

# Biofísica. La ciencia y su enseñanza universitaria

GUILLERMO L. ALONSO

Ex Profesor Titular Plenario de la Cátedra de Biofísica en la Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires y Presidente de la Sociedad Argentina de Biofísica. Actualmente es Profesor Emérito de la Universidad de Buenos Aires, Investigador contratado por el CONICET y Miembro de la Academia Nacional de Odontología.

## EL NOMBRE DE LA ESPECIALIDAD Y SU CAMPO DE ESTUDIO

La Biofísica es una ciencia con identidad propia: estudia fenómenos biológicos con métodos físicos. Las sociedades de especialistas en la materia utilizan la denominación "Biofísica" y no "Física Biológica". Lo mismo ocurre con los nombres de cursos y asignaturas y con el nombre de las revistas especializadas. Por otra parte, la Física Biológica es una rama de la física aplicada a problemas biológicos. Quien mide potenciales eléctricos en membranas biológicas es un biofísico; quien diseña o construye el equipo de medida no, es un físico o un ingeniero. En la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires funciona un laboratorio de Electrónica Biomédica; sus miembros desarrollan equipos de uso en biología y medicina; no son biofísicos sino físicos o ingenieros que trabajan en física o ingeniería aplicada a la biología.

La Biofísica estudia problemas biológicos con métodos físicos. Es una rama de la biología. Los métodos físicos utilizados son tanto instrumentales como conceptuales. Los métodos físicos han sido decisivos en los grandes descubrimientos de la biología moderna.

La definición de la ciencia no sólo pasa por su metodología sino también por la naturaleza del problema biológico a estudiar, y por la actitud del científico para analizarlo o resolverlo. Muchos de estos problemas se centran en la relación entre el mecanismo del fenómeno biológico y la estructura molecular subyacente en el proceso. Algunos problemas se prestan, en mayor medida que otros, a su estudio con métodos físicos. En algunos casos la biofísica complementa otros campos de la investigación biológica tales como la bioquímica y la biología molecular, en otros profundiza los estudios de la fisiología tradicional. Los límites entre estas ciencias son a veces difusos, pero la observación del mismo fenómeno desde diferentes puntos de vista ayuda a mejorar el conocimiento del mismo.

## ALGUNAS CONTRIBUCIONES DE LA BIOFÍSICA A RECIENTES AVANCES DE LA BIOLOGÍA

Casi todos los problemas biológicos básicos pueden ser abordados desde la perspectiva biofísica. Se detallan algunas contribuciones de la biofísica a recientes avances de la biología.

*La estructura de macromoléculas biológicas.* La cristalografía de rayos X y su asociación con avances en microscopía electrónica y en procesamiento computadorizado de imágenes ha permitido analizar la estructura de macromoléculas biológicas con alta resolución y desarrollar hipótesis de asociación estructura-función para enzimas, canales iónicos, ADN, proteínas varias, virus, etc.

*Membranas biológicas, celulares y subcelulares.* Constituyen las barreras entre el interior y el exterior de las células y limitan compartimientos intracelulares. Las membranas controlan flujos de moléculas e iones, eliminación de desechos, síntesis de proteínas, transmisión de señales, etc. Las propiedades de las membranas han sido estudiadas con una amplia variedad de métodos físicos y fisicoquímicos. Desde hace más de un siglo se han aplicado a estos estudios las leyes fundamentales de la difusión y la ósmosis.

*Polímeros intracelulares.* La célula muscular es una organización cristalina de proteínas involucradas en la transformación de energía química en trabajo mecánico. El sistema permite relacionar la estructura molecular con la bioquímica de proteínas y la función macroscópica en una sola célula. Para los microtúbulos, los neurofilamentos y otros polímeros, también se establecen estas relaciones.

*Bioenergética.* La utilización de la energía, radiante solar o química, y su transformación en gradientes ióni-

cos que luego son utilizados en procesos que requieren energía, tales como la síntesis de macromoléculas y de especies químicas transportadoras de energía, la transmisión de señales y la acumulación de información.

*Neurobiología.* La generación y transmisión de señales eléctricas se conoce mecanísticamente por estudios cuantitativos. Se estudian diseños de computadoras basadas en modelos de funcionamiento de redes neuronales.

