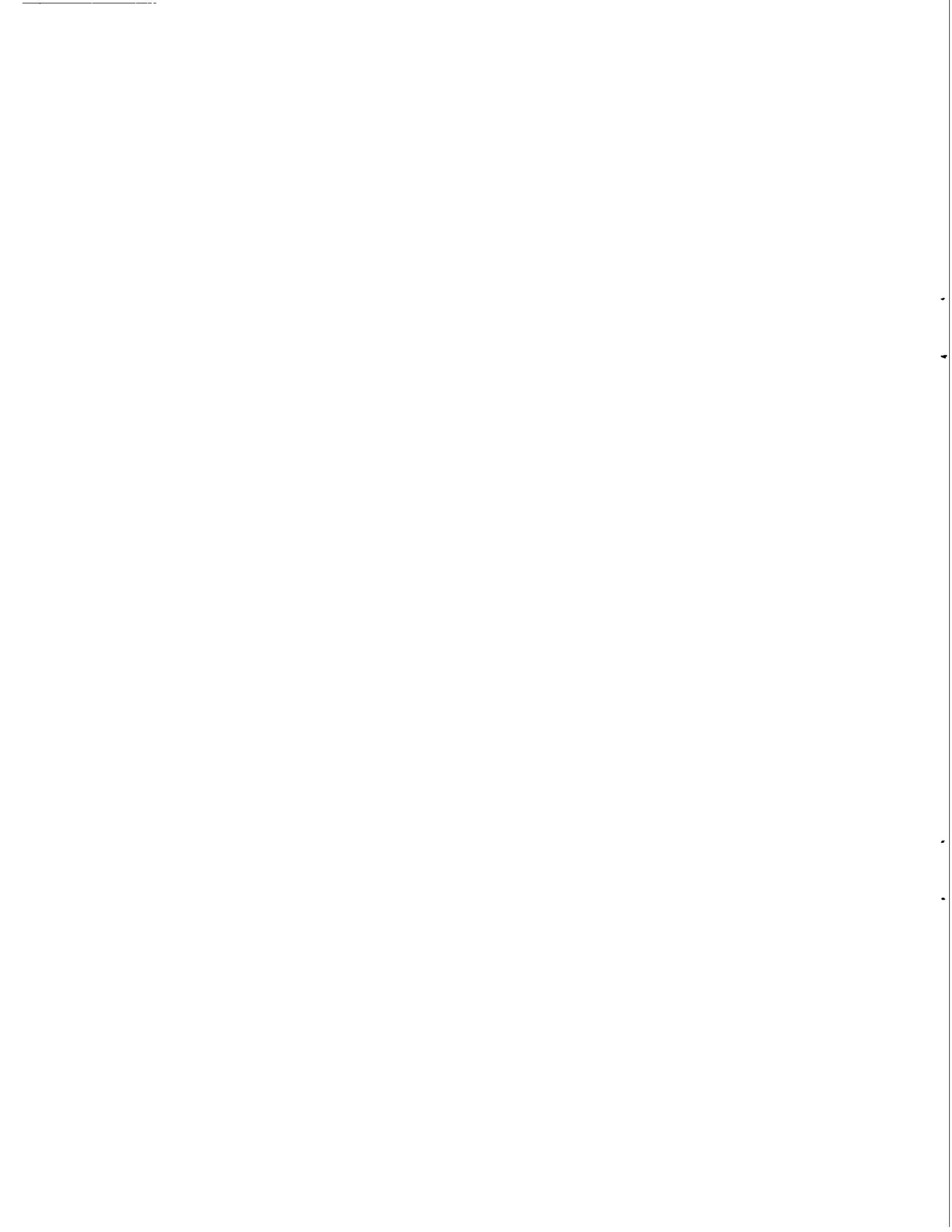
PRNC -152



PROGRAMAS DE ADIESTRAMIENTO  
Y ESTUDIOS

CENTRO NUCLEAR DE PUERTO RICO

DIRIGIDO POR LA UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO PARA LA COMISION DE ENERGIA  
ATOMICA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA SEGUN CONTRATO - AT (40-1)-1833



## TABLA DE CONTENIDO

<b>Información General</b> . . . . .	<b>1</b>
Trasfondo Institucional . . . . .	1
Facilidades Generales . . . . .	2
Programas de Adiestramiento y Estudios . . . . .	3
Investigación . . . . .	4
Estudios Académicos . . . . .	4
Información Sobre Admisión . . . . .	4
Cursos Académicos . . . . .	5
Servicios de Información y Educación . . . . .	5
Becas . . . . .	6
<b>Aplicaciones Clínicas de Radioisótopos</b> . . . . .	<b>9</b>
<b>Ciencias Agrícolas Tropicales</b> . . . . .	<b>11</b>
<b>Ciencias Físicas</b> . . . . .	<b>15</b>
<b>Ciencias Médicas y Radiobiología</b> . . . . .	<b>19</b>
<b>Ciencia Nuclear</b> . . . . .	<b>23</b>
<b>Ingeniería Nuclear</b> . . . . .	<b>27</b>
<b>Radioecología</b> . . . . .	<b>33</b>
<b>Radioterapia y Oncología</b> . . . . .	<b>35</b>
<b>Operación de Reactores</b> . . . . .	<b>39</b>
<b>Salud y Seguridad</b> . . . . .	<b>41</b>



# INFORMACION GENERAL

## TRASFONDO INSTITUCIONAL

El Centro Nuclear de Puerto Rico (CNPR) fue establecido como secuela del Simposio sobre la *Aplicación Pacífica de la Energía Atómica*, celebrado en la Universidad de Puerto Rico (UPR) en 1957. Su creación respondió esencialmente a la necesidad de proveer un centro de adiestramiento e investigación nuclear para servir a la América Latina.

La primera piedra del CNPR fue colocada en 1958 al iniciarse la construcción del complejo de facilidades del reactor nuclear ubicado en las inmediaciones del campus del Recinto Universitario de Mayagüez (UPR). Simultáneamente, se estableció un programa de adiestramiento en radioterapia y oncología en conjunción con las facilidades del Recinto de Ciencias Médicas localizado en el área metropolitana de San Juan. A partir de 1961 los diversos programas del CNPR que colaboran en alguna medida con los Recintos Universitarios de San Juan y Río Piedras fueron agrupados en el Edificio Biomédico del Centro Médico de Puerto Rico, situado en el eje vial del área metropolitana en Río Piedras.

En términos generales, la ubicación de los programas del Centro responde a la orientación predominante de los recintos universitarios con que mayormente colaboran. Así pues, los programas relacionados con las ciencias médicas están localizados en Río Piedras, importante sector de la capital puertorriqueña de 800,000 habitantes. Los programas relacionados con la agricultura y la ingeniería se encuentran en Mayagüez, ciudad universitaria e industrial de 70,000 habitantes radicada en la costa occidental de Puerto Rico, a dos y media horas de San Juan por carro y a media hora por avión. Existen programas de ciencias básicas, en Química y Física, en Río Piedras y Mayagüez.

El medioambiente ameno de Puerto Rico, su clima agradable, bellas campiñas y acogedoras playas hacen de esta isla un lugar ideal para las actividades educativas y la investigación. Resulta, además, un medio ecológicamente ventajoso para estudiar las aplicaciones de la ciencia nuclear a los problemas y condiciones de las zonas tropicales. Por su ubicación en el eje de las Américas, el Centro es lugar de encuentro de científicos, ingenieros y educadores de todo el hemisferio. Como foco importante de las actividades nucleares de América Latina, el CNPR sirve la causa universal del progreso científico.

## FACILIDADES GENERALES

El CNPR cuenta con facilidades físicas amplias y diversificadas, el mas adelantado equipo disponible y personal altamente capacitado. Las facilidades principales del Centro están situadas en Río Piedras (sede administrativa) dentro del complejo institucional del Centro Médico de Puerto Rico, y en Mayagüez dentro del complejo institucional formado por el Recinto Universitario de Mayagüez (UPR) y la Estación Experimental Federal. Existen instalaciones auxiliares en el Bosque Nacional de Luquillo y en Punta Guanajibo (Mayagüez). El Centro cuenta con un personal total de alrededor de 250 empleados.

### RIO PIEDRAS

El Edificio Biomédico, sede administrativa del CNPR se halla próximo al Hospital Oncológico y al Hospital Universitario. Ocupa un área de 22,000 pies cuadrados y contiene excelentes laboratorios para trabajar en radioquímica, radiobiología, bioquímica, biofísica, localización de tumores, citología y radioterapia. Cuenta, además, con talleres, alojamientos para animales, salas de recuento y decontaminación, depósito de radioisótopos, salones de clase y demás instalaciones necesarias. Hay también un equipo completo de laboratorio para el adiestramiento en todas las técnicas de radioisótopos.

En el campo de la medicina, el Centro Nuclear posee una unidad de terapia de 6000 curies de cobalto 60 y cápsulas de tamaños diversos de radio. Tiene además una unidad de terapia superficial, un microscopio electrónico, contador de cuerpo entero y un departamento moderno de medicina nuclear. También cuenta con gran número de otras piezas de equipo tales como aparatos para medir la radiación. A todo este equipo especializado se suman las instalaciones de la Escuela de Medicina de la Universidad que están a disposición de los participantes en los programas del Centro Nuclear.

### MAYAGUEZ

El Edificio del Reactor y su anexo en Mayagüez dispone de gran variedad de elementos para la investigación. Tiene un reactor tipo piscina de dos megavatios y capacidad de pulsar de dos mil megavatios, con tubos de haces de neutrones, columna termal, cuarto de irradiación gamma, generador de neutrones de 150 KV, y otras importantes instalaciones de equipo experimental, incluyendo dos espectrómetros para difracción de neutrones. Existe una pila subcrítica de uranio natural, moderada por grafito, y un reactor homogéneo de diez vatios. Estos se usan para entrenamiento e investigación. Otros medios

para la irradiación son: una fuente gama de cobalto-60 de 2,000 curies, pequeñas fuentes de neutrones, máquinas especiales de rayos X y celdas "calientes" para manejar material altamente radioactivo. Hay laboratorios especialmente equipados para trabajos en radioquímica, física del estado sólido y cristalografía de rayos X. Además, hay laboratorios especializados que incluyen invernaderos para estudios biológicos. El laboratorio de conteo tiene varios analizadores multicanales, de transistores, así como contadores convencionales. También hay disponibles talleres de mecánica, electrónica y soplado de vidrio. El programa de biología marina tiene un laboratorio para análisis de elementos trazas y un barco de investigación marina, el Palumbo de 275 toneladas y 95 pies de largo.

### PROGRAMAS DE ADIESTRAMIENTO Y ESTUDIOS

El CNPR es básicamente una institución educacional auspiciada por la División de Educación y Entrenamiento Nuclear de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos. Es administrado por la Universidad de Puerto Rico (UPR) a cuyas necesidades académicas responden gran parte de sus actividades educativas e investigativas. Al efecto, el idioma de enseñanza es el español aunque parte del material didáctico y conferencias ocasionales podrán ser en inglés, por lo que resulta conveniente el conocimiento de ese idioma.

Las actividades del Centro caen dentro de tres categorías: adiestramiento, investigación y estudios académicos. Los programas educativos están organizados alrededor de diez áreas de conocimientos que pueden abarcar una o más de dichas categorías. Los diez programas principales, correspondientes a Divisiones del CNPR son, en el orden en que aparecen en este Boletín: Aplicaciones Clínicas de Radioisótopos, Ciencias Agrícolas Tropicales, Ciencias Físicas, Ciencias Médicas y Radiobiología, Ciencia Nuclear, Ingeniería Nuclear, Radioecología, Radioterapia y Cancer, Reactores, Salud y Seguridad. Las Divisiones operan en forma administrativamente autónoma bajo una administración central y toda correspondencia relativa a sus programas deberá ser dirigida directamente a las mismas.

