

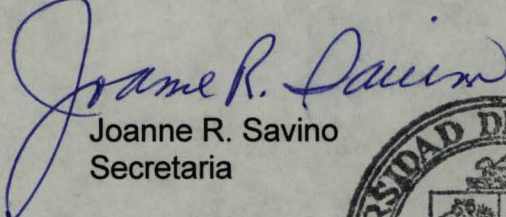


Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
SENADO ACADEMICO

CERTIFICACION NUMERO 01-3

La que suscribe, Secretaria del Senado Académico del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico, **CERTIFICA** que en reunión ordinaria celebrada el martes, 20 de marzo de 2001, el Senado Académico **APROBÓ** el Informe del Comité de Asuntos Académicos relacionado con la **PROPUESTA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN PROGRAMA DOCTORAL EN QUÍMICA APLICADA**. La propuesta y el informe de cursos 00-01-04 se hacen formar parte de esta certificación.

Y para que así conste expido y remito la presente certificación a las autoridades universitarias correspondientes, bajo el Sello de la Universidad de Puerto Rico a los veintisiete días del mes de marzo del año dos mil uno, en Mayagüez, Puerto Rico.


Joanne R. Savino
Secretaria





20 de febrero de 2001

A : Los miembros del Senado Académico

DE : Sen. Julio Quintana, Presidente
Comité de Asuntos Académicos

ASUNTO : **INFORME DEL COMITE DE ASUNTOS ACADEMICOS
RELACIONADO CON EL ESTABLECIMIENTO DE UN
PROGRAMA DE DOCTORADO EN QUIMICA APLICADA**

El Comité de Asuntos Académicos sostuvo extensas reuniones para analizar la propuesta del epígrafe, conceder audiencias a los profesores proponentes, hacer sugerencias y formular recomendaciones sobre este asunto. Finalmente, en reunión celebrada el 13 de febrero de 2001, este comité acordó:

1. Recomendar al Senado Académico la aprobación del establecimiento en el Recinto Universitario de Mayagüez del programa de Doctorado en Química Aplicada, según la propuesta sometida, la cual se aneja.
2. Que en lo referente al requisito que el Comité Graduado del Departamento de Química le está exigiendo a los estudiantes de dicho programa doctoral de que les sea **aceptado** un artículo científico en una revista arbitrada como parte de los requisitos de graduación, se sustituya la palabra "aceptado" por "sometido", pues se estarían involucrando elementos externos (las revistas científicas), sobre los que el Recinto no tiene control, en el proceso de graduación de un estudiante.

Respetuosamente sometido.

JCQ:lpm

Anejo

Antes, ahora y siempre... ¡COLEGIO!

Universidad de Puerto Rico
Facultad de Artes y Ciencias
Recinto Universitario de Mayagüez

Oficina del Decano

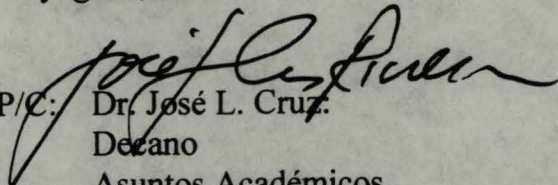


University of Puerto Rico
College of Arts & Sciences
Mayagüez Campus

Office of the Dean

15 de febrero de 2000

Dra. Zulma Toro
Rectora
Recinto Universitario de Mayagüez
Mayagüez, PR 00680

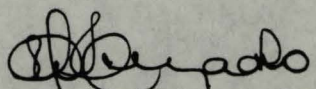

P/C: Dr. José L. Cruz
Decano
Asuntos Académicos

Estimada Dra. Toro:

En su reunión ordinaria del 7 de diciembre de 1999, la Facultad de Artes y Ciencias aprobó la *Propuesta para el Establecimiento de un Programa Doctoral en Química Aplicada*.

Someto el mismo para su consideración y la del Senado Académico.

Cordialmente,


Waded Cruzado, PhD
Decana
Colegio de Artes y Ciencias

/dcc

anejo

PROPUESTA PARA EL ESTABLECIMIENTO
DE UN PROGRAMA DOCTORAL
EN

QUÍMICA APLICADA



EN EL
COLEGIO DE ARTES Y CIENCIAS
DEL RECINTO UNIVERSITARIO DE
MAYAGÜEZ DE LA
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO

Revisado Febrero 2000

**Propuesta para el Establecimiento de un Programa de Doctorado en Química
Aplicada en la Facultad de Artes y Ciencias del Recinto Universitario de
Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN -----	1
1.1 Título del programa y grado	
1.2 Duración del programa	
1.3 Breve exposición, logros y alcances del nuevo programa	
1.4 Fecha de comienzo	
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROGRAMA -----	5
2.1 Relación del programa con la Misión y Objetivos de la Universidad de Puerto Rico y el Recinto de Mayagüez	
2.1.1 Razones de tipo académico para el establecimiento del programa	
2.1.2 Necesidad del nuevo programa	
2.1.3 Oportunidades de empleo para los egresados del programa	
3. RELACIÓN DEL PROGRAMA CON EL PLAN DE DESARROLLO INTEGRAL -----	10
4. RELACIÓN DEL NUEVO PROGRAMA CON OTROS QUE SE OFRECEN -----	10
4.1 En el Recinto Universitario de Mayagüez	
4.2 En otras unidades de la Universidad de Puerto Rico	
5. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA -----	11
5.1 Filosofía, metas y objetivos del programa	
5.2 Perfil del egresado	
5.3 Componentes del programa	
5.3.1 Distribución de cursos	
5.3.2 Cursos	
5.3.3 Modelo del programa propuesto	
5.3.4 Metodología educativa y estrategias instruccionales a seguir para lograr los objetivos establecidos.	
6. ADMISIÓN Y MATRÍCULA -----	18
6.1 Requisitos para considerar la admisión	
6.2 Matrícula proyectada para los primeros cinco años	
7. REQUISITOS ACADÉMICOS PARA OTORGAR EL GRADO -----	18
8. FACULTAD -----	20
8.1 Profesores disponibles para el establecimiento del programa	
8.2 Proyecciones de la facultad para los próximos cinco años	

8.3	Tabla de profesores a tiempo completo con Ph.D. que pueden enseñar los cursos medulares del programa doctoral.	
8.4	Plan de adiestramiento de facultad	
9.	RECURSOS DE APRENDIZAJE -----	23
9.1	Recursos existentes	
9.2	Plan de mejoramiento	
9.3	Uso de recursos para el aprendizaje de otras instituciones	
10.	FACILIDADES FÍSICAS Y EQUIPO -----	23
10.1	Facilidades disponibles para el nuevo programa	
10.2	Impacto del programa nuevo sobre las facilidades existentes	
10.3	Necesidad y disponibilidad de servicios de cómputos para el nuevo programa	
10.4	Otras facilidades, equipo y servicio necesarios para implantar el programa	
11.	ACREDITACIÓN DEL PROGRAMA -----	26
12.	ADMINISTRACIÓN DEL PROGRAMA -----	26
13.	AYUDA ECONÓMICA A LOS ESTUDIANTES -----	27
14.	PRESUPUESTO -----	27
14.1	Narrativa	
14.2	Presupuesto del programa proyectado para los primeros cinco años	
15.	INGRESOS -----	29
16.	EVALUACIÓN -----	30
17.	INFORMACIÓN ADICIONAL SOBRE EL PROGRAMA -----	30

APÉNDICES:

- APÉNDICE 1: Tabla 1- Lista de profesores e investigadores con PhD en el Departamento de Química y sus años de servicio en el RUM. Tabla 2- Lista de profesores con PhD que pueden participar en el programa doctoral y sus áreas de investigación. Departamentos y facultades que podrían colaborar en el propuesto programa doctoral.
- APÉNDICE 2: Copia Suplemento UPR en periódico San Juan Star "Reengineering the University" Pg. 14 (1996).
- APÉNDICE 3: Descripción de cursos existentes, prontuarios y formularios de creación de cursos nuevos
- APÉNDICE 4: Curriculum vitae de profesores
- APÉNDICE 5: Recursos bibliotecarios disponibles
- APÉNDICE 6: Lista de equipo disponible
- APÉNDICE 7: Gráfica de ingresos por concepto de fondos externos recibidos por el Departamento de Química del RUM durante los últimos 8 años
- APÉNDICE 8: Cartas de apoyo de industria y academia

- APÉNDICE 9: Estudio realizado en 1998 por la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia con fondos de la Fundación Alfred P. Sloan.
- APÉNDICE 10: Encuesta realizada en 1998 por el Comité de Adiestramiento Profesional de la Sociedad Americana de Química a egresados de programas doctorales de universidades en los Estados Unidos.

Propuesta para el Establecimiento de un Programa de Doctorado en Química Aplicada en la Facultad de Artes y Ciencias del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico

1. INTRODUCCION:

El programa doctoral en Química Aplicada propuesto representa la culminación del desarrollo natural del Departamento de Química del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico (RUM-UPR) que se creó hace 51 años, en 1948, ofreciendo inicialmente un grado de Bachillerato en Ciencias con especialización en Química. En el 1958 el Departamento expandió sus ofrecimientos cuando creó el programa conducente al grado de Maestría en Ciencias en Química en colaboración con el Centro Nuclear de Puerto Rico, siendo éste el primer programa de maestría en Química ofrecido en el sistema de la Universidad de Puerto Rico. Actualmente este Departamento es el mayor proveedor de servicios de enseñanza de esta disciplina en la isla atendiendo unos 7,000 estudiantes por semestre.