*Mecanismos íntimos de reacciones enzimáticas.* Los modelos cinéticos y termodinámicos de los ciclos catalíticos, la fisicoquímica de los sitios activos de las enzimas, los reactores enzimáticos aplicados a la tecnología farmacológica, y el acoplamiento de la tecnología del ADN recombinante con la determinación de la estructura enzimática (bioingeniería) que ha permitido obtener mutagénesis específicas y reglas para el diseño de proteínas.

*Fotobiología.* Las interacciones de las radiaciones, visibles o no, con los sistemas biológicos, y cómo la energía de los fotones es captada por las células.

*Motores moleculares.* Cómo moléculas individuales o pequeños polímeros transforman energía química, osmótica o eléctrica, en movimiento, en los seres vivos.

*Biofísica teórica.* Estudios aplicados de mecánica estadística, termodinámica de procesos irreversibles, predicción de estructuras de proteínas, modelos de aprendizaje y memoria, etc.

## LOS BIOFÍSICOS Y SU PREPARACIÓN

La identificación de un problema biológico con una interpretación física y su investigación constituyen el trabajo de los biofísicos. ¿Cómo se forman los biofísicos?

En algunos países existen grados académicos en biofísica: Doctores en Ciencias (o en Filosofía –Ph. D.–) con especialidad en Biofísica. Los cursos de grado para acceder al doctorado pueden ser de ciencias biológicas o fisico-matemáticas, de medicina, bioquímica, u otras. En nuestro país, la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de La Plata posee la especialidad Biofísica para graduados en Física, y la Universidad Nacional de Entre Ríos posee una Facultad de Bioingeniería en Paraná, en ambos casos desde épocas recientes. Los actuales especialistas en biofísica en la Argentina se han formado en facultades de ciencias de la salud, de ciencias naturales, o en el exterior.

Se aprecian dos procedencias de biofísicos: aquellos con formación básica en fisico-química y matemáticas

que luego realizaron cursos complementarios de biología y bioquímica, y aquellos con formación básica biológica o biomédica que completan su preparación con cursos de fisico-química y matemáticas.

La *Biophysical Society* de Estados Unidos ha efectuado recomendaciones para quienes deseen especializarse en la materia: preparación preuniversitaria (*college*) en biología, física, química y matemáticas (Biología: calular, molecular, genética, etc. Matemáticas: cálculo, ecuaciones diferenciales, álgebra lineal, análisis numérico, estadística, programación de computadoras). Idiommas, dado que la ciencia trasciende las fronteras nacionales. Estudios de grado universitario en escuelas de ciencias o de medicina, y para el último caso, con estadías en departamentos de biofísica, bioquímica, fisiología o biología celular. Durante el estudio de grado se deberá producir una pieza sólida de investigación original, que sea el fundamento de una Tesis Doctoral, y luego realizar investigación postdoctoral, si es posible en más de un laboratorio, antes de acceder a una posición estable.

¿Dónde trabajan los biofísicos? En medios académicos: en investigación científica o en docencia. En instituciones o empresas públicas o privadas. En organizaciones vinculadas a las ciencias de la salud (bioquímica, diagnóstico por imágenes, medicina nuclear, bioestadística, entre otras), o a la producción de bienes y servicios (farmacología, reactores enzimáticos, veterinaria y producción animal, agronomía, bioingeniería, etc).

## LA SOCIEDAD ARGENTINA DE BIOFÍSICA

La Sociedad Argentina de Biofísica fue fundada en 1972; es la sociedad de biofísica más antigua de Latinoamérica. La sociedad comenzó a funcionar, poco antes, como un grupo informal de científicos interesados en biomembranas y procesos de transporte, ATPasas y biofísica fisiológica, que luego se constituyó en la Sociedad Argentina de Biofísica. Esta sociedad fue aceptada, en 1973, como miembro de la *International Union for Pure and Applied Biophysics* (IUPAB), la sociedad internacional que agrupa a las sociedades nacionales de biofísica. La Sociedad Argentina de Biofísica mantuvo su afiliación a IUPAB hasta la actualidad, pese a los múltiples avatares económicos y políticos del país. Progresivamente, la sociedad incorporó a físicos y químicos interesados en problemas biológicos, ampliando sus áreas temáticas sin apartarse de la biofísica.