#### ADIESTRAMIENTO

Los programas de adiestramiento giran en torno al aprendizaje práctico de técnicas nucleares y la utilización de material radiactivo. El adiestramiento puede consistir de periodos variables de entrenamiento práctico informal o de cursillos y cursos de organización más formal. Por lo general el participante en este tipo de actividad busca perfeccionarse en algun área de conocimientos relevante a su campo profesional o académico. Salvo determinadas excepciones

los cursos de adiestramiento no conllevan reconocimiento académico por la Universidad de Puerto Rico. Cada División es responsable por sus propias actividades de adiestramiento y determina la elegibilidad del interesado para participar de las mismas. El solicitante deberá entrar en acuerdo con la División que administra el tipo de adiestramiento que interesa.

## INVESTIGACION

Los programas de investigación del CNPR hacen énfasis en la aplicación de técnicas, equipo y materiales nucleares al desarrollo del conocimiento científico. El adiestramiento en el uso de las mismas es necesariamente parte integrante de esta actividad. En general, las investigaciones que se realizan bajo cada División proveen amplio campo al estudiante avanzado para completar sus estudios de tesis al nivel de Maestría o Doctorado en Ciencias (Ph.D.). La participación en proyectos del CNPR, o el uso de sus facilidades para investigaciones de tesis está abierto al estudiante mediante arreglos hechos a través del Departamento universitario o institución que lo auspicia y la División correspondiente del Centro. Además de las facilidades, se provee asesoramiento individual en los trabajos que se realizan.

## ESTUDIOS ACADÉMICOS

Los cursos universitarios listados en este Boletín son ofrecidos como colaboración exclusiva del CNPR con programas de estudios académicos establecidos por la Universidad de Puerto Rico. La UPR ofrece grados académicos y cursos específicos en el campo nuclear. En el caso de determinadas especialidades nucleares la mayor parte de los programas de cursos hacia los grados en los mismos son ofrecidos en las facilidades del Centro por personal de esta institución nombrado conjuntamente por la Universidad. En ambos casos, los Departamentos correspondientes de la Universidad administran todos los programas de estudios académicos o cursos con acreditación universitaria ofrecidos por el CNPR. En el solo caso del Departamento de Ingeniería Nuclear de la UPR, el mismo es idéntico con la División de Ingeniería Nuclear del CNPR.

## INFORMACION SOBRE ADMISION

### ADIESTRAMIENTO

Por lo general la matrícula en los programas de adiestramiento y cursos especiales ofrecidos por el CNPR resulta del contacto y/o correspondencia que



establece el interesado con la División correspondiente, y depende de acuerdos y arreglos mutuos elaborados al efecto. Para solicitar la admisión formal el candidato deberá someter el formulario de Solicitud de Admisión debidamente cumplimentado, acompañado de una carta oficial de endoso de la institución que lo patrocina. Los cargos actuales, sujetos a revisión, son de \$6.25 por semana o sea \$25.00 mensuales, por el adiestramiento a tiempo completo. La solicitud deberá ser enviada en duplicado a:

Oficina del Director  
Centro Nuclear de Puerto Rico  
Edificio Biomédico  
Estación Postal de Caparra Heights  
San Juan, Puerto Rico 00935

## CURSOS ACADEMICOS

Ya que la información ofrecida en este Boletín sobre cursos universitarios es solo esquemática, el interesado deberá dirigirse al Departamento y Recinto correspondiente de la Universidad de Puerto Rico, donde podrá orientarse debidamente sobre los mismos y sobre el procedimiento a seguir para obtener admisión. En la sección informativa dedicada a cada División del CNPR en este Boletín, se indica los Departamentos de la UPR a través de los cuales se ofrecen los cursos académicos listados.

## SERVICIOS DE INFORMACION Y EDUCACION

La División de Servicios de Información y Educación provee diversos servicios esenciales para el buen funcionamiento de los programas educativos del CNPR.

Coordina la programación de las actividades de adiestramiento de las otras Divisiones, especialmente en lo referente al uso de los salones y otras facilidades del Centro. Al respecto administra la utilización de servicios tales como el salón de lectura, talleres de reproducción y fotografía, asistencia editorial, etc. Mantiene los archivos centrales de todas las publicaciones e informes originados en el Centro. La División también es responsable de preparar informes sobre actividades educacionales para la Comisión de Energía Atómica y otras agencias.

La División provee una gama de servicios para los estudiantes y visitantes del Centro Nuclear. Atiende a los estudiantes extranjeros y nuevo personal

ayudándolos a encontrar alojamiento, recibir sus pertenencias y expeditar los trámites de visa. Recibe estudiantes visitantes, ofreciéndoles películas y conferencias informales y mostrándoles las facilidades del CNPR. También opera una filмотeca de la Comisión de Energía Atómica que proporciona películas para ser exhibidas en todo Puerto Rico.

## BECAS

El Director de esta División, como Oficial de Educación del CNPR administra dos programas de becas. El Programa Regional de Desarrollo Tecnológico y Científico de la OEA, y el Programa de Asistencia Económica para Estudiantes del CNPR de América Latina.

Profesionales de América Latina son elegibles para becas del Programa Regional de la OEA para estudiar varias aplicaciones pacíficas de la energía nuclear. Requisitos incluyen (a) Ser ciudadano o residente permanente de uno de los Estados miembros de la OEA no sede del curso. (b) Poseer un título profesional de nivel universitario con especialización en uno de los campos relacionados. (c) Poseer buen conocimiento del idioma español, si éste no es su vernáculo. (d) Ser recomendado por una entidad gubernamental o privada que deberá garantizar que utilizará a su regreso sus servicios y los conocimientos adquiridos. La beca provee, por lo general, pasaje de ida y vuelta para el beneficiario desde su país a Puerto Rico, un estipendio de \$375. mensuales, matrícula, y dinero adicional para libros y otros gastos incidentales. Los formularios para las solicitudes de becas pueden obtenerse en las Oficinas de la OEA en los Estados miembros las cuales indicarán a los interesados el organismo enlace o la entidad designada por el gobierno donde deben presentar las solicitudes.

La Universidad de Puerto Rico ha provisto un fondo de becas para estudiantes Latinoamericanos que desean realizar estudios avanzados en el CNPR. Un comité selecciona los becarios y les asigna estipendios módicos, que generalmente cubren gastos de alojamiento, según las circunstancias de cada caso. El interesado deberá comunicarse directamente con el Director de la División del CNPR donde espera adiestrarse.

Diversas instrumentalidades gubernamentales de Estados Unidos y organismos internacionales proveen oportunidades de beca para estudiantes de América Latina. Algunos de los programas mas importantes son los siguientes:

El Servicio de Salud Pública de Estados Unidos (U. S. Public Health Service) ofrece para estudiantes de América Latina residentes en Estados Unidos becas para la especialización en Física Radiológica y en Salud Radiológica. El interesado deberá escribir a: Fellowships, National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, 20014.

La Organización Mundial de la Salud a través de la Organización Panamericana de la Salud (World Health Organization-Pan American Health Organization) ofrece un programa de becas diseñado con el propósito de fortalecer los servicios de salud de los gobiernos participantes, promover la cooperación entre grupos científicos y profesionales que contribuyen al mejoramiento de la salud y mejorar los estándares de enseñanza y adiestramiento en las profesiones afines a la salud y la medicina. El candidato deberá tener el endoso de su gobierno y comprometerse a servir su programa nacional de salud por un periodo de tres años al finalizar sus estudios. El interesado deberá solicitar a través del servicio nacional de salud de su país o escribiendo directamente a: Pan American Health Organization (PAHO), Pan American Sanitary Bureau, Regional Office of the World Health Organization, 525 Twenty-Third Street, Washington, D.C., 200037, U.S.A.

El Organismo Internacional de Energía Atómica (International Atomic Energy Agency) Kaerntnerring 11, Vienna I, Austria, ofrece becas asequibles a estudiantes de América Latina. Este programa no cubre las áreas de estudios en medicina clínica.



## APLICACIONES CLINICAS DE RADIOISOTOPOS

La División de Aplicaciones Clínicas de Radioisótopos del Centro Nuclear de Puerto Rico ofrece adiestramiento a médicos y su personal auxiliar en el uso diagnóstico y terapéutico de radioisótopos. En general, los cursos ofrecidos hacen más énfasis en el manejo de técnicas que en su análisis clínico. No conllevan acreditación universitaria. El solicitante para la mayoría de los cursos deberá acreditar conocimientos equivalentes al "Curso Básico de Técnicas de Radioisótopos" (Vea Ciencias Físicas).

Para desarrollar los cursos contamos con los siguientes elementos que están a disposición de los estudiantes todo el tiempo que dure su entrenamiento. Cámara de Anger, centelleógrafo lineal, equipo de dos cabezales de cristal plano de inscripción sincronizado para renogramas y pruebas funcionales, equipos de un cabezal de cristal plano para captación, contadores de pozo, escalímetros, inscriptor de cuentas minuto a minuto, reproductor de foto-rastreo a color, contador de cuerpo entero, equipo adicional de laboratorio para realizar pruebas diagnósticas, salas de exámenes clínicos, de extracciones, de decontaminación y esterilización, etc. Contamos además con biblioteca, salón de conferencias y facilidades para proyección.

Todos los cursos se ofrecen en el CNPR (Edificio Bio-Médico, Centro Médico de Puerto Rico) Río Piedras, donde se puede solicitar información adicional y admisión a los mismos. La dirección postal es: Estación Postal de Caparra Heights, San Juan, Puerto Rico 00935.

### CURSOS OFRECIDOS

**CURSO BASICO DE APLICACIONES CLINICAS DE RADIOISOTOPOS.**  
Este curso formal de ocho semanas, ofrecido al menos dos veces por año, provee al estudiante la oportunidad de aprender por experiencia directa los usos de radioisótopos en el diagnóstico y terapia de enfermedades humanas; provee suficiente relación con material clínico para permitir interpretar las correlaciones entre los resultados clínicos y de laboratorio. Permite al estudiante adquirir suficiente destreza técnica en procedimientos de diagnóstico y terapia con radioisótopos para cumplir con los requisitos de obtener licencia. Esto se logra mediante un programa de conferencias que incluye los procedimientos usados actualmente en las siguientes áreas de diagnóstico médico: desórdenes de tiroides, sistema cardiovascular, sistema renal, hígado, absorción gastrointestinal, aplicaciones hematológicas, compartimentos fluidos y electrolitos, localización

de tumores y visualización de órganos por gamagrafía y en cámara de Anger y terapia de enfermedades tiroideas con radioisótopos. Las conferencias son seguidas por ejercicios prácticos de radioisótopos en el laboratorio: discusiones clínicas de pacientes que han concurrido para pruebas diagnósticas, observación de procedimientos de laboratorio y demostraciones. La mayor parte del curso se desarrolla con participación personal o desempeño de trabajo directo de laboratorio bajo la tutela de la facultad médica y técnica de la División. Al final del curso, el estudiante ha completado un promedio de por lo menos cien procedimientos de diagnóstico. El rendimiento mínimo exigido es de ochenta procedimientos adecuadamente ejecutados durante todo el período.

**ADiestramientos Especiales.** Comprenden períodos extensos de entrenamiento práctico en cualquiera de las áreas principales de la medicina nuclear bajo el tutelaje de la facultad de clínica y laboratorio. Areas de gran interés para los estudiantes han sido: el estudio de localización de órganos y tumores con radioisótopos, hematología y enfermedades renales. Disponibles mediante arreglos con la División.