Con la adquisición de un nuevo edificio de Química, abierto a clases en enero de 1997 a un costo que sobrepasa los \$20 millones, se cuenta con la más moderna facilidad dedicada exclusivamente a la disciplina de la química en Puerto Rico. Esto beneficiará el futuro desarrollo del Departamento al proveer un ambiente apropiado para el óptimo desarrollo de la actividad educativa e investigativa. El establecimiento de un programa doctoral que permita y estimule a la excelente facultad existente a involucrarse en actividades científicas del más alto nivel y que promueva la colaboración interdisciplinaria con otros programas únicos en el recinto y en la UPR - Ciencias Marinas, Ciencias Agrícolas e Ingeniería - contribuirá también a promover el desarrollo científico y tecnológico de todo Puerto Rico. El programa doctoral propuesto en Química Aplicada incluye las siguientes especialidades: **Química Biofísica, Química Ambiental y Química de Materiales** las cuales son de naturaleza interdisciplinaria. *Además de incluir un adiestramiento riguroso en las áreas tradicionales de la química, el programa doctoral en Química Aplicada ofrece a sus estudiantes la oportunidad de tomar cursos y realizar investigación en áreas interdisciplinarias y de adquirir las destrezas empresariales, de comunicación y enseñanza. Todos estos son componentes indispensables en un programa de Química Aplicada.*

Además de las mejoras significativas en infraestructura que el nuevo edificio provee, es importante destacar el aumento en el número de profesores con grados doctorales de universidades prestigiosas que han ingresado a la facultad del departamento. Durante el año académico 98-99, el Departamento de Química del RUM contó con 48 profesores e investigadores en plazas regulares. De éstos, treinta y uno (31), o sea, el 65% poseen grado doctoral. Durante la pasada década, un total de diecisiete (17) profesores con PhD han ingresado al departamento y le han dado una inyección de vitalidad (Ver Apéndice 1). En otras palabras, se cuenta con una facultad joven y altamente motivada. Los proyectos de investigación ya establecidos por los profesores del Departamento giran alrededor de las áreas de

especialidad antes mencionadas (Ver Apéndice 1). La propuesta de creación de un programa doctoral responde, en parte, a la necesidad de estos profesores de tener ayudantes de investigación con estadía más larga y mejor preparación académica. Cabe mencionar que el 45% de los profesores que participarían en este programa realizaron sus estudios de bachillerato o maestría en nuestro recinto. De modo que, el desarrollo del programa doctoral por estos profesores se puede interpretar como una forma de devolver, en beneficios a la universidad, los recursos que ésta invirtió en su educación profesional.

El programa doctoral constituye además un poderoso incentivo para atraer y retener facultad con un historial de éxito en la obtención de fondos externos, ya que este programa asegura la permanencia del personal altamente cualificado para apoyar al investigador en la realización de proyectos sofisticados y de relevancia con capacidad de obtención de fondos externos y capaces de producir mayor número de publicaciones. Es importante reconocer que sólo una tesis doctoral tiene la profundidad necesaria para hacer una contribución sustancial al desarrollo científico y tecnológico. El Consejo de Escuelas Graduadas de los Estados Unidos define la tesis de maestría como "una contribución modesta al conocimiento" y la de doctorado como "una contribución sustancial y significativa". De ahí la necesidad del programa doctoral para la realización de investigación competitiva.

Además, se cuenta cada vez con más estudiantes subgraduados y graduados que podrían proseguir estudios avanzados. Aunque durante los años anteriores al 1971 la cantidad de estudiantes que alcanzaron el grado de Bachillerato en Química en RUM-UPR fue de menos de diez por año, esta cantidad casi se triplicó en la década de los ochenta (Ver Figura 1). Cabe mencionar que el programa de Bachillerato en Química del RUM-UPR graduó 49 estudiantes en el año 1994-95, colocando a la institución en la posición número 28 en los Estados Unidos en mayor número de bachilleratos en química otorgados.¹ En el año 1998-99 la cifra aumentó a 53 estudiantes.

Podemos concluir que la implantación de este programa doctoral es urgente ya que:

- a. permitirá satisfacer las necesidades del existente programa de investigación y desarrollo del Departamento.
- b. fortalecerá otros programas graduados en el Recinto promoviendo la colaboración con otros programas en ciencias, agricultura e ingeniería.
- c. permitirá usar al máximo de capacidad el nuevo edificio de química, el cual fue diseñado con el programa doctoral en mente. Esto fue ratificado cuando en el artículo titulado "Re-engineering the University"² apareció el siguiente comentario:

¹Chemical and Engineering News, 75(3), 48 (1997).

² Suplemento UPR en Periódico San Juan Star "Reengineering the University" Pg. 14 (1996).

"The new Chemistry Department at the Mayagüez Campus provides a solid foundation for graduate programs in science and engineering and a new interdisciplinary PhD program in Applied Chemical Sciences. It is a major resource for the future development of science and technology in PR." (Véase Apéndice 2.)

d. el Departamento de Química está listo para comenzar este programa de inmediato, pues cuenta con la facultad, los laboratorios, la demanda de estudiantes y un activo programa de investigación para apoyarlo.

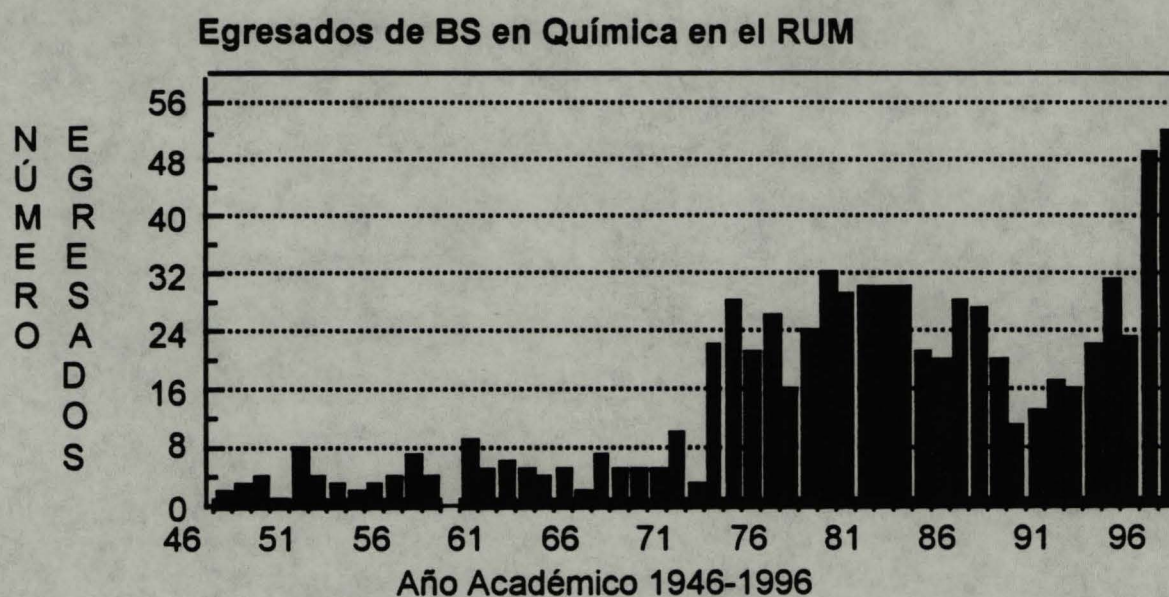


Figura 1: Egresados de BS en Química en el RUM durante los años 1946-96.

1.1. Título del programa y grado

Programa Graduado en Química Aplicada - conducente al grado de Doctor en Filosofía en Química Aplicada con especialidad en Química Biofísica, Química Ambiental o Química de Materiales (Ph.D.).

1.2. Duración del programa - La duración del programa para estudiantes a tiempo completo será de 4 años.

1.3. Breve exposición, logros y alcances del nuevo programa

El programa de Maestría en Química del RUM ha rendido frutos y ha graduado más de 165 estudiantes en sus casi cuarenta años de existencia. En los últimos cinco años el Departamento ha conferido 70 grados de maestría. Sin embargo, existe la

necesidad de proveer a muchos estudiantes cualificados, tanto de Puerto Rico, del Caribe, América del Norte y Latinoamérica, las oportunidades de desarrollar al máximo su potencial intelectual. Vale mencionar que, al presente, aproximadamente una cuarta parte de los estudiantes graduados del programa existente de MS son estudiantes internacionales, la mayoría de Latinoamérica. Además el Recinto Universitario de Mayaguez siempre se ha caracterizado por tener los programas internacionales más activos en la isla. El porcentaje de estudiantes extranjeros en el RUM en programas graduados es de 16%. Esto incluye participantes de Colombia, Argentina, República Dominicana, Perú, Costa Rica y Honduras, entre otros.

El programa propuesto, Doctorado en Filosofía en Química Aplicada, sería el primero en Puerto Rico en proveer educación en áreas no clásicas de la química como lo son la química biofísica, química de materiales y química ambiental. Los cursos propuestos para dicho programa son de naturaleza interdisciplinaria lo que obedece al desarrollo natural que ha tenido la ciencia en los últimos diez o veinte años. Este desarrollo ha llevado a la conjunción de las diferentes disciplinas de la ciencia creando así nuevas modalidades. Además este programa requerirá a sus estudiantes experiencias de tipo gerencial y de enseñanza. De esta manera, el egresado será un científico versátil, con una base sólida en química y áreas relacionadas, con la capacidad de comunicarse efectivamente en una variedad de campos y de desarrollar su propia empresa, de ser necesario.

Puesto en su debida perspectiva, el crecimiento y desarrollo económico futuro de Puerto Rico dependerá principalmente de la implantación de industrias de alta tecnología, y por ende, de la capacitación científica de nuestros egresados. El programa propuesto resultaría de vital importancia para lograr esas metas. Además, dicho programa, por ser de naturaleza interdisciplinaria, estaría acompañado por otros importantes desarrollos, tales como:

- a. Una intensa actividad de investigación que se contempla generará crecimiento y fortalecimiento de otros programas doctorales y graduados en el Recinto, entre ellos, Ciencias Marinas, Ingeniería Civil (ambiental) e Ingeniería Química.
- b. Un marcado aumento en la colaboración entre la UPR, las instituciones privadas y la industria, y los recursos científicos del Departamento que ayudará, en un mayor grado, a la solución de problemas operacionales de la industria.
- c. El fortalecimiento del Departamento de Química del RUM, el más grande en servicios de enseñanza en Puerto Rico en esa disciplina, que se beneficiará directamente en el descargo de su responsabilidad docente al mejorarse marcadamente la actividad científica y el desarrollo de su facultad.