Desde su fundación, la Sociedad Argentina de Biofísica ha realizado reuniones científicas anuales ininterrumpidamente. En muchas ocasiones la sociedad organizó estas reuniones en forma independiente. Las reuniones consistieron, fundamentalmente, en la presentación de los trabajos científicos de los miembros,

en forma oral o en carteles, simposios sobre temas escogidos, a veces conferencias especiales, en ambos casos y a menudo con la participación de destacados especialistas del exterior. En estas reuniones se ha promocionado la participación de científicos jóvenes, otorgando premios o menciones al mejor trabajo presentado, o a la mejor Tesis de Doctorado en un tema de Biofísica.

La Sociedad Argentina de Biofísica siempre sostuvo la política de mantener comunicaciones y cooperaciones con otras sociedades científicas. De acuerdo a ella, ha co-organizado reuniones científicas con esas otras sociedades, entre ellas, con la Sociedad Argentina de Neuroquímica y con la Sociedad Argentina de Investigación Bioquímica; con esta última merecen mencionarse especialmente las coparticipaciones en la organización del IV Congreso Panamericano de Bioquímica (1984) realizado en Buenos Aires, y del congreso internacional *Bariloche Protein Symposium*, realizado en S. C. de Bariloche en 2003. En 2004 la sociedad fue participante del I Congreso Conjunto de Sociedades Biomédicas, realizado en Mar del Plata, acompañando a las sociedades argentinas de Investigación Clínica, Inmunología, Farmacología Experimental, Biología, Neuroquímica, y Fisiología.

En el plano internacional, la cooperación se ha efectuado con sociedades de biofísica de otros países, entre ellas, la *Associação Brasileira de Biofísica*, la Sección de Biofísica de la Sociedad de Biología de Chile, la *Société Française de Biophysique*. La *American Physiological Society* y la Sociedad de Biofísicos Latinoamericanos. Esta última sociedad agrupa a biofísicos de origen latinoamericano que trabajan en Estados Unidos, quienes desde esa sociedad mantienen vínculos con colegas de sus respectivos países, que a menudo se traducen en proyectos conjuntos de investigación u ofertas de posiciones académicas, entre otras actividades de intercambio.

La Sociedad Argentina de Biofísica organizó el primer Congreso de Biofísica del Cono Sur. Este primer encuentro con biofísicos de Brasil, Chile y Uruguay fue muy positivo ya que fue continuado por otras reuniones del mismo carácter realizadas en Chile (1987) y Brasil (1995 y 2000). La Sociedad Argentina de Biofísica organizó el III Congreso Iberoamericano de Biofísica, realizado en 1997 en Buenos Aires, que incluyó 9 conferencias plenarios, 18 simposios y aproximadamente 500 participantes; este congreso continuó las reuniones iberoamericanas de biofísica realizadas anteriormente en España (Sevilla) y en México (Puebla), y continuadas luego en España (Alicante).

En 2002 la Sociedad Argentina de Biofísica organizó el XIV *International Biophysics Congress*, con el auspicio de la *International Union for Pure and Applied Biophysics*. Se trató del primer congreso de la unión internacional realizado en el hemisferio sur. El congreso incluyó 6 confe-

rencias plenarios –2 de ellas a cargo de Premios Nobel– 27 simposios y más de 500 comunicaciones libres; contó con la asistencia de más de 800 participantes provenientes de más de 30 países.

La Sociedad Argentina de Biofísica ha organizado o auspiciado otros eventos científicos internacionales, tales como la Primera Escuela Latinoamericana de Biofísica (La Plata, 1986), y la Primera Escuela de Biofísica del Cono Sur (Buenos Aires, 1994), y los simposios internacionales *Oxygen Radicals in Biochemistry, Biophysics and Medicine* (Buenos Aires, 1994), *New tools in membrane transport studies* (Buenos Aires, 1994), *Theoretical and experimental aspects of protein folding* (San Luis, 1996), y la VIII<sup>th</sup> *International Conference on the Na,K-ATPase and related transport ATPases* (Mar del Plata, 1996).

## BIOFÍSICA. ESTADO DEL ARTE

¿Cuál es el *estado del arte* de la ciencia *Biofísica*? ¿En qué áreas o temas se centran las investigaciones actuales? ¿Dónde se sitúa la frontera del conocimiento? Es posible aproximarse a la contestación de estas preguntas observando el programa temático del último congreso de la *International Union for Pure and Applied Biophysics* comentado arriba.