**ADiestramiento en Investigación Clínica.** El participante concentra su atención en algunas técnicas básicas y desarrolla un proyecto de investigación clínica de su interés particular, siempre que éste se considere dentro del campo del programa de investigación del CNPR. Se tomará en cuenta la preparación de un trabajo escrito en alguna fase del proyecto, el cual será considerado con el objeto de hacer su presentación en una reunión científica o de su publicación en alguna revista técnica.

**Interpretación Clínica de Pruebas con Radioisótopos.** A pedido de grupos de médicos de determinadas especialidades, se ofrecen cursos de interpretación clínica de las pruebas con radioisótopos dentro de la especialidad deseada.

**Orientación a Tecnólogos Médicos en el uso de Radioisótopos.** Provee a los estudiantes de tecnología médica una introducción a la metodología de los procedimientos de diagnóstico clínico y de laboratorio con radioisótopos. Cubre la aplicación general de radioisótopos en diagnósticos y tratamientos que se usan actualmente en la práctica de la medicina. Se hacen demostraciones para respaldar la orientación teórica.

**Cursos de Actualización de un Tema Particular.** Se suelen organizar cursos de alto nivel donde se pone al día una o más técnicas en particular, como por ejemplo uno sobre el estudio de problemas pulmonares con radioisótopos para médicos especialistas, dictado por un profesor invitado, bien reconocido como destacado en el tema.

## CIENCIAS AGRICOLAS TROPICALES

La División de Ciencias Agrícolas Tropicales del CNPR ofrece adiestramiento en investigación agrícola y biológica, con énfasis en la utilización de técnicas nucleares para resolver problemas en el laboratorio o encontradas en el campo. Desarrolla programas de investigación básica en que resultan especialmente aplicables las técnicas nucleares como instrumentos de análisis. Los cursos avanzados y la supervisión de tesis que se ofrece a través de esta división permiten a estudiantes interesados completar sus requisitos para el grado de Maestría en Ciencias Agrícolas, Biológicas o Químicas, ofrecido por la Universidad de Puerto Rico (UPR).

Se cuenta con variadas facilidades y moderno equipo para el estudio de aplicaciones nucleares a la agro-biología. Hay un nuevo edificio para laboratorios, invernaderos, cámaras de crecimiento bajo condiciones controladas, parcelas de terreno para la siembra experimental, piscina de radiación gamma, máquina de rayos-X monocromáticos, equipo de cromatografía con gases y electrofóresis, irradiador de neutrones, etc. El ciclo de radioisótopos en las plantas puede ser estudiado en el campo y en el laboratorio.

La mayoría de los cursos ofrecidos por esta División forman parte de los programas de estudio de los respectivos Departamentos graduados del Recinto Universitario de Mayagüez de la UPR. Los mismos son ofrecidos por el CNPR en colaboración exclusiva con la Universidad y conllevan acreditación universitaria. Los cursos son ofrecidos en Mayagüez por los Departamentos de Agronomía, de Biología y de Horticultura. El interesado deberá informarse directamente con el Departamento correspondiente.

### ADIESTRAMIENTO ESPECIAL

**APLICACION DE TECNICAS NUCLEARES A LA AGRICULTURA.**  
Disponible por medio de arreglo especial con la División de Ciencias Agrícolas Tropicales del CNPR. El participante recibe adiestramiento sobre el uso de radiación y radioisótopos en la investigación agrícola. Puede incluir el uso de neutrones, radiación beta, gama, rayos-X, y el uso de trazadores en sistemas biológicos.

## INVESTIGACIONES

El control experimental de estudios sobre mutagénesis plantea los siguientes principios y hechos: Ya que el bromo puede ser incorporado en el material genético durante la síntesis de DNA y los genes en un genoma se repiten siguiendo una definida secuencia cronológica, es posible incorporar Br en uno o mas genes específicos tratando el material en una fase determinada de la síntesis de DNA. Además, rayos X monocromáticos de energía igual o ligeramente sobre el límite de absorción-K del Br se sabe son preferentemente absorbidos en átomos de Br produciendo ionización múltiple en la órbita interior. Por lo tanto es concebible que las mutaciones en cualquier locus podrán ser inducidos específicamente por semejante irradiación-X en el material incorporado con Br en una fase específica de la síntesis de DNA. *Aradopsis thaliana* ha sido usada como sistema de prueba.

Las radiaciones ionizantes han sido utilizadas para inducir mutaciones beneficiosas en plantas cultivadas. El programa de cultivo de mutantes de soya (*Glycine max*), iniciado en 1968, tiene como objetivo principal el mejoramiento de la adaptación ambiental de esta cosecha al trópico, y el aumento en la cantidad y calidad de la proteína del grano. Los experimentos incluyen la inducción de mutaciones favorables a la maduración bajo condiciones de temperaturas elevadas y alto contenido de metionina en la proteína del grano. Se están perfeccionando técnicas de tratamiento con calor al efecto de seleccionar mutantes tolerantes al calor y un método de dilución isotópica para aislar mutantes con alto contenido de metionina.

Se está planeando un programa general de radiobiología de neutrones aplicado a las plantas, a fin de usar el reactor de investigaciones y el generador monoenergético de neutrones. La retardación en el crecimiento de plantas de semillero y cambios en patrones isoenzimáticos de varios enzimas (peroxidasa, esterasa, dehidrogenasa) en soya han sido empleados como índices en los estudios.

Técnicas nucleares tales como dilución isotópica y análisis por activación de neutrones, para la determinación de micro cantidades de aminoácidos y ciertos elementos que constituyen grupos prostéticos en sistemas enzimáticos y vitaminas, se están probando como métodos útiles en micro análisis. También se llevan a cabo estudios del efecto de la radiación en polímeros macromoleculares o sistemas enzimático tales como : estudio del efecto de la radiación en el peso molecular, procesos de depolimerización, y cinética de la acción de enzimas en



sistemas enzimáticos expuestos a la radiación ionizante.

Las relaciones entre la facultad de la División y científicos de Centro y Sur América permite la extensión y correlación de las áreas de investigación arriba mencionadas a problemas significativos a través de las Américas.

### CURSOS OFRECIDOS EN COLABORACION CON EL RECINTO DE MAYAGÜEZ (UPR)

AGRO. 552 - TECNICAS NUCLEARES EN LA INVESTIGACION AGRICOLA. Tres horas crédito. Dos conferencias y un laboratorio de tres horas por semana. Este curso es una introducción al uso de radiación y al manejo de radioisótopos en la agricultura. El laboratorio consiste de demostraciones y experimentos diseñados para ilustrar estos usos. Requisitos previos: MAT. 102 y QUIM. 102.

AGRO. 699 - INVESTIGACION Y TESIS EN AGRONOMIA. Una a seis horas crédito. Uno a seis periodos por semana. Investigación sobre cosechas a nivel de Maestría. Incluye la presentación y discusión de una tesis como parte de los requisitos para la Maestría en Ciencias con una concentración en cosechas.

HORT. 605 - TECNICAS NUCLEARES EN LA INVESTIGACION HORTICOLA. Para descripción vea AGRO. 552.

HORT. 699 - INVESTIGACION Y TESIS EN HORTICULTURA. Dos a seis horas crédito. Uno a tres períodos de investigación por semana cada semestre. Investigación sobre horticultura a un nivel de Maestría, incluyendo la presentación y discusión de una tesis como parte de los requisitos para la Maestría en Ciencias Agronómicas con concentración en horticultura.

BIOL. 614 - TECNICAS NUCLEARES EN LA INVESTIGACION BIOLOGICA. Tres horas crédito. Dos conferencias de una hora y un laboratorio de tres horas por semana. El curso cubre el uso de radiaciones y radioisótopos en investigaciones botánicas, zoológicas y biología marina. Requisito Previo: BIOL. 511.

BIOL. 618 - CITOGENETICA. Tres horas crédito. Dos conferencias y un laboratorio de tres horas por semana. Estudio de los principios básicos de citogenética incluyendo herencia mendeliana, significado evolutivo y genético de las variaciones en la estructura cromosómica, número y comportamiento, efectos citogenéticos de agentes físicos, químicos y biológicos, y el progreso reciente alcanzado en el estudio de los efectos citogenéticos de la radiación.

**BIOL. 645 - PROBLEMAS ESPECIALES EN BIOLOGIA NUCLEAR.** Dos a cuatro horas crédito. De dos a cuatro períodos de investigación por semana. Problemas de investigación en la aplicación de técnicas nucleares a la biología. Los proyectos pueden incluir el uso de neutrones, radiación beta, gamma, rayos-X, etc. en sistemas biológicos, el uso de trazadores y otros aspectos de biología nuclear. Requisito previo: BIOL. 614 y aprobación del proyecto de investigación por lo menos dos meses antes de matricularse en el curso.

**BIOL. 699 - INVESTIGACION.** De una a seis horas crédito. Uno a seis períodos de investigación por semana. Investigación para tesis.

**QUIM. 566 - QUIMICA DE ALIMENTOS.** Cuatro horas crédito. Curso para estudiantes avanzados resumiendo la química de los recursos alimenticios principales y de los aditivos en los alimentos, su rol en la nutrición y los efectos de los tratamientos de procesar en su composición química. El laboratorio demostrará métodos de análisis de alimentos. Requisito previo: QUIM. 561.

**QUIM. 601 - RADIOQUIMICA.** Cuatro horas crédito. Tres conferencias y un período de laboratorio de cuatro horas por semana. El estudio de las propiedades de sustancias radiactivas: aspectos químicos de los procesos nucleares; técnicas básicas para medición de radiactividad y su aplicación a problemas químicos; se dará consideración a riesgos y protección radiológica.

**QUIM. 699 - INVESTIGACION PARA TESIS DOCTORAL.** De una a doce horas crédito por semestre.

## CIENCIAS FISICAS

La División de Ciencias Físicas del CNPR ofrece adiestramiento en el uso de radioisótopos y radiación nuclear como técnicas de investigación avanzada en las ciencias físicas. La División desarrolla su cometido mediante diversos servicios educativos. Ofrece un curso básico sobre el uso de radioisótopos que sirve de introducción al adiestramiento posterior en el campo nuclear. Dicho curso conlleva acreditación universitaria cuando es tomado como parte del programa de estudios del Departamento de Bioquímica y Nutrición del Recinto de Ciencias Médicas de la Universidad de Puerto Rico (UPR).

La División colabora, además, con los Departamentos de Física y Química del Recinto Universitario de Río Piedras(UPR) ofreciendo cursos en apoyo de respectivos programas de estudio hacia la Maestría en Ciencias. Ofrece también oportunidades y facilidades para la investigación al nivel graduado en favor de la tesis de Maestría y la tesis Doctoral. El personal de la División nombrado conjuntamente por el CNPR y la Universidad participa activamente en la asesoría de trabajos de tesis y en toda la vida académica de los Departamentos de ciencias naturales del Recinto de Río Piedras.

La División cuenta con el siguiente equipo especial para rendir su labor educativa. Detectores de varios tipos: geiger, proporcional de flujo, centelleo (Na-Tl), monocanal, centelleo (NaI-Tl) multicanal, centelleo líquido. Se dispone de espectrómetros para ultravioleta, visible e infrarojo, un espectrofotofluorímetro, dos cromatógrafos de gases, un polarímetro y un aparato de fotólisis relámpago.

Todos los cursos ofrecidos a través de la División tienen su sede en el Edificio Biomedico del CNPR en el Centro Médico de Puerto Rico, en Río Piedras, o en el Edificio de Ciencias Naturales del Recinto Universitario de Río Piedras.