1.4. Fecha de comienzo - Año Académico 2000-2001

2. JUSTIFICACION DEL PROGRAMA

2.1. Relación del programa con la Misión y Objetivos de la Universidad de Puerto Rico y el Recinto de Mayagüez

El establecimiento de un programa doctoral en Química Aplicada en el Recinto Universitario de Mayagüez contribuirá a la importante misión universitaria de preparar profesionales capaces de promover el desarrollo científico e industrial de la Isla. Además, el programa propuesto contribuirá directamente a promover y desarrollar profesionales competentes en tres de las áreas establecidas como prioritarias ("Thrust Areas") en el aspecto de investigación a nivel del sistema UPR – las cuales son: biociencia, ambiental, ciencia de materiales y computación de alto rendimiento. Naturalmente, los participantes del programa participarán en actividades de servicio a la comunidad, según surjan necesidades de orientar a ésta en aspectos de tecnología científica y problemas relacionados a la química. Por lo tanto, el programa propuesto incrementará aún más el potencial extraordinario de mejoramiento de nuestra sociedad en sus aspectos económicos, científicos, y educativos. El Recinto Universitario de Mayagüez es un importante centro tecnológico y científico del país; el programa propuesto contribuirá a fortalecer aún más sus ofrecimientos.

2.1.1. Razones de tipo académico para el establecimiento del programa

En los últimos veinte años la demanda por programas académicos en química ha aumentado drásticamente. Por ejemplo, la cantidad de egresados del programa de Bachillerato en Química del RUM, que fue de solamente 16 en el 1976, aumentó a 27 para el 1986, y a 53 en el año académico 1997-98, la mayor cantidad en los últimos años. De igual manera, el programa de Maestría en Química del RUM ha aumentado sus egresados desde meramente 8 en el 1976 hasta 21 en el 1997-98. El aumento en la actividad de investigación a nivel subgraduado también ha sido exponencial, según evidenciado por el aumento en el número de estudiantes matriculados en cursos de investigación subgraduada (QUIM 4998-9). Este número ha aumentado de 12 estudiantes matriculados en 1986 a más de 100 participantes en el 1998, es decir, un aumento de más de nueve veces en sólo diez años. Por tanto, es evidente el interés por el estudio y la investigación en áreas relacionadas a la química. También es importante destacar que los problemas científicos modernos son de gran complejidad y requieren de trabajo multidisciplinario concertado para resolverlos. Este programa propuesto pretende desarrollar científicos capaces de contribuir positivamente a solucionar estos problemas.

El programa propuesto tiene una estructuración en especialidades que atiende las nuevas modalidades y campos de interés en la química. Esto a su vez facilita la incorporación de nuevos proyectos de investigación que puedan surgir dentro de estas áreas, por interés ya sea de parte de la Industria o la Academia. Se entiende que el

nuevo programa, por su naturaleza interdisciplinaria, servirá para fortalecer la actividad existente en los programas doctorales de Ingeniería Civil, Ciencias Marinas e Ingeniería Química además de los programas del Colegio de Ciencias Agrícolas del RUM, según las diferentes especialidades que contempla atender. Además, los egresados de este programa que provengan de otros países, mayormente de Latinoamérica, desempeñarán un papel importante y decisivo en el desarrollo tecnológico, cultural y económico de sus respectivas naciones y podrán servir de enlace para el establecimiento de futuras colaboraciones entre sus países de origen y Puerto Rico. Este efecto se incrementará significativamente con egresados de este nuevo programa doctoral en Química Aplicada.

La demanda estudiantil por el programa propuesto resulta evidente si se examinan la cantidad de egresados de los programas de Maestría del Recinto Universitario de Mayagüez y del Recinto de Río Piedras, la cantidad de egresados del programa doctoral del Recinto de Río Piedras y la cantidad de solicitudes de admisión presentadas al programa de maestría del RUM. En los últimos cinco años (1994-99) el RUM confirió 70 grados de maestría y el Recinto de Río Piedras confirió 18 grados de maestría y 26 grados doctorales. Los estudiantes egresados de los programas de maestría, un total de 88, son candidatos potenciales para continuar estudios conducentes al grado doctoral y muchos de ellos han expresado su interés en continuar o han continuado sus estudios en los Estados Unidos. En los últimos cinco años, la matrícula promedio anual en el programa doctoral del Recinto de Río Piedras ha sido de sólo 9.4 estudiantes. Es evidente que la demanda estudiantil por este tipo de programa es mucho mayor que la que está siendo atendida. El pasado año, la cantidad de solicitudes al programa de maestría en Química del RUM fue de 30, de las cuales se aceptaron 18. Esto es una muestra del interés y la demanda que existe por estudios avanzados en el área de la química.

2.1.2. Necesidad del nuevo programa

El desarrollo económico de Puerto Rico ha puesto en evidencia que tener dominio sobre la tecnología química es un factor importante en la maduración de los recursos humanos del país. En particular, la formación de profesionales químicos preparados a nivel avanzado es necesaria en áreas que son de impacto en el bienestar de la Isla. Por ejemplo, la contaminación ambiental en creciente aumento en Puerto Rico evidencia que una mejor preparación de nuestros científicos en esta área será necesaria para atender puestos en agencias tales como la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), la Autoridad de Desperdicios Sólidos y Recursos Naturales, entre otros. Por otro lado, la nueva política pública de desarrollo de alta tecnología del gobierno de Puerto Rico que incluye la creación de los corredores tecnológicos, las incubadoras y los institutos de investigación acentúan la necesidad de un programa como el propuesto que promoverá la investigación en áreas que contribuirán a esta nueva política y creará profesionales capacitados que serán parte vital en el desarrollo de nuestro país. Muchas de nuestras industrias dependen cada vez más de procesos de alta tecnología, incluyendo aquéllos donde las ciencias

biológicas, físicas y químicas están altamente entrelazadas. Además, el desarrollo de nuevos materiales y el mejoramiento de los existentes es de extrema urgencia en muchas áreas de alta tecnología e industrias, donde Puerto Rico podría participar con beneficios económicos de tener el personal capacitado para desarrollar ideas novedosas en estos campos.

Un estudio realizado recientemente (1998, ISBN 0-87168-620-1) por la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS, por sus siglas en inglés) con fondos de la *Fundación Alfred P. Sloan*, reveló que, aunque entre 1989 y 1995 el porcentaje de grados de bachiller en ciencia e ingeniería conferidos en Estados Unidos a estudiantes de minorías hispánicas aumentó en un 66.5%, el número de estos estudiantes que proseguían estudios graduados disminuyó en un 16% entre 1996 y 1997. (Ver Apéndice 9) Aunque las razones para esta disminución están aún bajo estudio, hay que reconocer que Puerto Rico resulta un lugar atractivo para que estudiantes clasificados como minoría hispánica prosigan estudios avanzados.

El *Comité de Adiestramiento Profesional* de la Sociedad Americana de Química ("ACS-CPT") realizó una encuesta en el 1998 entre egresados de programas doctorales en Química de universidades en Estados Unidos (ver Apéndice 10) con el objetivo de obtener información sobre la naturaleza de los programas graduados en esta disciplina. Una de las preguntas estaba particularmente dirigida a elucidar la actitud de los egresados hacia programas interdisciplinarios. Dicha encuesta reveló, entre otras cosas, que aquellos egresados cuya investigación graduada provenía de un programa interdisciplinario formal, consideraban que esta experiencia había sido de gran beneficio y provecho en su carrera profesional actual. Aquellos encuestados que no habían tenido esta experiencia revelaron su insatisfacción. Estos resultados recientes demuestran la alta aceptación que tienen programas interdisciplinarios.

Es de interés mencionar que se ha reportado gran necesidad de científicos en el área de química analítica ambiental, debido a que éste es el sector de la industria americana de mayor crecimiento (15% en 1992). Sin embargo, solo 15% de las instituciones de enseñanza superior en Estados Unidos ofrecen Ph.D. en química ambiental. Por lo tanto, el Ph.D. que se propone, con el área de ambiental como una de sus especialidades, será sin duda uno con alta demanda en el mercado académico.

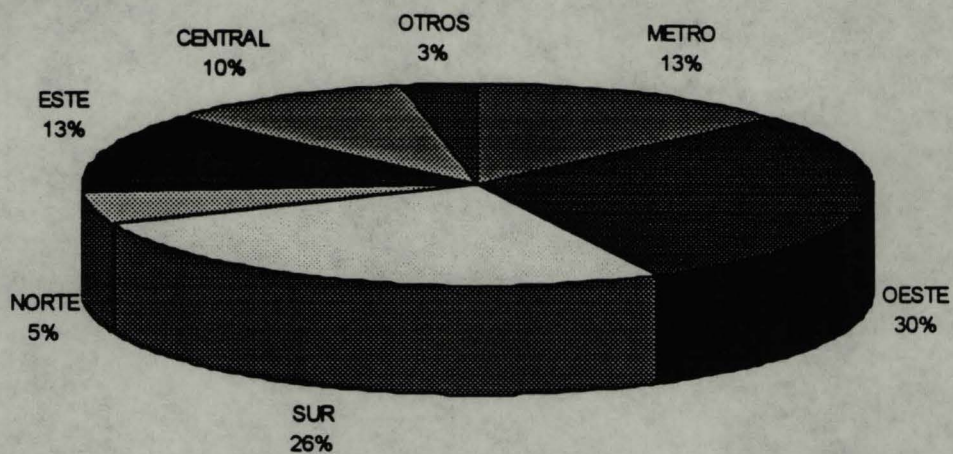
Una encuesta realizada durante el primer semestre del año académico 1996-97 indicó que de 136 estudiantes subgraduados de concentración en Química encuestados de varias regiones de la Isla, 80 (58%) expresó interés en el tipo de programa doctoral en Química Aplicada (Véase Figura 2). De las razones mencionadas para seleccionar el programa, lo innovador del mismo obtuvo el 23%, con las otras varias razones no estando tan lejos de este valor. Esto indica que existen entre los encuestados diversas razones para tener interés por el programa. Además, una encuesta similar enviada a personas de la industria y la academia en la isla reveló que existe necesidad sustancial de personal con doctorado en ambos sectores. (Ver Cartas de Endoso al Programa).