Las conferencias plenarios versaron sobre:

- Detección de receptores de membrana plasmática por microscopía de fluorescencia cuantitativa.
- Cristalografía de ribosomas.
- Predicción de estructuras proteicas.
- Visualización de la transducción de señales y de las interacciones proteicas en células vivas.
- El mecanismo rotacional de la ATP sintasa.
- El plegado de las proteínas en las membranas.

Los 27 simposios realizados en ese congreso fueron agrupados en 6 grandes temas:

- Estructuras macromoleculares: incluyendo, entre otros, simposios sobre interacciones lípido-proteína, dinámica y función de ácidos nucleicos.
- Biomembranas: bioenergética y fotosíntesis, transporte activo, canales, biofísica de los receptores.
- Biofísica celular: motores moleculares, biofísica del agua, comunicaciones intercelulares.
- Biofísica teórica y bioinformática: diseño de proteínas, análisis de sistemas complejos.
- Métodos biofísicos en diagnóstico y tratamiento: diagnósticos por imágenes, terapias oncológicas, exploración visual del cerebro.
- Biofísica aplicada: nanomecánica, biofísica de moléculas individuales, enseñanza de la biofísica.

Los mencionados constituyen los grandes temas de investigación actual en biofísica.

## LA ENSEÑANZA DE LA BIOFÍSICA

La problemática de la enseñanza de la biofísica en el nivel de grado universitario es diferente, según se trate de facultades o carreras en bioquímica, biología, agronomía, bioingeniería, o de facultades o carreras de medicina, odontología, veterinaria.

Para el primer grupo de carreras, biofísica y/o biofisiocoquímica es una materia para estudiantes adelantados, que ya poseen sólidos conocimientos de matemáticas, física, química y biología. La asignatura es formativa e informativa; la enseñanza impartida suele ser de aplicación directa a la futura práctica profesional.

En las facultades de medicina, odontología y veterinaria la asignatura es sólo formativa. Se cursa en los primeros años de las carreras, y los alumnos poseen escasa preparación en matemáticas, física y química. Es común la falta de vocación para este tipo de materias en los alumnos de estas facultades. El objetivo de la enseñanza, como para las otras ciencias biológicas básicas, es brindar al alumno fundamentos de biología que le permitan abordar el estudio de asignaturas posteriores, más directamente relacionadas con su futura práctica profesional, y contribuir a formar graduados que durante su actividad profesional sean receptores inteligentes del progreso de los conocimientos. Las materias básicas no pretenden brindar conocimientos de aplicación a problemas profesionales puntuales.

La relación entre biofísica y fisiología es particular. Por una parte, los cursos de biofísica deben proveer las bases físicas para el estudio de la fisiología (como ejemplos, la aplicación de las leyes físicas de la circulación de la sangre a la fisiología circulatoria, el estudio de la fisicoquímica de soluciones y su aplicación a la fisiología del medio interno, entre muchos otros). Por otra parte, el campo de investigación original en fisiología se ha desplazado progresivamente hacia la biofísica, la bioquímica y la biología celular y molecular; la metodología científica tradicional en fisiología, la de C. Bernard, Cannon y Houssay, ya ha dado sus mejores frutos. La biofísica de pregrado en las facultades de ciencias de la salud se orienta casi exclusivamente en el primero de los sentidos, es decir, como apoyo de la fisiología. Por ello, el dictado de biofísica debe ser previo o simultáneo al de fisiología. En las facultades de ciencias biológicas, físicas y bioquímicas, se orienta en el segundo sentido, y en ellas el dictado de cursos de biofísica es posterior y profundiza cursos de fisiología, que son más elementales que en las facultades de ciencias de la salud.