Información adicional y admisión al curso básico sobre el uso de radioisótopos puede obtenerse directamente de la oficina de esta División, cuya dirección es: Estación Postal de Caparra Heights, San Juan, Puerto Rico 00935. Información sobre cualquier curso ofrecido en colaboración con programas de estudios académicos de la Universidad deberá solicitarse directamente al Departamento pertinente del Recinto correspondiente.

## CURSO EN LAS TECNICAS BASICAS DEL MANEJO DE RADIOISOTOPOS.

Este curso de cuarenta horas semanales por cuatro semanas de duración cubre aspectos de física general, física atómica, física nuclear, radioquímica, radiobiología, estadísticas y otros temas relacionados con el uso de substancias radiactivas. Además de las conferencias, el trabajo de laboratorio adiestra a estudiantes en el uso de casi todos los instrumentos para medir que se usan en los laboratorios de radioisótopos con aplicación a la biología, química y medicina. Se admite un máximo de doce estudiantes por cada curso, a fin de asegurar el uso individual de los instrumentos disponibles. Este curso está acreditado por la Escuela de Medicina como Bioquímica y Nutrición 413 (mediante autorización previa). Requisito previo: tener preparación académica equivalente a un Bachillerato en Ciencias.

## INVESTIGACIONES

En física del estado sólido actualmente se estudia el daño inducido por la radiación en cristales orgánicos. Para el caso de dosis pequeñas, los centros inducidos por la radiación son estudiados mediante la fluorescencia retardada y por corrientes limitadas por carga espacial, ya sea en condiciones transitorias o estables. Para el caso de dosis grandes estos centros son estudiados midiendo la fluorescencia normal, el espectro de absorción de la resonancia paramagnética y la absorción simultánea de dos fotones. Se han detectado centros con valores G distintos. Algunos de los centros paramagnéticos fueron identificados como centros conteniendo tres protones equivalentes. Se están desarrollando métodos que se espera permitan identificar todos los centros.

En química se realizan investigaciones tanto en química de radiaciones como en estudios radioisotópicos.

La primera área incluye estudios de la radiólisis de compuestos orgánicos de azufre, efectos estereoquímicos en química de las radiaciones y la química de radiaciones de las moléculas heterocíclicas por medio de la técnica de aislamiento en matrices. Otra área de investigación es el mecanismo de sustitución aromática inducido por radiación, especialmente de hidroxilación por medio de irradiación de soluciones acuosas de compuestos aromáticos. Se realizan cálculos cuántico-mecánicos en relación con este trabajo. También se investiga la marcación con tritio de retroceso de sales orgánicas de litio.

Los estudios radioisotópicos incluyen la preparación de substancias orgánicas marcadas con tritio y  $C^{14}$  y sus usos en el estudio de mecanismos de reacción; y estudios de centelleo en fase líquida. Se realiza, además, investigación en apoyo de estos estudios sobre la cinética de las reacciones orgánicas y

sobre cálculos cuántico-mecánicos.

**CURSOS OFRECIDOS EN COLABORACION CON LA  
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO**  
(Departamentos de Física y Química, Recinto de Rio Piedras)

FIS. 501. - INVESTIGACION PARA TESIS DE MAESTRIA EN FISICA. Una a seis horas crédito. Investigación bajo supervisión de un miembro de la facultad para aquellos estudiantes que preparen una tesis para crédito.

QUIM. 364 - QUIMICA FISICA II. Tres horas crédito. Estudio de los cambios de estado, regla de fases, química de soluciones y electroquímica. Introducción a la mecánica estadística y a la química cuántica.

QUIM. 397-398. - INVESTIGACION NO-GRADUADA. Mediante autorización especial del director del Departamento se utilizan las facilidades de laboratorio del CNPR para investigación a nivel de bachillerato.

QUIM. 464. - QUIMICA FISICA AVANZADA. Tres horas crédito. Conferencias de tres horas por semana. Estudio de los principios de mecánica cuántica, y sus aplicaciones a los sistemas atómicos y moleculares.

QUIM. 465. - RADIOQUIMICA. Cuatro horas crédito. Tres conferencias y un período de laboratorio de cuatro horas por semana. El estudio de las propiedades de sustancias radiactivas; aspectos químicos de los procesos nucleares; técnicas básicas para la medición de radiactividad y su aplicación a problemas químicos; también se da consideración a riesgos y protección radiológica.

QUIM. 563. - INTRODUCCION A LA ESPECTROSCOPIA MOLECULAR. Tres horas crédito. Espectroscopia molecular y mecánica cuántica con atención especial a la estructura y simetría molecular, deducida de los espectros de rotación y de vibración. Incluye el cálculo de funciones termodinámicas de los datos espectroscópicos.

QUIM. 599. - INVESTIGACION PARA TESIS DE MAESTRIA EN QUIMICA. Máximo de seis horas crédito. El estudiante realizará su trabajo de investigación bajo la dirección de su consejero. La presentación de una tesis es requisito para obtener crédito.

QUIM. 660. - FOTOQUIMICA Y QUIMICA DE RADIACION. Tres horas crédito. Tres horas de conferencia por semana. Presentación de los principios

básicos para entender la naturaleza y consecuencias químicas de la acción recíproca de la radiación electromagnética con la materia.

QUIM. 699. - INVESTIGACION PARA TESIS DOCTORAL EN QUIMICA.  
De una a doce horas crédito por semestre.

## CIENCIAS MEDICAS Y RADIOBIOLOGIA

La División de Ciencias Médicas y Radiobiología del CNPR ofrece un amplio programa de adiestramiento e investigación sobre las aplicaciones básicas de la radiación en problemas biomédicos, incluyendo las áreas de inmunidad, bioquímica, parasitología, virología y otros aspectos de la medicina científica. Si bien el énfasis se dirige a resolver problemas que se presentan en zonas tropicales, no por eso se deja de estudiar aplicaciones de las radiaciones y los isótopos radiactivos a otras zonas climatológicas.

La División cuenta con facilidades para realizar estudios en biología molecular, radiobioquímica, cultivo de tejidos, fisiología y diferentes aspectos de la microbiología. Estos laboratorios cuentan con el más moderno equipo para realizar sus funciones. Existe además una colonia de animales para el trabajo experimental.

Como parte de su misión, la División, en colaboración con el Recinto de Ciencias Médicas de la Universidad de Puerto Rico, ofrece un variado programa de adiestramiento y estudios avanzados. El programa incluye cursos regulares de adiestramiento y entrenamientos especiales sobre algunos problemas de laboratorio, ofrecidos en las facilidades del Centro; y cursos con acreditación académica ofrecidos total o parcialmente en el Recinto de Ciencias Médicas o en el CNPR. La matrícula para los cursos y adiestramientos que no se toman para acreditación académica se hace directamente a la oficina de la División cuya dirección es: Estación Postal de Caparra Heights, San Juan, Puerto Rico 00935. La matrícula para cursos con el propósito de obtener acreditación solo podrá hacerse a través del Departamento correspondiente del recinto de Ciencias Médicas.

### CURSOS REGULARES

Cursos ofrecidos regularmente por la División. Los cursos numerados conllevan acreditación académica solamente cuando son tomados como cursos prescritos y autorizados por el Departamento correspondiente del Recinto de Ciencias Médicas de la UPR.

**VIROLOGIA (MICROBIOL. 402)** Tres horas crédito. Estudio de las características fundamentales de los virus. Conferencias, laboratorio, demostraciones y lecturas asignadas. Matrícula mediante acuerdo especial.

**CULTIVO DE TEJIDOS Y TECNICAS DE RADIOISOTOPOS A NIVEL CELULAR Y SUB-CELULAR, RADIOBIOLOGIA Y TUMORGENESIS (MICROBIOL. 405).** Técnicas del cultivo de la célula animal y su uso en el estudio de enfermedades infecciosas, con énfasis en el uso de radiaciones y radioisótopos. Conferencias, laboratorios, demostraciones y lecturas asignadas. Matrícula mediante acuerdo especial.

**RADIOBIOLOGIA PARA RADIOTERAPISTAS.** Este curso cubre los conocimientos radiobiológicos necesarios para completar el adiestramiento de los estudiantes de radioterapia.

**CNPR 510. RADIOBIOLOGIA.** Dos horas crédito. Curso general de radiobiología diseñado para familiarizar al estudiante con los efectos de la radiación en organismos mas complejos. Se da énfasis especial a la relación entre dosis y efecto, la teoría de blancos, la transferencia lineal de energía, y el efecto del oxígeno. La enseñanza consiste de veintisiete horas de conferencias y nueve sesiones de laboratorio por un período de dieciocho semanas.

**CNPR 515. EFECTOS DE LA RADIACION EN MAMIFEROS Y EN HUMANOS.** Dos horas crédito. Este curso se puede considerar como la continuación del curso CNPR 510 y trata sobre los efectos biológicos de la radiación en los mamíferos y los humanos desde el punto de vista fisiológico y patológico. Se da énfasis especial a la relación entre dosis y efecto, efectos debidos a exposición a la radiación en forma aguda y crónica, síndromes producidos por radiación y efectos tardíos, etc. La enseñanza consiste de dos horas semanales de conferencia por un periodo de dieciocho semanas.  
Requisito previo: CNPR 510.

**TECNICAS INSTRUMENTALES EN INVESTIGACIONES BIOQUIMICAS Y AFINES. (BIOQ Y NUT. 414)** Dos horas crédito. Introducción a la investigación formal en Biología y Bioquímica. Los estudiantes se familiarizan con una gran variedad de instrumentos desde el enfoque de los principios involucrados en lugar de la mera manipulación de instrumentos específicos. Conferencias, visitas y demostraciones de laboratorio.

### **ADIESTRAMIENTOS ESPECIALES**

Se ofrece adiestramiento especial en la utilización de diversas técnicas y equipo utilizados en las ciencias médicas y radiobiología. Al igual que en el caso de los cursos regulares cuando son tomados sin acreditación, el adiestramiento



especial está abierto a personal médico o técnico cuyas actividades profesionales requiere la ampliación de determinados conocimientos metodológicos. Se ofrecen los siguientes:

ADiestRAMIENTO ESPECIAL  
PARA EL ESTUDIO DE PARASITOS Y VIRUS POR MEDIO DE RADIOISOTOPOS.

ADiestRAMIENTO ESPECIAL  
EN CENTRIFUGACION POR GRADIENTE DE DENSIDAD Y OTRAS TECNICAS  
DE BIOLOGIA MOLECULAR.

ADiestRAMIENTO ESPECIAL  
EN EL USO DE RADIOISOTOPOS EN EL METABOLISMO INTERMEDIARIO.

ADiestRAMIENTO ESPECIAL  
EN MICROSCOPIA ELECTRONICA.

#### INVESTIGACIONES

Los programas de investigación que cubre la División se refieren a aspectos radiobiológicos en diferentes sistemas, muchos de los cuales tienen importancia en países tropicales. La División cuenta con programas para el estudio de *Schistosoma*, *Fasciola*, virus, etc. en que los estudiantes pueden familiarizarse con las técnicas más modernas, tanto nucleares como no nucleares para aclarar la relación huesped-parásito. Se realizan estudios ecológicos marcando diferentes estadios de parásitos y vectores y en el caso de virus se enfatizan los efectos de irradiaciones sobre la latencia de estos microorganismos. También se realizan estudios sobre los efectos que la irradiación produce al nivel celular y molecular. Para más detallada información sobre los trabajos de investigación que se realizan refierase al más reciente Informe Anual del CNPR.