2.1.3. Oportunidades de empleo para los egresados del programa

Primeramente, hay que destacar que existe un gran interés general por obtener un grado avanzado en química. Por ejemplo, en 1994 se otorgaron 2,254 grados de Ph.D. en Química en los Estados Unidos, incluyendo a Puerto Rico, lo que corresponde al 33% de los Ph.D. ofrecidos en las ciencias físicas. Por otro lado, aunque la demanda por posiciones relacionadas a investigación básica ha mermado, ha aumentado el número de puestos que no incluyen investigación directamente. En el pasado la misión principal de los programas graduados ha sido producir investigadores académicos. Actualmente, debido a las nuevas exigencias en el mercado de trabajo, éste está cambiando y debe reevaluarse cómo se educan los futuros científicos. Según reporta el informe "Reshaping the Graduate Education of Scientists and Engineers" del 1996 de la Academia Nacional de Ciencias, durante las pasadas dos décadas más de dos terceras partes de los egresados de programas de Ph.D. en química han encontrado trabajo en ambientes no académicos. Por lo tanto, es necesario hacer énfasis en la enseñanza en áreas no clásicas, más aplicadas y de interés para el desarrollo tecnológico y científico de Puerto Rico. Para esto debe crearse un nuevo tipo de grado doctoral, uno que además de requerir experiencia en investigación, también prepare estudiantes para carreras no investigativas tanto en Puerto Rico como en Estados Unidos y otras partes del mundo.

Los egresados del programa propuesto podrán ocupar empleos para químicos profesionales tanto en la industria como en la academia, en Puerto Rico como en otros países. Primeramente, las áreas de especialización de este programa prepararán profesionales que fortalecerán la nueva política pública de desarrollo de alta tecnología del gobierno de Puerto Rico. El programa propuesto producirá egresados que formarían parte integral de los corredores tecnológicos, las incubadoras y los institutos de investigación que están siendo desarrollados en Puerto Rico. Además, los egresados de este programa podrán contribuir grandemente en la enseñanza universitaria en todas las instituciones de enseñanza superior del país. Actualmente muchos de los egresados de programas de maestría son contratados como facultad por muchas de estas instituciones las cuales han manifestado su interés en que sus profesores alcancen grados doctorales.

LUGAR PROCEDENCIA ENCUESTADOS



RAZONES PARA SELECCIONAR PROGRAMA

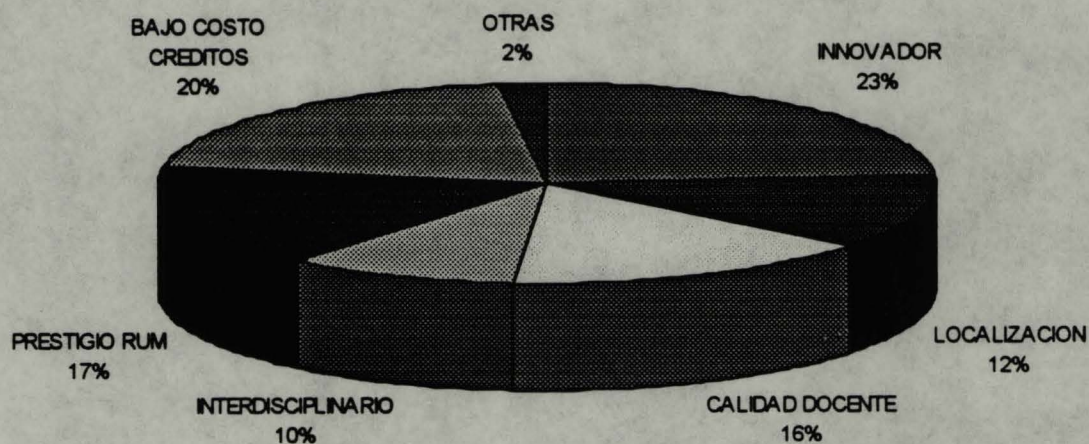


Figura 2: Resultados de encuesta a estudiantes subgraduados de concentración en Química sobre su interés por el programa

Según informa el Departamento de Colocaciones del Decanato de Estudiantes del RUM, empresas tales como compañías farmacéuticas, de producción de equipos médicos y electrónicos, además de plantas químicas solicitan con regularidad entrevistas con estudiantes graduandos y graduados en química. Por otro lado, el

Colegio de Químicos de Puerto Rico indica los varios posibles puestos que profesionales con preparación avanzada pueden ocupar, a saber: profesores a nivel universitario, supervisores o gerentes de laboratorios, consultores ambientales, empresarios o dueños de sus negocios, auditores, administradores de sistemas de información y colaboradores con agencias tales como la Administración de Drogas y Alimentos (FDA, por sus siglas en inglés) o la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés), todo esto colaborando en áreas afines a la química tales como: higiene y seguridad ocupacional, administración de empresas, medicina, leyes e ingeniería.

3. RELACIÓN DEL PROGRAMA CON EL PLAN DE DESARROLLO INTEGRAL

Los objetivos del programa propuesto están en total acuerdo con los objetivos del Plan de Desarrollo Integral de la Universidad de Puerto Rico. Este programa ayudará a promover la excelencia en la gestión docente e investigativa, conducente a la formación intelectual y actividad creadora. Por lo tanto, éste responderá a las necesidades de la Universidad, del país, y a su vez, ayudará a atraer y retener profesores e investigadores que enriquezcan los recursos existentes.

4. RELACIÓN DEL NUEVO PROGRAMA CON OTROS QUE SE OFRECEN

4.1. En el Recinto Universitario de Mayagüez

El programa de Ph.D. en Química Aplicada según propuesto representará un ofrecimiento educativo más avanzado que el grado de maestría que existe actualmente en el Departamento de Química del RUM. Además, el Departamento de Química planea, a nivel de bachillerato, establecer opciones en química ambiental, bioquímica y química empresarial ("chemibusiness"). Por tanto, este programa doctoral será una extensión lógica de los programas de bachillerato y maestría existentes. Además, este programa, que parte de la premisa de que la química es una ciencia central y vital para el desarrollo de múltiples áreas relacionadas, beneficiará los programas graduados en Ingeniería, en particular el de Ingeniería Civil, el cual tiene doctorado en el área de ingeniería ambiental, el de Ingeniería Química, y el programa doctoral en Ciencias Marinas, especialmente en el área de química oceanográfica. También mejorará la interacción con otros departamentos de ciencias, como son Biología, Física y Geología; obviamente, estos programas se beneficiarán con un programa fortalecido en Química Aplicada.

4.2. En otras unidades de la Universidad de Puerto Rico

El Departamento de Química del Recinto de Río Piedras de la UPR ofrece un programa doctoral en las áreas clásicas de la química: orgánica, inorgánica, física, analítica y bioquímica. El programa doctoral propuesto en **Química Aplicada** en el RUM no contempla competir con la enseñanza de esas áreas, sino ampliar los ofrecimientos de la Universidad de Puerto Rico a nuevas áreas de naturaleza

interdisciplinaria y aplicada, fomentando la colaboración con ingeniería, ciencias agrícolas y ciencias marinas, áreas que hacen al Recinto de Mayagüez único dentro del sistema UPR. Además, la presencia de un programa doctoral en el Departamento de Química del RUM, según propuesto, propiciará la colaboración en proyectos a nivel doctoral con el Departamento de Química del Recinto de Río Piedras.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

5.1. Filosofía, metas y objetivos específicos del programa:

1. Filosofía

El Departamento de Química del RUM-UPR entiende que es su compromiso y obligación el servir a Puerto Rico desarrollando profesionales expertos en sus respectivas áreas y comprometidos con el crecimiento socio-económico de Puerto Rico, capaces de contribuir en el desarrollo científico y tecnológico de Puerto Rico y de Latinoamérica.

2. Metas

Este programa es producto de la urgencia de crear los recursos intelectuales necesarios para hacer de Puerto Rico un lugar atractivo para el desarrollo de nuevas tecnologías y empresas con el personal preparado en áreas no tradicionales de la química, que tengan la capacidad de adaptarse a los cambios en un mundo cada vez más competitivo. El presidente de la Universidad de Puerto Rico, Dr. Norman Maldonado, expresó ante la Asociación de Industriales de Puerto Rico:

*"Puerto Rico's future depends on creating an economy wealthy in knowledge, with an infrastructure and scientific community equal to that of the most advanced countries, and a work force capable of adapting to changes. The institution called upon to be at the forefront of this effort should be the University of Puerto Rico". "The more successful a country is in developing and attracting the necessary intellectual resources that can provide the technology, the greater its chances of succeeding in establishing its position in the new global economy... Our future will depend, more than anything else, on our capacity to be innovative, to create and apply knowledge, and develop new ways for industries, government and the universities to work together"*³

En otras palabras, el crecimiento y desarrollo económico futuro de nuestra isla depende principalmente de la capacitación científica de nuestros egresados. El programa doctoral propuesto pretende ayudar a lograr esas metas.

3. Objetivos específicos

³ Periódico San Juan Star, 9 de febrero de 1996.

El programa propuesto contempla los siguientes objetivos:

1. **Académicos** - Proveer a los estudiantes puertorriqueños, del Caribe, América del Norte y Latinoamérica, entre otros, la preparación y el adiestramiento académico máximo en el campo de la Química Aplicada para que se conviertan en científicos cualificados que contribuyan al avance y desarrollo en áreas tales como química ambiental, biofísica y química de materiales.

2. **Investigativos** - Facilitar un aumento significativo en la labor de investigación de la facultad del Departamento de Química del RUM al tener la colaboración de estudiantes doctorales en sus proyectos particulares. Esto se logrará al aumentarse el nivel de financiamiento con fondos externos, y al mejorar notablemente el clima científico de toda la institución.

3. **Industriales** - Capacitar a los egresados de este programa para desempeñarse como científicos, investigadores y empresarios en los diversos aspectos industriales relacionados con la química aplicada para el beneficio, desarrollo, y crecimiento de esta área de actividad en Puerto Rico.