#### INVESTIGACIONES DE TESIS

La División hace disponible sus facilidades y la asesoría de miembros de su facultad a estudiantes avanzados que realizan investigaciones de tesis. Dicho servicio se provee para estudiantes de los programas de Maestría y Doctorado en Ciencias ofrecidos por los Departamentos graduados de los Recintos Universitarios de Río Piedras y de Ciencias Médicas, en los que miembros de la facultad de esta División tienen nombramiento conjunto como profesores.

En términos generales, los cursos de tesis enumerados 500 corresponden a la Maestría y conllevan un máximo de cuatro horas de acreditación. Los cursos de tesis enumerados 501 corresponden al Doctorado y conllevan una acreditación máxima de cuatro horas crédito. Los Departamentos universitarios que actualmente ofrecen la oportunidad de realizar trabajos de tesis en esta División incluyen en el Recinto de Ciencias Médicas: Bioquímica y Nutrición, Fisiología, Microbiología, Farmacología y Toxicología y Zoología Médica; y en el Recinto de Río Piedras: Biología.

## CIENCIA NUCLEAR

La División de Ciencia Nuclear del CNPR tiene como finalidad colaborar con los programas de nivel graduado de los Departamentos de Física y de Química del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico (UPR). Provee a dichos Departamentos el personal capacitado para dictar cursos relacionados con el campo nuclear. También ofrece oportunidades para realizar investigaciones conducentes a la maestría y a nivel pre y posdoctoral. Ofrece además adiestramiento especial, sin acreditación universitaria, sobre las aplicaciones nucleares en las ciencias físicas.

Entre las facilidades con que cuenta la división para realizar su aportación educativa hay: un reactor tipo piscina (2MW), dos difractómetros de neutrones, aparatos de rayos-X, generador de neutrones rápidos, laboratorio para medidas dieléctricas y térmicas y laboratorio de radioquímica y química de radiación.

Ya que la mayoría de los cursos son ofrecidos de acuerdo a las necesidades de los Departamentos de Física y Química, la siguiente lista es de cursos que suelen ser ofrecidos, aunque pueda en determinado momento no estarse ofreciendo algunos de los mismos. El interesado deberá dirigirse directamente al Departamento correspondiente del recinto referido, donde podrá obtener información completa sobre los programas de estudio, preparación requerida, y procedimiento a seguirse para obtener admisión.

### CURSO ESPECIAL

**ADIESTRAMIENTO EN APLICACIONES NUCLEARES EN LAS CIENCIAS FISICAS.** Ofrecido en las facilidades del CNPR en Mayagüez, mediante acuerdo con la División de Ciencia Nuclear.

### INVESTIGACIONES

En química se estudia la radiólisis de gases (halogenuros de hidrógeno y fluoruros orgánicos simples) y soluciones acuosas (e.g. tiourea, metionina, etionina, etc.). También se estudian reactivos intermedios mediante REP ( resonancia electrónica paramagnética). Se estudian los "átomos calientes" ( $F^{18}$ ) en compuestos aromáticos sólidos y líquidos.

En física se estudian las propiedades físicas, estructura y efectos de radiación en sólidos. También el comportamiento "crítico" ( $T \sim T_c$ ) de materiales ferroeléctricos y magnéticos. Además, propiedades electrónicas y ópticas de muestras cristalinas: halogenuros alcalinos y semiconductores.

Existen facilidades para irradiar cristales con rayos-X, rayos gama, neutrones térmicos y rápidos.

Se realiza trabajo teórico orientado a un mejor conocimiento de efectos de anarmonicidad, transiciones de fase, y fenómenos cooperativos en sólidos.

El grupo de difracción de neutrones se ocupa en investigaciones de cambios estructurales en compuestos con enlace de hidrógeno y también en determinación de estructuras magnéticas a bajas temperaturas.

#### CURSOS OFRECIDOS EN COLABORACION CON EL RECINTO DE MAYAGÜEZ (UPR)

FIS. 587-597. INTRODUCCION A LA FISICA DEL ESTADO SOLIDO. Seis horas crédito. Tres conferencias semanales cada semestre. Introducción a la difracción de los rayos-X, estructuras cristalinas, constantes elásticas de los cristales, energía de las redes y vibraciones. Propiedades térmicas de los sólidos, propiedades dieléctricas, cristales ferroeléctricos. Diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo, antiferromagnetismo. Modelo de electrón libre de los metales, superconductividad, excitones, fotoconductividad y luminiscencia. Requisito previo: FIS. 476.

FIS. 649. INTRODUCCION A LA ESTADISTICA FISICA. Tres horas crédito. Tres conferencias-discusión semanales. Introducción al razonamiento estadístico aplicable a la teoría cinética, mecánica estadística y teoría cuántica contemporánea, dando mayor importancia a las analogías y diferencias esenciales de las distintas estadísticas: estadística clásica de Maxwell-Boltzmann, estadística cuántica, estadística de Fermi-Dirac y de Einstein-Bose.

FIS. 699. INVESTIGACION FISICA. De una a seis horas crédito. El estudiante escogerá un miembro de la facultad como consejero. Se requiere la presentación de una tesis para obtener crédito.

QUIM. 556. QUIMICA DE ALIMENTOS. Cuatro horas crédito. Un curso para graduados y no graduados avanzados, que reseña la química de las principales fuentes de alimentos y aditivos de alimentos, cómo se desempeñan éstos en la nutrición, y el efecto producido por procesos de tratamiento en su composición química. Demostraciones de métodos de análisis de alimentos en el laboratorio. Requisito previo: QUIM. 561.

QUIM. 571. QUIMICA NUCLEAR. Tres horas crédito. Tres conferencias semanales. Descripción de los conceptos fundamentales de la ciencia nuclear. Temas escogidos sobre propiedades nucleares, fuerzas y estructuras nucleares, radiactividad y relaciones matemáticas de la desintegración radiactiva; estadística, reacciones nucleares, efectos de radiaciones y transiciones nucleares; aplicación de los fenómenos nucleares a la química y a campos relacionados. Requisito previo: MAT. 122 y QUIM. 102.

QUIM. 601. RADIOQUIMICA. Tres horas crédito. Dos conferencias y un período de cuatro horas de laboratorio por semana. Propiedades de las sustancias radiactivas; aspectos químicos de los procesos nucleares; aplicación de las técnicas de radiactividad a problemas químicos. Requisito previo: MAT. 222 y QUIM. 102.

QUIM. 602. TECNICAS DE RADIOQUIMICA AVANZADA. Tres horas crédito. Dos conferencias y un período de cuatro horas de laboratorio por semana. Un curso avanzado que cubre el estudio comprensivo de la aplicación a la química del fenómeno radiactivo con énfasis en operaciones específicas de radioquímica. Requisito previo: QUIM. 571 ó QUIM. 601.

QUIM. 674. CINETICA QUIMICA. Tres horas crédito. Tres conferencias semanales. Teoría de electrolitos débiles y fuertes, coeficientes de actividad, potenciales electródicos, electrodos de referencia, celdas electroquímicas, etc. También se da importancia a fenómenos de transporte iónico y electrodeposición de metales. Requisito previo: QUIM. 372.

QUIM. 691. SEMINARIO GRADUADO. Dos horas crédito. Una conferencia-discusión por semana cada semestre. Conferencias, discusiones e informes sobre temas escogidos de química.

QUIM. 699. INVESTIGACION QUIMICA. Seis horas crédito. Cada estudiante escogerá como consejero a un miembro de su facultad. Se requiere presentar una tesis para recibir crédito por el curso.



## INGENIERIA NUCLEAR

La División de Ingeniería Nuclear del CNPR ofrece programas de adiestramiento, estudios avanzados e investigación en áreas de la ingeniería que envuelven el desarrollo, usos y aplicaciones de la energía nuclear.

Los cursos especiales proveen orientación y adiestramiento para ingenieros y otros técnicos afines sobre las aplicaciones constructivas de la ingeniería nuclear. Estos cursos no conllevan acreditación universitaria.

El programa educativo principal de la División gira en torno a los cursos que ofrece como Departamento de Ingeniería Nuclear del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico (UPR). Dicho Departamento ofrece un programa de estudios dirigido hacia la Maestría en Ciencias de Ingeniería Nuclear. El título es otorgado al completarse un mínimo de treinta horas de cursos prescritos, presentación de tesis y aprobación de un examen final.

Al candidato para admisión se le exige el grado de Bachiller en Ciencias con especialización en alguna de las ingenierías, recibido de una institución debidamente reconocida, y un nivel aceptable de realización académica. En determinados casos se permite la investigación de tesis por parte de estudiantes procedentes de otras instituciones de Estados Unidos y de América Latina.

Los cursos son ofrecidos en la sede del CNPR ubicada dentro del campus del Recinto de Mayagüez. La División cuenta allí con las siguientes facilidades y equipo especial para apoyar su labor educativa: Reactor TRIGA de 2-MW con capacidad para ser pulsado; Reactor homogéneo tipo L-77 que opera esencialmente a cero potencia; Reactor subcrítico de uranio natural y grafito; varias fuentes de neutrones de intensidad entre un curie y cinco curies; Tanque experimental tipo Visiflux para llevar a cabo una serie de experimentos relacionados con Física de Neutrones y Análisis de Reactores; Generador de neutrones (energía alrededor de 14 Mev.) con capacidad para pulsar; Instalación para irradiación gama tipo piscina que contiene una fuente de Cobalto-60; Analizadores multicanales (128, 512 y 1024 canales); Sistema de computación digital IBM 360/40; varios sistemas convencionales para detección y conteo de radiaciones nucleares.

Información adicional sobre los cursos especiales y admisión a los mismos

podrá obtenerse directamente a la oficina de esta División en Mayagüez. Información sobre el programa de Maestría y los cursos ofrecidos en relación con el mismo podrá solicitarse en la misma dirección, o lo que es igual, del Departamento de Ingeniería Nuclear, Recinto Universitario de Mayagüez.

### CURSOS ESPECIALES

**ADiestRAMIENTO "PLOWSHARE".** Provee una orientación general sobre los usos constructivos de los explosivos nucleares. Se enfatiza el uso de estos explosivos en problemas relacionados con la Ingeniería Civil tales como construcción de canales y brechas para vías de transportación. Se discuten también el uso de explosivos nucleares en la minería. Los estudiantes aplican los conocimientos adquiridos trabajando en proyectos especiales asignados individualmente o en grupo.

**ADiestRAMIENTO ESPECIAL EN INGENIERIA NUCLEAR.** Se estudian las diferentes fases de operación y mantenimiento relacionadas con un reactor nuclear de investigación. El estudiante recibe instrucción académica a través de cursos especialmente diseñados por la División de Reactores en la colaboración con el Departamento de Ingeniería Nuclear. La fase práctica del curso consiste en el análisis de los diferentes sistemas que componen el reactor del CNPR, la operación del reactor y uso de las varias facilidades experimentales del mismo.

### INVESTIGACIONES

El uso para la investigación de los reactores del Centro Nuclear de Puerto Rico es variado. Los proyectos más básicos incluyen la medida de la función de transferencia y de ciertos parámetros asociados con el comportamiento estático y dinámico de un reactor nuclear. Estudios conducentes al desarrollo de un instrumento para medir el nivel de reactividad de un reactor subcrítico están siendo llevados a cabo. El mayor servicio que se obtiene de los reactores es en el campo de análisis por activación de neutrones. En esta area se investiga la razón de sedimentación en la desembocadura de los rios y la distribución de contaminación en areas adyacentes.

Planes para investigación para el nuevo acelerador de neutrones incluyen una



serie de trabajos para obtener los parámetros nucleares de un reactor sub-crítico usando un haz pulsador de neutrones. Igualmente está programado el estudio de moderadores orgánicos y de ciertos materiales rocosos de interés nuclear; y la medida de secciones eficaces de captura en materiales que contienen hidrógeno.