5.2. Perfil del egresado

El egresado del programa será un científico versátil y con una variedad de destrezas, además de su preparación básica. Esto se logrará mediante una innovación curricular que incluirá cursos en áreas empresariales, de educación y de investigación, y una consejería más efectiva para que el estudiante entienda sus opciones para un empleo futuro, incluyendo auto-empleo. Por tanto, la experiencia educacional de nuestros futuros científicos será más completa, ofreciendo una variedad más amplia de alternativas curriculares valiosas. El egresado del programa contará con destrezas tales como: la habilidad para comunicar ideas complejas a no especialistas, el desarrollo de productos y la habilidad de trabajar en grupo que contribuirán a la versatilidad del estudiante para prepararse para las opciones futuras de trabajo, pudiendo así competir exitosamente en el mercado de empleos de nivel avanzado. Este científico también contará con una competencia ética que facilite su integridad en la investigación y el cumplimiento de sus responsabilidades sociales.

5.3. Componentes del programa

El programa doctoral constará de un mínimo de 52 créditos de los cuales 18 créditos serán en tesis, 9 créditos en cursos medulares y los restantes en cursos electivos y de especialidad, de los cuales sólo 9 créditos pueden ser a nivel 5000. Aunque el programa es de naturaleza no tradicional, las nuevas tendencias en la educación en ciencias procuran crear profesionales con una base sólida y abarcadora que tengan la capacidad de adaptarse a los cambios, y no únicamente especialistas en áreas específicas. Por lo tanto, se les requerirá a los estudiantes doctorales demostrar dominio de los conceptos básicos de la química, tomando tres de los siguientes cinco

cursos avanzados (medulares): Química Orgánica Avanzada, Química Física Avanzada, Química Analítica Avanzada, Química Inorgánica Avanzada y Bioquímica Avanzada.

Dada la naturaleza interdisciplinaria del programa, se recomendará que los estudiantes tomen cursos en otros departamentos y facultades. Se procurará que los estudiantes desarrollen destrezas empresariales, de manera que su adiestramiento responda a las tendencias actuales de nuestra sociedad de crear profesionales capaces de generar sus propias fuentes de empleo. Nuestro programa será único en P.R. en requerir conocimientos de gerencia industrial a sus estudiantes. Todo estudiante deberá tomar un curso sobre aspectos contemporáneos de gerencia en la industria química diseñado para el programa doctoral.

Se requerirá también que todo estudiante tome un curso de enseñanza supervisada y trabaje como ayudante de cátedra por lo menos un semestre. La experiencia de enseñar es indispensable para aprender a profundidad y practicar las destrezas de comunicación de ideas complejas requeridas para el éxito en cualquier campo. Como dijo el Dr. Ronald C. Breslow, pasado presidente de la Sociedad Americana de Química en el artículo "The Education of Ph.D.'s in Chemistry"⁴ "If you want to learn a subject, teach it".⁴

5.3.1. Distribución de cursos

Los requisitos para el programa doctoral se distribuyen de la siguiente forma:

Requisitos Medulares	(3 cursos @3 cr.)	9 créditos
Requisitos de Grado		28 créditos
Requisitos Recomendados por Area de Especialidad y Electivas:		15 créditos

i. Requisitos medulares: (3 de estos cursos=9 créditos)

QUIM 6401	QUÍMICA ORGÁNICA AVANZADA	3 cr.
QUIM 6605	QUÍMICA FÍSICA AVANZADA	3 cr.
QUIM 6215	QUÍMICA ANALÍTICA AVANZADA	3 cr.
QUIM 6011	QUÍMICA INORGÁNICA AVANZADA I	3 cr.
QUIM 6—	BIOQUÍMICA AVANZADA	3 cr.

ii. Requisitos de grado:(28 créditos)

QUIM 6—	ENSEÑANZA SUPERVISADA DE LA QUÍMICA	3 cr.
QUIM 6—	ASPECTOS CONTEMPORÁNEOS DE GERENCIA EN LA INDUSTRIA QUÍMICA	3 cr.
QUIM 8—	COMUNICACIÓN CIENTÍFICA EN QUÍMICA	3 cr.

⁴Ronald C. Breslow "The Education of PhD's in Chemistry", Chemical and Engineering News, Dec. 1995.

QUIM 8—	SEMINARIO DOCTORAL	1 cr.
QUIM 8999	INVESTIGACIÓN Y TESIS DOCTORAL	18 cr.

iii. Cursos recomendados por área de especialidad

El estudiante deberá tomar un mínimo de seis (6) créditos de los recomendados en su área.

A. Química biofísica

QUIM 6—	QUÍMICA BIOFÍSICA	3 cr.
QUIM 6—	ESPECTROSCOPIA DE MOLÉCULAS BIOLÓGICAS	3 cr.
QUIM 6—	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA BIOFÍSICA	3 cr.
QUIM 8—	TEMAS ESPECIALES EN QUÍMICA APLICADA	1-3 cr.

B. Química ambiental

QUIM 6—	QUÍMICA AMBIENTAL AVANZADA	3 cr.
QUIM 6—	ANÁLISIS DE TRAZAS DE CONTAMINANTES AMBIENTALES	3 cr.
QUIM 6—	ASPECTOS QUÍMICOS DE PROBLEMAS AMBIENTALES	3 cr.
QUIM 8—	TEMAS ESPECIALES EN QUÍMICA APLICADA	1-3 cr.

C. Química de materiales

QUIM 6—	QUÍMICA DEL ESTADO SÓLIDO	3 cr.
QUIM 6216	QUÍMICA ANALÍTICA DE SUPERFICIES	3 cr.
QUIM 6—	SIMULACIÓN COMPUTACIONAL APLICADA A MATERIALES	3 cr.
QUIM 8—	TEMAS ESPECIALES EN QUÍMICA APLICADA	1-3 cr.

iv. Cursos electivos

Todo estudiante deberá completar sus requisitos de electivas tomando otros cursos, con la autorización previa de su consejero de tesis y el comité graduado doctoral. La lista que aparece a continuación menciona cursos existentes recomendados. Esta lista no debe ser considerada exclusiva. La naturaleza interdisciplinaria y no tradicional del programa promueve la flexibilidad en la selección de cursos electivos y estimula a tomar cursos fuera del Departamento de Química y del Colegio de Artes y Ciencias.

GERE 6050	Desarrollo de Producto en Forma Integrada	3 cr
AGRO 6607	Química de Suelos	3 cr.
BIOL 6605	Contaminación Ambiental	3 cr.
INCI 6015	Microbiología Ambiental	3 cr.
INCI 6011	Manejo y Disposición de Desperdicios Tóxicos y Peligrosos	3 cr.
ININ 5505	Total Quality Management	3 cr.

INQU 5015	Fundamentos de Contaminación de Aire	
3 cr.		
INQU 5018	Control de Contaminación de Aire	3 cr.
INQU 5019	Control de Desperdicios Industriales	3 cr.
QUIM 5066	Química Toxicológica	3 cr.
QUIM 5150	Identificación Espectroscópica de Compuestos Orgánicos	3 cr.
QUIM 5071-2	Bioquímica General I y II	3 cr.
QUIM 5073-4	Laboratorio de Bioquímica General I y II	1 cr.
QUIM 5125	Termodinámica Química	3 cr.
QUIM 6007, 08, 15	Temas Especiales en Química	1-3 cr.
QUIM 6012	Química Inorgánica Avanzada II	3 cr.
QUIM 6606	Electroquímica	3 cr.
QUIM 6035	Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear	3 cr.
QUIM 6403	Química Orgánica Avanzada II	3 cr.
QUIM 6395	Espectroscopía y Microscopía Infrarroja	1 cr.
QUIM 6806	Bioquímica de Fermentaciones	2 cr.
QUIM 6915	Enzimas	3 cr.
QUIM 6916	Análisis Instrumental Avanzado	4 cr.
QUIM 8615	Cinética Química	3 cr.

5.3.2. Cursos

5.3.2.1. Descripción de cursos nuevos

- QUIM 6— BIOQUÍMICA AVANZADA 3 cr.
Estructura y función de proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos. Termodinámica y cinética de enzimas, mecanismos de reacción y regulación enzimática. Aspectos de catabolismo y biosíntesis, incluyendo regulación metabólica.
- QUIM 6— MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA BIOFÍSICA 3 cr.
Técnicas biofísicas aplicadas al estudio de moléculas biológicas. Aislamiento, purificación y análisis espectroscópico de proteínas, ácidos nucleicos y carbohidratos. Análisis conformacional mediante simulación en computadora.
- QUIM 6— ENSEÑANZA SUPERVISADA DE LA QUÍMICA 3 cr.
Aspectos del proceso de enseñanza-aprendizaje; estrategias, métodos y técnicas de la enseñanza de la química; fundamentos de la evaluación y evaluación.
- QUIM 6— ASPECTOS CONTEMPORÁNEOS DE GERENCIA EN LA INDUSTRIA QUÍMICA 3 cr.
Temas relacionados con la gerencia en la industria química contemporánea, con énfasis en el ciclo de vida de los productos. Programas, filosofías y métodos usados por las industrias para manejar su manufactura.
- QUIM 8— COMUNICACIÓN CIENTÍFICA EN QUÍMICA 3 cr.

Temas relacionados con la preparación y organización de una presentación efectiva y con la redacción de propuestas, artículos científicos e informes técnicos. Se requiere el desarrollo, la presentación y la defensa de una propuesta de investigación original.