En el área de aplicaciones nucleares en la industria se encuentra el uso de radiación para tratamiento de aguas negras. Específicamente se investiga el efecto de la radiación gama en la degradación de materia orgánica en soluciones acuosas.

Están siendo realizados estudios del efecto de la radiación sobre la propagación de fracturas en diversos materiales, cuando estos experimentos se realizan en condiciones de estado estacionario; así como de la solubilidad de cobre de calcopirita y sus relaciones con la tecnología de explosivos nucleares (Plowshare).

Se está trabajando además en el cálculo de la densidad de neutrones en función del tiempo y del espacio en un medio rocoso de una fuente de punto que libera sus neutrones instantáneamente; en este caso, específicamente se están tomando en cuenta las condiciones iniciales y de contorno para simular los fenómenos que ocurren en una explosión nuclear subterránea.

#### **CURSOS OFRECIDOS POR EL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA NUCLEAR DEL RECINTO DE MAYAGÜEZ (UPR)**

ING. NU. 551. INTRODUCCION A LA INGENIERIA NUCLEAR. Tres horas crédito. Tres conferencias por semana. Fisión nuclear y reacciones neutrónicas en cadena; principios básicos en el diseño de reactores nucleares; uso de la energía nuclear para generar potencia; problemas relacionados con la radiación. Requisito previo: FIS. 205; MAT. 22 y ING.ME. 441.

ING. NU.552. RADIOISOTOPOS EN LA INGENIERIA. Dos horas crédito. Dos conferencias semanales. Fundamentos del uso de radioisótopos en la industria y sus aplicaciones a la ingeniería.

ING. NU. 555. APLICACION DE LAS UNIDADES DE OPERACION A LA PURIFICACION DE MINERALES RADIATIVOS. Tres horas crédito. Dos conferencias y un período de tres horas de laboratorio semanales. El curso

comprende el desarrollo de la hidrometalurgia en la purificación de minerales radiactivos, haciendo un repaso amplio de unidades de operación; pulverización; lixiviación; separaciones sólido-líquidas; al mismo tiempo presenta los nuevos conceptos de intercambio iónico y de extracciones líquido-líquido en su aplicación a la ingeniería químico-nuclear. Requisito previo: MAT. 222.

ING. NU. 601. TECNOLOGIA DE REACTORES NUCLEARES I. Tres horas crédito. Tres conferencias semanales. El curso relaciona al estudiante con el desarrollo actual de los reactores nucleares y los problemas de ingeniería que conlleva. Se estudia la terminología usada en la ingeniería de reactores nucleares al igual que los componentes de un reactor. Además se trata de la producción, transferencia y utilización del calor en un reactor nuclear. Correquisito MAT. 675.

ING. NU. 602. TECNOLOGIA DE REACTORES NUCLEARES II. Cuatro horas crédito. Tres conferencias y un período de tres horas de demostraciones en el laboratorio semanales. Conducción térmica en elementos combustibles bajo condiciones constantes y condiciones dependientes del tiempo; difusión térmica en el diseño de intercambiadores de calor; sistemas que usan metales líquidos; sistemas de combustible circulante; comportamiento en tiempo, de reactores; reactores de cría y conversión; introducción a los aspectos económicos en la operación de un reactor; problemas de diseño en la ingeniería de reactores. Requisito previo: ING. NU. 601 e ING. ME. 442.

ING. NU. 603. MEDICIONES NUCLEARES E INSTRUMENTACION. Tres horas crédito. Una conferencia y dos períodos de tres horas de laboratorio por semana. Estudio de características de operación al igual que la aplicación de técnicas especializadas como: contaje usando los métodos de coincidencia y anti-coincidencia, análisis de impulsos, espectrometría de neutrones, espectrometría de rayos gama, etc.

ING. NU. 604. ELECTRONICA DE DETECTORES NUCLEARES. Tres horas crédito. Tres conferencias por semana. Teoría básica de tubos electrónicos, contadores, componentes de circuitos electrónicos, y de instrumentos para detectar la radiación tales como escaladores, metros para medir la razón de cambio de la radiación con tiempo amplificadores, discriminadores y circuitos de coincidencia y anti-coincidencia.

ING. NU. 605. ELEMENTOS DE INGENIERIA NUCLEAR. Cuatro horas crédito. Cuatro conferencias por semana. Características del núcleo atómico. Desintegración radiactiva, interacción de la radiación con la materia. Física de neutrones.

ING. NU. 608. REPROCESAMIENTO DE MATERIALES NUCLEARES. Dos horas crédito. Dos conferencias por semana. Constituye un estudio de la química y la tecnología de los materiales usados en el campo de la Ingeniería Nuclear, reprocesamiento de combustibles nucleares y diseño de plantas de procesamiento. Requisito previo: ING. NU. 555.

ING. NU. 611. INSTRUMENTACION DE REACTORES. Tres horas crédito. Dos conferencias y un período de tres horas de laboratorio semanales. En este curso se relaciona al estudiante con los problemas de operación de un reactor bajo condiciones normales y de emergencia; medidas de flujo neutrónico; intensidad de la radiación gama y el comportamiento en tiempo del reactor en relación con la estabilidad del mismo y los límites de seguridad. Correquisito: ING. NU. 601.

ING. NU. 612. METALURGIA DE REACTORES NUCLEARES. Tres horas crédito. Dos conferencias y un período de tres horas de laboratorio por semana. Este curso está diseñado para relacionar a los estudiantes con los problemas de metalurgia en la tecnología de reactores. Constituye una introducción a la metalurgia elemental de los principales materiales usados en reactores, tales como; aluminio, circonio, uranio y aleaciones de alta temperatura; propiedades mecánicas; fabricación de combustibles nucleares; y daños producidos por la radiación en los componentes de un reactor. El laboratorio incluirá la metalografía de elementos tóxicos y de los que emiten la radiación alfa.

ING. NU. 614. MATERIALES PARA REACTORES. Dos horas crédito. Dos conferencias por semana. Propiedades de reactores, problemas térmicos y estructurales en el diseño de reactores nucleares. Requisito previo: ING. NU. 601.

ING. NU. 615, 616 y 618. SEMINARIO. Una hora crédito. Dos horas por semana. Informes y discusiones de puntos especiales en el campo de la Ciencia y la Ingeniería Nuclear.

ING. NU. 621. TEORIA DE REACTORES. Tres horas crédito. Tres conferencias semanales. La ecuación de conservación de neutrones; teoría de la difusión y teoría de la moderación. Reactores homogéneos, comportamiento en tiempo de un reactor. Teoría de la perturbación y teoría del transporte.

ING. NU. 622. TEORIA AVANZADA DE REACTORES. Tres horas crédito. Tres conferencias por semana. Teoría avanzada del transporte, cinética de reactores y teoría de reactores heterogéneos. Requisito previo: ING. NU. 675, ING. NU. 605, ING. NU. 621. Correquisito: ING. NU. 676.

ING. NU. 625. DISEÑO DE REACTORES NUCLEARES. Dos horas crédito. Una conferencia y un período de diseño de tres horas semanales. Aspectos de la ingeniería del diseño de reactores y del uso de la potencia nuclear. Requisito previo: ING. NU. 601 e ING. NU. 602.

ING. NU. 626. LABORATORIO DE REACTORES. Tres horas crédito. Dos conferencias y período de cuatro horas de laboratorio por semana. Problemas de laboratorio relacionados con el reactor nuclear. Requisito previo: ING. NU. 621.

ING. NU. 628. BLINDAJE DE RADIACIONES. Dos horas crédito. Dos conferencias por semana. El diseño de blindajes para la protección contra rayos gama y neutrones. Aplicaciones a los reactores nucleares, sistemas de enfriamiento, equipo de procesamiento y otras unidades de ingeniería. Requisito previo: ING. NU. 621.

ING. NU. 695- 696. PROBLEMAS ESPECIALES. De una a tres horas crédito. De uno a tres períodos de investigación por semana. Investigación y problemas especiales de Ingeniería Nuclear.

ING. NU. 699. INVESTIGACION Y TESIS. Seis horas crédito. De uno a seis períodos de investigación por semana. Investigación en el campo de la Ingeniería Nuclear y presentación de una tesis.

MAT. 675. MATEMATICA DE LA CIENCIA MODERNA I. Tres horas crédito. Tres conferencias por semana. Es un curso de nivel avanzado que incluye algunos temas estudiados en MAT 475-476. Se consideran además, las variables complejas, las ecuaciones en derivadas parciales, las funciones especiales y el cálculo de las transformadas.

MAT. 676. MATEMATICA DE LA CIENCIA MODERNA II. Tres horas crédito. Tres conferencias por semana. Es un curso de nivel avanzado que incluye algunos temas estudiados en MAT. 475-476. Se consideran, además los sistemas de Sturm-Liouville, el cálculo de variaciones, las ecuaciones integrales, los tensores y las diferencias finitas.

## RADIOECOLOGIA

La División de Radioecología del CNPR ofrece oportunidades de realizar investigaciones ecológicas utilizando técnicas nucleares especializadas. La División administra dos programas básicos de investigación, el de ecología marina con sede en Mayagüez y el de ecología terrestre con sede en Río Piedras. En ambos lugares existen programas activos para científicos visitantes, investigadores y estudiantes graduados interesados en el estudio de la ecología tropical.

## BIOLOGIA MARINA

Las actividades en biología marina se relacionan con la determinación de los movimientos de elementos trazas seleccionados, desde una masa de tierra hasta las aguas del mar y su incorporación en organismos marinos y sedimentos del fondo del mar. Se investiga el ciclo de esos elementos a través de la cadena alimenticia en el ambiente del mar abierto. Las investigaciones de los movimientos de estos elementos están correlacionados con parámetros tales como la productividad biológica y física y las medidas oceanográficas químicas y físicas.

La División está equipada para hacer estudios con isótopos y trazadores con tintes. Técnicas utilizadas incluyen: análisis de elementos estables por medio de análisis destructivo y no-destructivo de activación de neutrones, absorción atómica, espectrofotometría de flama, espectrografía de arco, espectrografía de la emisión de rayos-X, colorimetría, y análisis de fluorescencia y polarografía.

Hay facilidades adicionales en Punta Guanajibo. Además cuenta con un nuevo barco diseñado y equipado especialmente para hacer investigaciones marinas. El barco "Palumbo" es de 95 pies de eslora y desplaza 275 toneladas incluyendo todo su equipo científico. Para información adicional escriba al Director, Biología Marina, Centro Nuclear de Puerto Rico, College Station, Mayagüez, Puerto Rico, 00708.

## ECOLOGIA TERRESTRE

El objetivo fundamental que persigue este programa es la comprensión de los sistemas ecológicos terrestres en el trópico. El enfoque principal se dirige hacia el ciclo biogeoquímico, comportamiento animal, y análisis de la cadena alimenticia.

ticia en el ecosistema del bosque tropical. Se utilizan en estos estudios técnicas de radioisótopos así como de elementos estables.

Las oficinas principales y laboratorios están ubicados en el Edificio Bio-médico del conjunto del Centro Médico de Puerto Rico, en Río Piedras. Existen facilidades para trabajo de laboratorio en química, suelos, plantas y animales.

La estación de campo y su area experimental se encuentran en el Bosque Nacional de Luquillo, aproximadamente a 40 kilometros de Río Piedras. El área experimental comprende unas 60 ha. de bosque lluvioso de montaña. Incluye una estación climatológica con amplia capacidad para vigilar los parámetros ambientales. Existen tres laboratorios generales y acomodo para investigadores visitantes. La estación cuenta con colecciones de referencia de plantas e insectos.

Para información adicional escriba al Director, Ecología Terrestre, Centro Nuclear de Puerto Rico, Estación Postal de Caparra Heights, San Juan, Puerto Rico, 00935.

## RADIOTERAPIA Y ONCOLOGIA

La División de Radioterapia y Cancer del CNPR provee adiestramiento al personal médico y paramédico sobre todos los aspectos de la aplicación de técnicas radioterapéuticas en el tratamiento del cáncer. El programa educativo consiste de varios cursos especializados con duración desde un mes hasta cuatro años. También desarrolla un programa activo de investigación oncológica.

Todos los cursos son ofrecidos en el Edificio Bio-Médico del CNPR, ubicado en el Centro Médico de Puerto Rico en Río Piedras. La División cuenta con facilidades y reservas de pacientes de instituciones que componen el Centro Médico, incluyendo el Hospital Universitario.

Dispone además de las siguientes facilidades propias para realizar sus actividades de adiestramiento: unidades de telecobalto, máquinas de rayos-X para terapia, fuentes radioactivas para uso intersticial e intracavitario, salas de operaciones, facilidades para hospitalización, laboratorios clínicos y de investigación, servicio de física de radiación, servicio de bioestadísticas, salones de conferencias, etc. Se cuenta con un nuevo acelerador lineal de 12 MeV, esta unidad se utiliza para tratamiento con rayos-X de alta energía y para terapia de electrones.

Información adicional sobre los cursos podrá ser obtenida directamente en la oficina de la División en el Edificio Bio-Médico.

### INVESTIGACIONES

La investigación Oncológica está orientada mayormente hacia el uso de la radiación para el tratamiento del cáncer así como también a los estudios clínicos y de laboratorio relacionados con la enfermedad. Las amplias facilidades, moderno equipo y reserva de pacientes del Centro Médico de Puerto Rico se utilizan para estudios clínicos relativos a la evaluación de los resultados de tratamientos de diferentes modalidades terapéuticas así como también de las variaciones existentes en fraccionamiento y relación tiempo y dosis de radiación. Los estudios de laboratorio incluyen trabajos en cultivos celulares y la irradiación de tumores en animales. Asimismo, se llevan a cabo estudios epimediológicos sobre varios tipos de cáncer que se presentan frecuentemente en Puerto Rico.

Además, en colaboración con la División de Aplicaciones Clínicas de Radioisótopos se emplea la medicina nuclear para el estudio del efecto de irradiación terapéutica en los tejidos normales, etc.

### PROGRAMA DE RESIDENCIA EN RADIOTERAPIA

Este programa, reconocido y aprobado por la Junta Americana de Radiología, tiene como objetivo el ofrecer entrenamiento en Radioterapia según los requisitos establecidos por dicha Junta. Los candidatos deben ser médicos con un año de internado, por lo menos, o su equivalente en experiencia clínica.

El período de entrenamiento dura tres años, pero se requiere un año adicional de práctica supervisada o investigación antes de ser admitido a los exámenes de la especialidad. Durante el entrenamiento los médicos se familiarizan con el diagnóstico de cáncer, la evaluación de la extensión y la radiosensibilidad del tumor, la selección del tratamiento apropiado y el planeamiento y la administración de la terapia con radiaciones. Obtienen conocimientos en oncología clínica a través de trabajo supervisado con pacientes de cáncer, tanto en clínicas externas como hospitalizados, y por medio de las aplicaciones de materiales radioactivos tales como radio, estroncio, cobalto e iridio.

Los residentes en el programa participan en actividades de control de cáncer, incluyendo el funcionamiento del Registro Central del Cáncer, experiencia clínica con los diferentes métodos de detección de cáncer, educación pública y profesional en cáncer, y funcionamiento de una clínica de tumores.

Las actividades regulares de la enseñanza abarcan: conferencias semanales sobre planteamiento de las diferentes modalidades de terapia, conferencias semanales sobre diversos problemas clínicos de cáncer, conferencias semanales de las Juntas de Tumores del Hospital Municipal y del Hospital Universitario respectivamente; seminarios semanales del Centro Nuclear, visitas semanales a los pacientes hospitalizados, conferencias de patología quirúrgica, conferencias sobre ciencias básicas y seminarios sobre interesantes tópicos de cáncer. Como parte del programa de adiestramiento se ofrecen los siguientes cursos especiales:



FISICA RADIOLOGICA

ESTADISTICAS MEDICAS

RADIOISOTOPOS

RADIOBIOLOGIA

### OTROS CURSOS OFRECIDOS

CONFERENCIAS SOBRE RADIOTERAPIA (MEDICINA 371). Ofrecido para estudiantes de tercer año de medicina.

CURSILLO DE RADIOTERAPIA. Curso mínimo de uno a doce meses de duración. Este curso se ofrece para médicos con experiencia previa en radioterapia interesados en conocer técnicas especiales o deseosos de llevar a cabo proyectos de investigación.

CURSO PRACTICO SOBRE CANCER PARA ESTUDIANTES DE MEDICINA. Uno a dos meses de duración. Participan aquellos estudiantes de medicina en su tercer o cuarto año de estudios, interesados en ampliar sus conocimientos en el campo de cáncer. Se ofrece adiestramiento en los métodos empleados en el diagnóstico del cáncer, se familiarizan con las características clínicas de las neoplasias y aprenden los tratamientos de elección en los diferentes tipos de cáncer.

ADIESTRAMIENTO PRACTICO PARA TECNICOS DE RADIOTERAPIA ENFERMERAS Y PERSONAL DE SALUD RADIOLOGICA. Con duración de un mes o más según las necesidades a satisfacerse, se ofrece un curso cuyo propósito es familiarizar al participante con las técnicas empleadas en la División de Radioterapia y Cáncer. El adiestramiento es ofrecido en colaboración con la División de Salud y Seguridad Radiológica.



## OPERACION DE REACTORES

La División de Reactores opera y proporciona mantenimiento a los reactores nucleares del CNPR y su equipo auxiliar. Su propósito fundamental es apoyar la labor investigativa y educativa de otras Divisiones del Centro.

La División tiene sus propias actividades educativas que giran en torno del adiestramiento de personal para la operación de reactores. Ofrece cursos especializados al efecto que no conllevan acreditación universitaria.

Las facilidades mas importantes con que cuenta la División para cumplir su cometido incluyen: Un reactor tipo piscina de dos megavatios de potencia y capacidad de pulsos de dos mil megavatios; un reactor de solución acuosa tipo L-77 de 10 vatios de potencia; una fuente de cobalto-60 en una piscina de irradiación; celdas mecánicas para manipular material altamente radioactivo y un generador de neutrones de 150 KV. Además opera y mantiene todo el equipo auxiliar relacionado con la operación de los reactores tales como los tubos de haces, el sistema de irradiación "rabbit", irradiadores gama, la compuerta de transferencia a las celdas de alta actividad y todo el sistema de purificación y enfriamiento del agua de la piscina.

Todas las facilidades se encuentran en la sede de Mayaguez del CNPR, localizada en el campus del Recinto Universitario de la UPR. El interesado podrá obtener información adicional sobre el programa de adiestramiento y solicitar admisión al mismo dirigiéndose directamente a la División de Reactores en el mismo lugar o escribiendo a la División de Reactores, Centro Nuclear de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico, 00708.

### CURSOS OFRECIDOS

**CURSO CNPR PARA OPERADOR DE REACTOR.** Ofrece a los aprendices de operador la preparación académica necesaria para una instrucción técnica más avanzada en la operación y mantenimiento de reactores de investigación del CNPR. Seis meses de duración.

**CURSO CNPR PARA SUPERVISOR DE REACTOR.** Basado en las necesidades del individuo interesado en este tipo de adiestramiento. El aprendiz se relaciona con equipo eléctrico, electrónico y mecánico asociado con los

reactores del CNPR. Aprende las normas y reglamentos que rigen los procedimientos de operación, se familiariza con, y practica los deberes de un operador de reactor. Las técnicas y procedimientos de irradiación de muestras son demostradas y revisadas al igual que las técnicas para la preparación de mapas de flujo en el núcleo, distribución de neutrones y cálculo del grado de quemado de combustible. Son tratados los problemas rutinarios de mantenimiento de equipo y componentes de reactores y también los problemas básicos de seguridad de operación del reactor. Duración de nueve a doce meses. Para admisión al curso se requiere el grado de Bachiller en Ciencias de Ingeniería Eléctrica, Mecánica o Nuclear.

**CURSO CNPR DE REPASO PARA OPERADOR DE REACTOR.** Un repaso del adiestramiento para operador de reactor. Dos meses de duración

## SALUD Y SEGURIDAD

La División de Salud y Seguridad del CNPR administra el programa de seguridad del laboratorio. Al efecto tiene a su cargo la implementación de normas de seguridad contra el riesgo de contaminación e irradiación, y las reglamentaciones de seguridad contra fuegos y contra accidentes del trabajo.

Además, la División desarrolla diversos programas educativos que incluyen adiestramientos en normas técnicas de seguridad del trabajo, con énfasis en seguridad radiológica; proyectos de investigación en los cuales pueden participar estudiantes avanzados; y estudios programados hacia la Maestría en Ciencias, en Física Radiológica (Mayagüez) y Salud Radiológica (Rio Piedras). Los programas de estudios avanzados son ofrecidos por la División a través de los Departamentos correspondientes de la Universidad de Puerto Rico (UPR) a donde el interesado deberá dirigirse en solicitud de admisión o de información mas detallada. Las solicitudes referentes al adiestramiento especial pueden ser remitidas directamente a la oficina de la División en el Edificio Biomédico en Rio Piedras. Los trabajos de investigación son emprendidos bajo la tutela de miembros de la facultad del CNPR que tienen nombramiento conjunto en el Departamento universitario en que está matriculado el estudiante.

### CURSOS Y ADIESTRAMIENTOS ESPECIALES

**ADIESTRAMIENTO EN FISICA RADIOLOGICA.** Enseñanza práctica de técnicas que abarcan: dosimetría en radioterapia, física radiológica operacional, investigaciones en física y desarrollo de instrumentación de medicina nuclear. Adiestramiento disponible mediante arreglos con la División de Radioterapia y Cáncer y la División de Aplicaciones Clínicas en Rio Piedras.

**ADIESTRAMIENTO EN SALUD RADIOLOGICA.** Enseñanza práctica de técnicas en todas áreas de salud radiológica. Se incluye dosimetría del personal mantenimiento de registros, vigilancia ambiental, y salud radiológica en hospitales. Se cuenta con un laboratorio de dosimetría de película, de salud ambiental, y un reactor de un millón de vatios de tipo piscina y departamentos modernos de medicina nuclear y radioterapia.

## MAESTRIA EN CIENCIAS EN FISICA RADIOLOGICA

El programa hacia la maestría en Física Radiológica se ofrece a través del Departamento de Biología del Recinto Universitario de Mayagüez (UPR) en colaboración con el CNPR. El programa es similar en contenido temático al de Salud Radiológica ofrecido en Río Piedras. Su enfoque es más académico que este último y por tanto permite mayor énfasis en investigación y especialización. Incluye la investigación de tesis y requiere arreglos especiales a través del Director del Programa para cursos que no se ofrecen en Mayagüez y tienen que tomarse en el Recinto de Ciencias Médicas en San Juan.

Información completa sobre este programa podrá obtenerse mediante correspondencia con el: Director de Estudios Graduados, Recinto Universitario de Mayagüez (UPR), Mayagüez, Puerto Rico, 00708.

## MAESTRIA EN CIENCIAS EN SALUD RADIOLOGICA

El programa hacia la Maestría en Ciencias en Salud Radiológica es ofrecido por el Departamento de Salud Ambiental de la Escuela de Salud Pública (UPR) en colaboración con la División de Salud y Seguridad del CNPR.