- QUIM 8— SEMINARIO DOCTORAL 1 cr.
Presentación oral y discusión del trabajo de tesis doctoral.
- QUIM 6— QUÍMICA BIOFÍSICA 3 cr.
Métodos espectroscópicos, simulación molecular, bioenergética, cinética de reacciones y termodinámica de soluciones aplicados a ácidos nucleicos, proteínas y otras moléculas biológicas.
- QUIM 6— ESPECTROSCOPIA DE MOLÉCULAS BIOLÓGICAS 3 cr.
Técnicas espectroscópicas para estudiar las estructuras y los cambios conformacionales de moléculas biológicas.
- QUIM 8— TEMAS ESPECIALES EN QUÍMICA APLICADA 1-3 cr.
Temas escogidos en química aplicada.
- QUIM 6— QUÍMICA AMBIENTAL AVANZADA 3 cr.
Química del medio ambiente con énfasis en el agua, los suelos y la atmósfera; análisis y tratamiento de contaminantes; política ambiental.
- QUIM 6— ANÁLISIS DE TRAZAS DE CONTAMINANTES AMBIENTALES 3 cr.
Técnicas de muestreo y métodos instrumentales de análisis al nivel de trazas de contaminantes en el agua, aire y suelo.
- QUIM 6— ASPECTOS QUÍMICOS DE PROBLEMAS AMBIENTALES 3 cr.
Aspectos químicos de problemas ambientales con énfasis en Puerto Rico; sus causas, efectos y soluciones.
- QUIM 6— QUÍMICA DEL ESTADO SÓLIDO 3 cr.
La estructura y las propiedades de materiales sólidos tales como metales, semiconductores y sólidos inorgánicos
- QUIM 6— SIMULACIÓN COMPUTACIONAL APLICADA A MATERIALES 3 cr.
Uso de simulación computacional para resolver problemas en ciencia de materiales. Métodos determinísticos y estocásticos tales como dinámica molecular y Monte Carlo. Modelos energéticos clásicos y cuánticos.
- QUIM 8999 INVESTIGACIÓN Y TESIS DOCTORAL 18 cr.
Investigación que constituye una contribución significativa al campo de especialización del estudiante. Se requiere la redacción y defensa de la tesis doctoral.

5.3.2.2. Descripciones de cursos existentes y prontuarios de los cursos nuevos.

Ver Apéndice 3 .

5.3.3. Modelo del programa propuesto

Primer año:

1er Semestre	Cr.	2do Semestre	Cr.	
Curso medular	3	Curso medular	3	
Curso medular	3	Curso especialidad	3	
Enseñanza supervisada	3	Curso electivo	3	
Total:	9		9	Total: 18

Al finalizar el primer año, el estudiante deberá haber completado el requisito de los exámenes calificadores.

Segundo año:

1er Semestre	Cr.	2do Semestre	Cr.	
Curso especialidad	3	Curso de Gerencia	3	
Curso electivo	3	Comun. Cient. Quim.	3	
Curso electivo	3	Investigación(Quim 8999)	3	
Total:	9		9	Total: 18

Al finalizar el segundo año, el estudiante deberá cumplir con el requisito de examen doctoral.

Tercer y cuarto año:

Durante el tercer año, el estudiante deberá continuar con su investigación, tal que pueda completar la misma durante el cuarto año, redactar la tesis y someter una publicación relacionada a su investigación a una revista científica revisada por pares. Presentará los resultados finales del proyecto de investigación en el Seminario Doctoral.

5.3.4. Metodología educativa y estrategias instruccionales a seguir para lograr los objetivos establecidos.

El Recinto Universitario de Mayagüez siempre se ha caracterizado por requerir la excelencia en la instrucción y la investigación a su profesorado. Como política institucional, se le está requiriendo a los nuevos profesores y estudiantes ayudantes de cátedra que asistan a talleres de enriquecimiento profesional en el área de la docencia. Se seguirán utilizando las estrategias instruccionales que ya se ha

comprobado funcionan en el programa de maestría existente y las mismas serán complementadas con nuevas estrategias de enseñanza (Aprendizaje cooperativo).

6. ADMISIÓN Y MATRÍCULA

6.1. Requisitos para considerar la admisión

Los estudiantes que solicitan admisión al programa propuesto deben:

- 1) cumplir con los requisitos de admisión según especificados en el documento "Normas que Rigen los Estudios Graduados en el RUM".
- 2) tener un grado de Bachiller en Química de una universidad reconocida o su equivalente, según establezca el Departamento de Química del RUM, con un índice académico general mínimo de 3.00 en una escala de 4.00. Aquellos solicitantes que tengan un bachillerato que no sea en Química se considerarán en sus propios méritos por el Comité Graduado Departamental.
- 3) tomar el examen de aptitud del "Graduate Record Examination" (GRE).
- 4) tener dominio del español e inglés según establecido en las NORMAS QUE RIGEN LOS ESTUDIOS GRADUADOS EN EL RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ (Certificaciones 97-21 y 97-55 del Senado del RUM). La enseñanza en Puerto Rico es de naturaleza bilingüe (español e inglés). De existir deficiencias en alguno de estos idiomas, el estudiante deberá tomar cursos remediales al ingresar al RUM.

6.2. Matrícula proyectada para los primeros cinco años

Se planea aceptar un máximo de diez (10) estudiantes para comenzar el programa. Los próximos cuatro años, se limitará la matrícula de nuevos estudiantes a cinco por año. Se contempla que todos los estudiantes doctorales disfruten de ayudantías de enseñanza o de investigación, conforme a la disponibilidad de fondos externos e institucionales.

7. REQUISITOS ACADÉMICOS PARA OTORGAR EL GRADO

A. El programa doctoral consistirá de un mínimo de 52 créditos, de los cuales no más de 9 pueden ser de nivel 5000 y no menos de 43 de nivel 6000 o más alto. De los últimos 43, un máximo de 18 créditos podrán ser en tesis. Un mínimo de 9 créditos fuera de la especialidad en áreas relacionadas será requerido.

B. El índice académico general mínimo requerido será de 3.00, según especificado en el documento "Normas que Rigen los Estudios Graduados en el Recinto Universitario de Mayagüez".

C. La transferencia de créditos al programa doctoral, ya sea de programas de maestría u otros, será considerada en sus propios méritos y atemperada la decisión por las "Normas que Rigen los Estudios Graduados en el Recinto Universitario de Mayagüez".

D. Requisitos para el grado:

1. Exámenes calificadores - Un estudiante aceptado al programa doctoral deberá aprobar 3 de 5 exámenes calificadores que evaluarán su conocimiento a nivel subgraduado en las siguientes áreas: química orgánica, química inorgánica, química analítica, química física y bioquímica. Estos exámenes se ofrecerán al momento de entrar al programa. De no aprobar los tres exámenes, el estudiante tendrá la oportunidad de repetir cualquiera de ellos al finalizar su primer y segundo semestre. De no aprobarlos después de tres oportunidades, este estudiante quedará fuera del programa. Los estudiantes que entren al programa doctoral con un grado de maestría en química no tendrán que tomar los exámenes calificadores.

2. Examen doctoral - Después de aprobados los cursos (excluyendo el Seminario Doctoral) el estudiante deberá aprobar un examen doctoral que mida el conocimiento del estudiante en su especialidad a nivel graduado. Esto debe ocurrir durante el tercer año de estudios. El examen se ofrecerá en agosto y enero y consistirá de una cantidad de preguntas previamente acordada por el Comité Graduado departamental, de las cuales el estudiante deberá contestar una fracción. En caso de fracaso, el examen puede ser repetido una vez.

3. Propuesta de investigación - El estudiante deberá presentar por escrito una propuesta de investigación que defina su proyecto de tesis doctoral y defenderla oralmente ante su comité de tesis.

4. Seminario Doctoral - El estudiante presentará un seminario doctoral en el que presentará los resultados de su investigación después de haber completado la misma.

5. Investigación - El estudiante deberá realizar una investigación de naturaleza independiente que represente una contribución significativa al adelanto del conocimiento en su área de especialización.

6. Candidatura - El estudiante será considerado oficialmente candidato al grado de doctor en filosofía al completar exitosamente los requisitos de residencia establecidos por la Escuela Graduada del Recinto Universitario de Mayagüez y los siguientes requisitos: aprobar los exámenes calificadores, completar los cursos requeridos, aprobar el examen doctoral y defender exitosamente la propuesta de investigación.

7. Tesis doctoral y defensa oral de tesis - El estudiante redactará su tesis doctoral y defenderá dicho documento oralmente, según establecido por el documento "Normas que Rigen los Estudios Graduados en el RUM." Como requisito de graduación, se exigirá que la tesis doctoral esté acompañada de una publicación aceptada en una revista revisada por pares ("peer reviewed journal") sobre su trabajo de investigación.

E. Tiempo Límite para Completar el Grado:

El tiempo límite para completar el grado será de 10 años si empiece sus estudios con bachillerato, y ocho años si empiece sus estudios con maestría, según especificado en el documento "Normas que Rigen los Estudios Graduados en el RUM".

8. FACULTAD

8.1. Profesores disponibles para el establecimiento del programa

El departamento de Química del Recinto de Mayagüez cuenta con la facultad de química más grande en Puerto Rico, con más de 40 profesores e investigadores, de los cuales 31 poseen grado doctoral. Veinticuatro de ellos están actualmente involucrados en investigación.

El departamento tiene al presente el personal necesario para comenzar a admitir estudiantes al programa doctoral. Además, se contará con profesores de otros departamentos y facultades cuyos intereses complementen nuestro programa, como colaboradores. Se le otorgará nombramiento de profesor adjunto en el programa de Química Aplicada. (Ver sección VIII-C para lista del personal de la facultad de Química del RUM y de los colaboradores al momento de redactar esta propuesta.) Es importante destacar que se incluye en dicha lista a todos los profesores activos en el departamento de Química ya que todos podrán potencialmente participar en el programa, unos directamente, actuando como consejeros de tesis de los estudiantes doctorales, y otros indirectamente, dictando cursos requeridos para el programa. Debido a la naturaleza interdisciplinaria del programa doctoral, se visualiza que periódicamente se cuente con profesores visitantes de otras instituciones de Puerto Rico y el exterior.

8.2. Proyecciones de la facultad para los próximos cinco años

El departamento tiene un programa de reclutamiento activo y reclutará personal adecuado para fortalecer las áreas de interés para las cuales no existan todos los recursos humanos necesarios. El continuo desarrollo y el fortalecimiento del programa de investigación y el establecimiento del programa doctoral requerirá la creación de dos plazas de profesores para fortalecer las áreas de química ambiental y química de materiales.

Dado el hecho que ya existe un programa establecido de investigación y un gran número de profesores con interés en la investigación y enseñanza, el establecimiento del programa doctoral no debe tener un impacto significativo en la carga académica del profesorado existente. Por el contrario, se vislumbra que el establecimiento del mismo resultará en una mejor utilización de los recursos existentes, un aumento en el grado de competitividad del programa, una mayor disponibilidad de estudiantes graduados y un mayor compromiso con el programa de investigación.

8.3. Tabla de profesores con PhD a tiempo completo que pueden enseñar los cursos medulares del programa doctoral

PROFESOR	Rango*	Universidad donde estudió	Año PhD	Curso Medular a cargo
Departamento de Química				
María A. Aponte	C, PE	Univ. of Florida	1982	Química Orgánica Avanzada
Mayra E. Cádiz	C, PE	Univ. of P.R.	1985	Química Inorgánica Avanzada
Amaldo Carrasquillo	CAU, PR	Texas A&M	1995	Química Analítica Avanzada
Miguel Castro	CAS, PR	Univ. of Texas at Austin	1991	Química Física Avanzada
José E. Cortés	C, PE	Univ. of North Texas	1989	Química Inorgánica Avanzada
Astrid J. Cruz	CAS, PE	Univ. of Mass.	1993	Química Física Avanzada
Emilio Díaz	C, PE	Univ. of Wisconsin-Madison	1986	Bioquímica Avanzada
Samuel Hernández	C, PE	Johns Hopkins Univ.	1986	Química Física Avanzada
Aidalú Joubert	CAU, PR	Washint. State Univ.	1998	Química Analítica Avanzada
Jorge Laboy	CAU, PR	Univ. of Cincinnati	1993	Química Física Avanzada
Juan López	C, PE	Michigan State Univ.	1986	Química Inorgánica Avanzada
Gustavo E. López	CAS, PE	Univ. of Mass.	1992	Química Física Avanzada
Enrique	CAS, PR	Univ. of	1990	Química Inorgánica Avanzada

Meléndez		Utah		
Nairmen Mina	CAU, PR	Univ. of Baylor	1996	Química Física Avanzada
Luis Morell	CAS, PR	Univ. of California, Riverside	1993	Química Orgánica Avanzada
Francis Patrón	CAU, PR	Purdue Univ.	1997	Química Física Avanzada
Belinda Pastrana	CAS, PR	Rutgers Univ.	1995	Bioquímica Avanzada
Doris Ramírez	C, PE	Rutgers Univ.	1989	Bioquímica Avanzada
Robert Ríos	CAS, PR	Rutgers Univ.	1995	Química Orgánica Avanzada
Cynthia Robledo	C, PE	Univ. of Florida	1981	Química Orgánica Avanzada
Manuel Rodríguez	C, PE	Univ. of Florida	1968	Química Física Avanzada
Félix Román	CAS, PR	Univ. of Nebraska-Lincoln	1989	Química Analítica Avanzada
Ismael Scott	C, PE	Univ. of Florida	1985	Química Física Avanzada
Fernando A. Souto	C, PE	Univ. of Alberta	1978	Química Orgánica Avanzada
Carmen A. Vega	C, PE	Univ. of Florida	1975	Química Analítica Avanzada
Marisol Vera	C, PE	Purdue Univ.	1986	Química Analítica Avanzada
René S. Vieta	C, PE	Texas A&M Univ.	1984	Química Orgánica Avanzada

Todos los profesores tendrán un máximo de dos preparaciones por semestre. Para los años de experiencia profesional ver Apéndice 1.

CAU = catedrático auxiliar, CAS = catedrático asociado, C = catedrático, IAU = investigador auxiliar, PE = nombramiento permanente, PR = nombramiento probatorio.

Ver Apéndice 4 para curriculum vitae de estos profesores.

8.4. Plan de adiestramiento de la facultad

La facultad planifica continuar su desarrollo y mejoramiento a través de su participación en comités de sociedades profesionales y conferencias locales e internacionales. Los profesores también asisten periódicamente a cursos de educación continua.

9. RECURSOS DE APRENDIZAJE

9.1. Recursos existentes

La Biblioteca General del Recinto Universitario de Mayagüez cuenta con suficientes recursos para iniciar el Programa Doctoral en Química Aplicada. Los recursos existentes incluyen unos 1000 libros en química y áreas relacionadas, 137 publicaciones seriadas en química y áreas relacionadas y 10 bibliotecas de información en "CD-ROM." Estos recursos se encuentran detallados en el Apéndice 5. Se encuentran además disponibles el sistema de búsqueda en base de datos del sistema DIALOG y otros recursos análogos. Es posible también acceder catálogos y bibliotecas de información disponibles en otras universidades a través del INTERNET, así como obtener dichos recursos a través de préstamos bibliotecarios.

9.2. Plan de mejoramiento

Entre los planes de mejoramiento a los sistemas arriba mencionados se encuentran: 1) adquirir aquellos libros, colecciones y publicaciones seriadas que sean indispensables para el desarrollo del nuevo programa doctoral; 2) obtener acceso directo al sistema de búsqueda en la literatura científica DIALOG en el edificio de química; 3) establecer conexión al sistema INTERNET en todas las computadoras del edificio nuevo, que permita acceso a los catálogos y bibliotecas de información de la biblioteca del Recinto y de otras universidades; 4) ampliar los recursos y acelerar el servicio de préstamo interbibliotecario; 5) establecer en el futuro una biblioteca departamental dentro del nuevo edificio de química; y, 6) equipar todos los salones de clase, reunión y seminarios con los recursos audiovisuales y de computadoras necesarios para la comunicación efectiva del conocimiento científico, este proceso ya ha comenzado en nuestro nuevo edificio de Química.

9.3. Uso de recursos para el aprendizaje de otras instituciones

Los recursos de aprendizaje disponibles en otras universidades podrán obtenerse mediante la combinación de búsqueda a través del INTERNET y un sistema rápido de préstamos interbibliotecarios. Estos servicios ya están disponibles en el recinto.

10. FACILIDADES FÍSICAS Y EQUIPO

10.1. Facilidades disponibles para el nuevo programa

El programa cuenta con las mejores instalaciones físicas en Puerto Rico para llevar a cabo enseñanza e investigación en ciencias químicas, localizadas en un nuevo edificio de química construido con el programa doctoral en mente. El edificio cuenta con un ala para educación y otra para investigación. Unos 28,800 pies cuadrados de

espacio están adscritos a investigación, distribuidos en 36 laboratorios, en adición a 10 salones de instrumentación, áreas de uso común, tales como cuartos fríos, cuartos oscuros, entre otros. Hay amplio espacio para el manejo de materiales, reactivos y desperdicios químicos, además de facilidades óptimas para instrumentación moderna.

Facilidades del nuevo edificio de química de relevancia para el programa

	Pies cuadrados (p.c.)
Laboratorios de investigación:	28,800
36 laboratorios de 800 p.c. cada uno	
Laboratorios de enseñanza: 15 laboratorios	25,388
Laboratorios de servicios:	4,000
10 salones de instrumentos, de preparación, cuartos oscuros (aprox. 400 p.c. (c/u))	
Facilidades departamentales:	23,830
30 Oficinas de facultad: 5,550 p.c.; 12 Salones de clase; 1 Salón Seminario; 1 Salón Biblioteca; 4 Salones de uso especial (2 de Computadoras, 2 para el programa "Science on Wheels"); Áreas de Almacenaje	
Administración :	3,920
Facilidades departamentales, oficinas, área de fotocopia, etc.	

Instrumentación disponible:

El Departamento de Química cuenta con la siguiente instrumentación accesible para los proyectos graduados y subgraduados: espectrofotómetros UV-VIS con múltiples accesorios, infrarrojos dispersivos, varios FT-IR, incluyendo accesorios para manejo de muestras sólidas, un FT-NMR de 300 MHz, espectrómetros Raman, Raman de tiempo resuelto e IR de tiempo resuelto ("Time-Resolved IR" & "Time-Resolved Raman"), láseres ultrarrápidos para estudios a escala de picosegundos y femtosegundos, equipos para análisis de superficies, fluorímetros, cromatógrafos líquidos (HPLC); cromatógrafo de permeación por gel (GPC), cromatógrafos de gases con detectores de masa (GC-MS, con sistema "purge & trap"), FID e IR (GC-FT-IR), calorímetro de barrido diferencial (DSC), espectrofotómetros de absorción atómica con llama y horno de grafito, instrumentos de fluorescencia, voltímetros, polarógrafo, etc. También contamos con equipos básicos tales como balanzas de susceptibilidad magnética, densitómetros, centrifugas, equipo de electroforesis, computadoras y varias "workstations" (Ver sección de recursos computacionales y Apéndice 6 para lista de equipo disponible.)

10.2. Impacto del programa nuevo sobre las facilidades existentes

El edificio nuevo de química fue diseñado con el programa doctoral en mente, siendo éste la culminación del desarrollo del departamento. La labor de investigación se espera que ocupe el 40% del espacio disponible del edificio. El programa doctoral en química permitirá usar más efectivamente las instalaciones construídas.

10.3. Necesidad y disponibilidad de servicios de cómputos para el nuevo programa

El nuevo edificio de Química cuenta con espacio para dos modernos centros de cómputos, de aproximadamente 960 pies cuadrados cada uno. Ambos centros están en total funcionamiento desde finales del verano de 1998. El primero de estos centros de cómputos contará con 35 Micron-PC multimedios, cada una con un procesador Pentium 100, 16 MB de RAM y 1.5 GB de disco duro. Todas estas máquinas están conectadas a una red que será administrada por dos servidores que utilizan el sistema operativo NT Windows. Estas computadoras están disponibles para el uso rutinario de los estudiantes graduados y subgraduados del departamento. Además, este centro es utilizado en la enseñanza de varios cursos tanto subgraduados como graduados en los cuales se utilizan métodos numéricos para resolver problemas de interés químico. Ejemplo de estos cursos son: Aplicación de Computadoras a la Química y Estadística Termodinámica Moderna. Conectadas a estas máquinas habrá varias impresoras tipo láser e "ink-jet".