El continuo aumento en el uso de la radiación nuclear en Puerto Rico y el resto de América Latina, y la escasez de personal adecuadamente preparado ofrece la oportunidad de especializarse en el campo de la protección radiológica a candidatos provenientes de los campos de las ciencias físicas, ingeniería y disciplinas médicas y paramédicas relacionadas con la salud pública.

El programa tiene una duración de doce meses incluidos dos meses de práctica. Puede extenderse dependiendo de las necesidades del estudiante, aunque deberá completarse en un período no mayor de cinco años.

El candidato deberá poseer el grado de Bachiller en Ciencias o su equivalente, con especialidad en ciencias físicas o biológicas, ingeniería, matemáticas, y poseer un índice académico aceptable. Debe haber aprobado por lo menos un curso de un año (Seis horas crédito) a nivel universitario de cada una de las siguientes materias: física, química y biología. Es deseable que haya aprobado cursos de matemáticas incluyendo el estudio de ecuaciones diferenciales. Aquellos que no llenan los requisitos de admisión pueden completarlos durante el verano anterior a la apertura del curso o mediante acuerdo al efecto con el Director del Programa.

Candidatos extranjeros que no llenan los requisitos académicos previos podrán ser aceptados como estudiantes especiales mediante comprobación de que los estudios que han realizado resultan equivalentes al grado de Bachiller de la Universidad de Puerto Rico. El estudiante deberá completar satisfactoriamente un total de cuarenta horas créditos de labor académica, de los cuales treinta estarán constituidas por asignaturas requeridas y diez por electivas. Al completar su programa de estudios el estudiante especial recibirá un Certificado de Asistencia; el estudiante regular recibirá el grado de Maestría en Ciencias especializado en Salud Radiológica.

Información adicional sobre este programa incluyendo el plan de cursos para el mismo, puede obtenerse dirigiéndose al: Departamento de Salud Ambiental de la Escuela de Salud Pública, Recinto de Ciencias Médicas, U.P.R., San Juan, Puerto Rico, 00905.

## INVESTIGACIONES

Entre los proyectos de investigación que actualmente se desarrollan hay estudios sobre: Técnicas calorimétricas en la dosimetría de rayos-X de energía bajas; patrones de inactivación por calor de meta loenzimas antes y después de la irradiación; mediciones de dosis gonádicas durante los exámenes abdominales de rutina con rayos-X en Puerto Rico; parámetros que afectan la función de transferencia modulativa de sistemas radiológicos de imágenes, y medida de la distribución de energía de neutrones alrededor de un reactor de 2 MW tipo piscina.

## CURSOS OFRECIDOS EN COLABORACION CON LA UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO

### Recinto de Ciencias Médicas

CNPR 501. FISICA DE LAS RADIACIONES. Dos horas crédito. Curso general de física de las radiaciones diseñado para familiarizar al estudiante con las propiedades generales de la materia, la radiación y la interacción de la radiación con la materia. Se da énfasis especial a la estructura atómica y nuclear, la física de las partículas subatómicas, la desintegración radiactiva y la interacción de la radiación con la materia. La enseñanza consiste de dos horas semanales de conferencia por un período de dieciocho semanas.

CNPR 505. RADIOQUIMICA. Dos horas crédito. Curso general de radioquímica diseñado para familiarizar al estudiante con la producción de radicales libres y los efectos químicos de las radiaciones en general. Se da énfasis especial a radioquímica de las soluciones acuosas (inorgánicas, orgánicas y macromolecular). La enseñanza consiste de dos horas semanales de conferencias por un período de dieciocho semanas.

CNPR 510. RADIOBIOLOGIA. Dos horas crédito. Curso general de radiobiología diseñado para familiarizar al estudiante con los efectos de la radiación en organismos vivos incluyendo desde las formas mas elementales de vida hasta los organismos mas complejos. Se da énfasis especial a la relación entre dosis y efecto, la teoría de blancos, la transferencia lineal de energía, y el efecto del oxígeno. La enseñanza consiste de veintisiete horas de conferencias y nueve sesiones de laboratorio por un período de dieciocho semanas.

CNPR 515. EFECTOS DE LA RADIACION EN MAMIFEROS Y EN HUMANOS. Dos horas crédito. Este curso se puede considerar como la continuación del curso CNPR 510. (Radiobiología) y trata sobre los efectos biológicos de la radiación en los mamíferos y los humanos desde el punto de vista fisiológico y patológico. Se da énfasis especial a la relación entre dosis y efecto, efectos debidos a exposición a la radiación en forma aguda y crónica, síndromes producidos por radiación y efectos tardíos, etc. La enseñanza consiste de dos horas semanales de conferencias por un período de dieciocho semanas. Requisito previo: CNPR 510

CNPR 520. DETECCION DE RADIACIONES. Dos horas crédito. Este curso está diseñado para familiarizar al estudiante con los principales métodos y prácticas para la detección de radiación. Se da énfasis especial a física de los detectores (detectores llenos de gas, detectores de centelleo, detectores en estado sólido) y sus aplicaciones para detectar radiación alfa, beta, gama y neutrones. La enseñanza consiste de una hora de conferencia y una sesión de laboratorio semanal, por un período de dieciocho semanas.

CNPR 525. DOSIMETRIA DE RADIACIONES. Dos horas créditos. En este curso se discuten la teoría, los métodos y técnicas para medir las dosis de radiación. Se da énfasis especial a la medida de dosis absorbida. Se incluyen todos los tipos de fuentes de radiación. El curso está diseñado para familiarizar al estudiante con los distintos tipos de dosímetros conocidos y sus aplicaciones.



La enseñanza consiste de veintisiete horas de conferencia y nueve sesiones de laboratorios por un periodo de dieciocho semanas. Requisito previo: CNPR 501 y CNPR 520.

**CNPR 530. ANALISIS DE LOS RIESGOS RADIOLOGICOS.** Dos horas crédito. Se discute la filosofía de la protección radiológica y el desarrollo de normas para dicha protección. Se da énfasis especial al análisis de los riesgos radiológicos y las medidas de protección, cálculos de blindaje, concepto de efectividad biológica relativa, factor de calidad, dosis máximas permisibles y concentraciones máximas permisibles. La enseñanza consiste de treinta y seis horas de conferencias.

**CNPR 535. PROTECCION CONTRA RAYOS-X.** Una hora crédito. Se discute la física de la producción de rayos-X, los componentes de las unidades de rayos-X y los riesgos que presenta este tipo de radiación para el personal médico y paramédico. Se da énfasis especial a los monitores para el personal y la calibración y supervisión de las unidades de rayos-X convencionales. La enseñanza consiste de doce horas de conferencias y doce sesiones de laboratorio.

**CNPR 540. DECONTAMINACION Y MANEJO DE DESPERDICIOS RADIATIVOS.** Una hora crédito. Se discuten la contaminación accidental y los procedimientos de descontaminación. Además se discute el manejo de desperdicios radiactivos y los modos de disponer de éstos. Se da especial énfasis al tratamiento de desperdicios radioactivos de nivel bajo e intermedio. La enseñanza consiste de doce horas de conferencias y doce sesiones de laboratorio.

**CNPR 545. LEYES Y REGLAMENTOS SOBRE SALUD RADIOLOGICA.** Una hora crédito. En este curso se discuten las recomendaciones del Comité Nacional para Protección Radiológica y el Comité Internacional para la Protección Radiológica. Se da especial énfasis a los reglamentos de la Comisión de Energía Atómica y el Departamento de Transporte y el Código de Reglamentos Federales el Título 10 Partes 20 y 30. El curso está diseñado para familiarizar al estudiante con las leyes y reglamentos federales y estatales que rigen la producción, posesión, uso y transferencia de materiales radiactivos. La enseñanza consiste de una hora de conferencia semanal por un período de dieciocho semanas.

CNPR 565. ELECTRONICA BASICA. Dos horas crédito. En este curso se discuten los principios fundamentales de electricidad y los circuitos básicos dando énfasis a aquellos circuitos usados comunmente en los aparatos de conteo. La enseñanza consiste de dieciocho horas de conferencias y treinta y seis horas de laboratorio.

CNPR 599. PRACTICA EN EL CAMPO DE OPERACION. Cuatro horas crédito. Esta práctica provee al estudiante la oportunidad de observar la administración de programas de Protección Radiológica en centros nucleares previamente seleccionados. Se ponen a la disposición del estudiante las facilidades del Centro Nuclear de Puerto Rico, incluyendo el reactor para investigación de 2 MW-TRIGA, el reactor de bajo potencia, el acelerador lineal, las magnas fuentes de Cobalto-60 y las unidades de teleterapia. También se cuenta con las facilidades de reactores de potencia según estas se van desarrollando, las facilidades del Departamento de Salud de Puerto Rico y del Centro Médico. El entrenamiento permite suficiente flexibilidad como para adaptarse a las necesidades e intereses del estudiante. El estudiante debe someter un informe escrito al final del período de adiestramiento. La práctica cubre los últimos dos meses.

CNPR 550. RADIATIVIDAD AMBIENTAL. Dos horas crédito. En este curso se discuten la radiactividad natural, las leyes de desintegración radiactiva y la radiación cósmica. Se da especial énfasis a las técnicas de conteo a bajo nivel y de muestreo ambiental. Se incluye además el radioanálisis del aire, agua, terreno, vegetación y leche. La enseñanza de dieciocho horas de conferencias y treinta y seis horas de laboratorio.

CNPR 555. SEGURIDAD EN LA OPERACION DE REACTORES. Una hora crédito. Este curso está diseñado para familiarizar al estudiante con los fundamentos del control de la reacción nuclear en cadena. Se da énfasis a los circuitos especiales y a dispositivos de seguridad. El curso incluye visitas a reactores nucleares. La enseñanza consiste de 16 horas de conferencias y demostraciones "SCRAM" con reactores.

CNPR 560. TECNOLOGIA DE REACTORES. Dos horas crédito. Este curso familiariza al estudiante con el desarrollo actual de la tecnología de reactores. Incluye el estudio de fisión, reacciones en cadena elementos básicos del diseño de reactores, el uso de la energía nuclear en reactores de potencia, y los problemas de radiación envueltos. También se ofrece para estudiantes que no se especializan en Salud Radiológica.

**MPSP 231. FUNDAMENTOS DE SALUD RADIOLOGICA.** Dos horas crédito. Para candidatos a los grados de Maestría en Salud Pública, Maestría en Ciencias Sanitarias y Maestría en Educación Sanitaria. Este curso se ofrece por espacio de dieciocho semanas a razón de una conferencia de dos horas por semana. Conceptos básicos de física nuclear, radioquímica y radiobiología. Principios y métodos de protección contra riesgos de las radiaciones enfatizando los aspectos de seguridad radiológica y el uso médico de los radioisótopos y otras fuentes de radiación. Naturaleza e interacción de las radiaciones con la materia; detección y medición de la radiación; efectos biológicos; clase de exposición; métodos de protección; control y eliminación de desechos radiactivos; aspectos legales y administración de programas de higiene radiológica.

**Recinto de Mayagüez, (UPR)**

**BIOL. 601. FISICA RADIOLOGICA I - II.** Cuatro horas crédito. Tres conferencias y período de tres horas de laboratorio por semana. Enfoque biológico al estudio de los efectos de la radiación y la radiología con el propósito de reconocer los síntomas y desarrollar medios efectivos para reducir al mínimo la exposición del hombre a las radiaciones. Requisito previo: FIS. 446. o FIS. 656.

**BIOL. 699. INVESTIGACION DE TESIS.** Seis horas crédito.