El segundo centro de cómputos contará con varias computadoras de gran rapidez y alta capacidad. Inicialmente, contamos con ocho (8) estaciones de trabajo Silicon Graphics O₂ instaladas en un Local Area Network (LAN) las cuales utilizan el sistema operativo Unix. En estas computadoras estarán instalados diversos programas que permitan hacer cálculos avanzados en sistemas de interés químico como por ejemplo: propiedades termodinámicas de materiales, estudio de mecanismos y cinética de reacción, determinación de estructuras de mínima energía de sistemas simples y complejos como proteínas y otras moléculas biológicas, caracterización de espectros Raman y RMN, entre otros. Este centro de cómputos estará siendo utilizado principalmente en los cursos avanzados de química y por los grupos de investigación de nuestro departamento que estén realizando cómputos intensivos como parte de su investigación. El Departamento está planificando el ofrecimiento de talleres para los profesores interesados en el uso de estas facilidades y de las aplicaciones instaladas.

El nuevo edificio de Química está internamente alambrado con una combinación de fibra óptica y cable coaxial. A su vez, el edificio está conectado al centro de cómputos general del RUM por fibra óptica. Además, todos los laboratorios y oficinas en el edificio podrán estar incorporados a la red interna.

10.4. Otras facilidades, equipo y servicios necesarios para implantar el programa

La naturaleza de la química, como ciencia experimental, requiere una constante renovación de equipo y materiales para proveer a nuestros estudiantes una educación de excelencia. Se cuenta con el equipo básico para comenzar el programa. Sin embargo, la adquisición de un espectrómetro de resonancia magnética (RMN) de alta resolución (500 MHz) es indispensable para la caracterización de biomoléculas, materiales sólidos, entre otros. Actualmente el departamento cuenta con un RMN de 300 MHz. Este instrumento tiene siete años de uso intensivo y ya no cumple con los requerimientos ni necesidades del programa graduado existente y mucho menos del programa doctoral propuesto. Otros equipos, tales como un espectrómetro de masas (MS), serán adquiridos posteriormente para mejorar las facilidades existentes. Este proceso de renovación de equipos se prevee ocurrirá con o sin programa doctoral. Evidencia de esto es que, a la fecha en que este documento está siendo revisado (nov. 1999), la propuesta sometida a la Fundación Nacional de Ciencias (NSF) en enero de 1999 para la adquisición de un RMN de 500 MHz ha sido aprobada. Para tal compra, NSF ha otorgado \$400,000.

11. ACREDITACIÓN DEL PROGRAMA - No aplica.

El programa subgraduado de Química está acreditado por "American Chemical Society." No existe acreditación para programas doctorales.

12. ADMINISTRACIÓN DEL PROGRAMA

La Oficina de Estudios Graduados es la unidad institucional académica y administrativa, adscrita al Decanato de Asuntos Académicos, con la responsabilidad de supervisar y hacer cumplir las normas y reglamentos referentes a los estudios graduados en el RUM.

El Departamento de Química tendrá la responsabilidad de lo relativo a la administración del programa y el ofrecimiento de cursos. Será también responsabilidad del Departamento, mediante su Comité Departamental de Estudios Graduados, la decisión de aceptación de solicitantes, así como la evaluación de los candidatos en cuanto a aquellos requisitos del programa no cubiertos por la Escuela Graduada. En el Departamento de Química se nombrará un Director Asociado para el programa graduado cuya función será atender todo lo relativo a la administración y evaluación del Programa Doctoral y del programa existente de Maestría. Se contratará una secretaria para las tareas relacionadas con el programa graduado.

13. AYUDA ECONÓMICA A LOS ESTUDIANTES

Al presente los estudiantes graduados del programa de maestría en química del RUM que colaboran como asistentes de cátedra reciben un estipendio mensual por 6 créditos de tarea durante el semestre regular, además del pago de matrícula. Se prevee que este estipendio aumente en un futuro cercano. Esto demuestra que el RUM auspicia, en forma de retribución por tarea de enseñanza realizada, el esfuerzo de los estudiantes de programas graduados. Para ser merecedor de estos fondos, se requiere que el estudiante sea regular, esto es, esté matriculado en un mínimo de nueve créditos. La extensión de esta ayuda es por un máximo de 2 años para programas de maestría y 4 para los de doctorado, según especificado por la Certificación 82-28.

También existen actualmente ayudantías de investigación en varios proyectos que cuentan con fondos externos de diversas agencias federales, tales como NIH-MBRS, NSF-EPSCoR, DOE-EPSCoR, etc., que proveen apoyo económico a los estudiantes que son ciudadanos americanos. Se espera que el número de ayudantías con fondos externos aumente con la aprobación del programa doctoral propuesto.

Se contempla que estudiantes talentosos del programa logren ganar becas de diversas fuentes, tales como de la Administración de Fomento Económico, que provee oportunidades de realizar estudios en áreas técnicas, científicas e industriales. Aunque el programa de becas prefiere que el estudiante se prepare en universidades reconocidas de los Estados Unidos continentales, el establecimiento del programa doctoral propuesto podría incluir becados con esta fuente nativa.

14. PRESUPUESTO

14.1. Narrativa

El programa propuesto se llamará Programa Doctoral en Química Aplicada, el cual estará adscrito al Departamento de Química del Colegio de Artes y Ciencias del RUM. El programa conferirá el grado de doctor en filosofía en química aplicada. La siguiente tabla presenta una proyección de matrícula para los primeros 5 años del programa.

Año	I	II	III	IV	V
Matrícula proyectada	10	10-15	10-20	10-20	10-25

Todo programa nuevo requiere apoyo institucional durante sus primeros años de desarrollo. Se contempla que, a partir del quinto año, todos los investigadores que participen activamente en el programa, o sea, dirigiendo estudiantes doctorales, generen ingresos para subsidiar sus investigaciones, sea mediante propuestas a agencias federales, estatales y/o a la industria. Los costos operacionales tales como las ayudantías de estudiantes graduados, el equipo de investigación y los recursos computacionales podrán ser costeados parcialmente con estos ingresos.

14.2. Presupuesto del programa proyectado para los primeros cinco años:

Descripción / Año	I	II	III	IV	V
Recursos bibliotecarios (ej. base de datos electrónica)	\$10,000	\$10,000	\$10,000	\$10,000	\$10,000
Ayudantías para Estudiantes Graduados(@\$8,500)	\$42,500	42,500	85,000	85,000	85,000
Contratación de dos nuevos profesores	\$35,000	\$70,000	\$70,000	\$70,000	\$70,000
Programa Seminario (Visitantes/talleres)	\$12,000	\$12,000	\$12,000	\$12,000	\$12,000
Director Asociado (Diferencial en sueldo)	\$9,000	\$9,000	\$9,000	\$9,000	\$9,000
Secretaria (1)	\$15,000	\$15,000	\$15,000	\$15,000	\$15,000
Equipo *	\$200,000	\$200,000	\$100,000	0	0
Servicios/ Materiales/ Mantenimiento	\$100,000	\$100,000	\$100,000	\$100,000	\$100,000
TOTAL:	\$423,500	\$458,500	\$401,000	\$301,000	\$301,000

*Una propuesta fue sometida a NSF en enero de 1999 para adquirir un RMN de 500 MHz, equipo considerado indispensable para el programa doctoral. Esta propuesta fue aprobada. Para tal compra, NSF aprobó \$400,000 para el instrumento básico. Por tanto, se solicitan fondos para adquisición de accesorios para este equipo y de otros equipos contemplados dentro de la lista de prioridades para el programa.

15. INGRESOS

Durante la última década, la participación de miembros del departamento en proyectos de investigación con fondos externos en programas tales como NSF-EPSCoR, DOE-EPSCoR, NSF-MRCE, NIH-MBRS, NSF-RIMI, NIH-Bridges, Departamento de Defensa (DOD), etc. ha aumentado significativamente. (Ver Apéndice 7.) Estos programas proveen fondos para subvencionar materiales de investigación, adquisición de instrumentación y ayudantías para estudiantes graduados. Se espera que con la creación del programa doctoral aumenten los fondos externos sustantivamente.

El Departamento de Química gasta más de \$150,000 anuales en contratos de mantenimiento y servicios de equipos de enseñanza e investigación. Se contempla establecer un Taller de Instrumentación con personal competente para realizar muchas de las reparaciones básicas lo cual permitirá una reducción en los contratos de servicio. El departamento de Química, en el nuevo edificio, cuenta con un ingeniero de mantenimiento, dos electricistas, un técnico electrónico, dos plomeros y dos plazas de especialista en instrumentación científica, entre otros. Se contempla que, con esta nueva infraestructura y nuevo personal, no disponible en el viejo edificio Monzón, el departamento pueda ofrecer servicios de instrumentación a otros departamentos e inclusive a la industria. Esta sería una entrada de ingresos adicional para el departamento que ayudará a subsidiar los costos del programa.

16. EVALUACIÓN

Se designará un Comité Evaluador del Programa Doctoral integrado por no menos de cinco miembros con doctorado que representen al departamento, al recinto y a la industria. Durante los primeros diez años, el programa será evaluado anualmente tomando en consideración los siguientes criterios: demanda por el programa, aprovechamiento de los estudiantes, retención, número de graduados, fondos externos obtenidos por la facultad para subvencionar sus investigaciones, número de presentaciones y publicaciones, costos del programa, recursos físicos, éxito de los egresados del programa en cuanto a oferta de empleo, impacto de los egresados en el desarrollo de Puerto Rico, entre otros. Se procurará obtener información de diversas fuentes: estudiantes, profesores, representantes de la universidad, industria y gobierno. Esto permitirá tomar acciones correctivas y hacer ajustes al programa, de ser necesario, durante ese período de desarrollo. Luego de los primeros diez años, el programa será evaluado cada cinco años usando los criterios arriba mencionados.

17. INFORMACIÓN ADICIONAL SOBRE EL PROGRAMA

Ver apéndices.