La Sociedad Argentina de Biofísica ha organizado simposios sobre Enseñanza de la Biofísica. El primero de ellos se realizó en la Cátedra de Biofísica de esta Facultad de Odontología en 1991. Asistieron más de 30 profesores que dictan la materia en facultades de Agronomía, Biología, Bioingeniería (ingeniería), Ciencias Exactas, Farmacia y Bioquímica, Química, Medici-

na, Odontología y Veterinaria, en las Universidades de Buenos Aires, Cuyo, Entre Ríos, La Plata, Litoral, Rosario, San Luis y Tucumán. El temario fue dividido en dos partes, una de ellas a cargo de profesores en facultades de ciencias *duras* y la otra de profesores de ciencias de la salud. Los párrafos precedentes figuraron entre las conclusiones generales del simposio. Un segundo simposio sobre Enseñanza de la Biofísica fue realizado en el Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos (CONICET) en La Plata, y contó con la misma calificada y nutrida asistencia. Aquí el tema fue específico y se abordó la enseñanza de la Bioenergética en estas asignaturas.

### LA ENSEÑANZA DE BIOFÍSICA EN LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

La enseñanza de la biofísica siempre ha estado presente en la currícula de la Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires, desde su creación en 1946 hasta la actualidad.

Anteriormente, en la Escuela de Odontología de la Facultad de Ciencias Médicas, las materias básicas estaban integradas a las materias correspondientes de la carrera de Medicina. Biofísica estaba integrada en la materia Fisiología con Química y Física Biológicas, cuyo dictado estaba a cargo del personal del Instituto de Fisiología dirigido por el Dr. Bernardo Houssay. Con la creación de la Facultad las diferentes cátedras se independizaron de las de Medicina. La cátedra de Fisiología con Química y Física Biológicas, en la Facultad de Odontología estuvo a cargo, inicialmente y por breve tiempo, del Dr. Houssay, y luego su Profesor Titular fue el Dr. Horacio Rubio. El Dr. Rubio era Profesor Adjunto y destacado investigador en el área de la gastroenterología, en el Instituto de Fisiología. El personal docente de la cátedra estuvo inicialmente integrado por profesionales odontólogos que revistaban en el Instituto de Fisiología, entre ellos el Dr. Juan C. Muraccioli, Profesor Adjunto, quien tenía a su cargo la enseñanza de la parte de Física Biológica de la materia. Como consecuencia de avatares políticos nacionales y universitarios, entre 1955 y 1956 la cátedra de Fisiología con Química y Física Biológicas perdió a sus profesores, titular y adjuntos, y a buena parte del personal docente auxiliar. Luego de dos breves interinatos, en 1958 fue designado el Dr. Alberto B. Houssay en el cargo de Profesor Titular.

El Dr. A. Houssay promovió la investigación tanto en áreas de Fisiología como de Química y Física Biológicas, reclutó jóvenes odontólogos con vocación por la investigación y atrajo a otros profesionales con formación afín; se trató de orientar las investigaciones hacia temas de interés odontológico, dentro de áreas de rele-

vancia biomédica general. No se descuidó la docencia; en el área de Física Biológica se incorporaron a los programas temas de nucleónica biológica de reciente desarrollo a nivel internacional. El Dr. A. Houssay fue Profesor Titular de Fisiología con Química y Física Biológicas hasta 1970, año en que fue designado Profesor Titular en la Cátedra de Fisiología de la Facultad de Medicina. Lo sucedió en el cargo el Dr. Carlos E. Bozzini. La enseñanza de la Física Biológica estuvo a cargo del Dr. Guillermo L. Alonso, Profesor Adjunto desde 1969. La enseñanza de Fisiología, Química Biológica y Física Biológica se fue haciendo progresivamente en forma más independiente. Los docentes se especializaron en alguna de las áreas. En algunos años (1974 y 1975) Química y Física Biológicas se dictaron en primer año de la carrera, permaneciendo Fisiología en el segundo año. Estas modificaciones repercutieron administrativamente; los alumnos adquirían su regularidad en forma independiente en cada laboratorio de la cátedra, y los exámenes finales también se rendían independientemente, aunque en un acto único (en el que eventualmente podía aprobarse una parte de la materia y desaprobarse otra). La materia se aprobaba luego de aprobar los tres exámenes finales. Finalmente, y en el marco de otras modificaciones en el plan de estudios de la carrera, en 1979 se crearon las cátedras de Biofísica y de Bioquímica General y Bucal, independientes de la cátedra de Fisiología. Contribuyeron a estas modificaciones los grandes avances en cada una de estas ciencias, lo que obligó a los docentes a su especialización, el hecho de que en la Facultad de Medicina ya existían cátedras independientes de Bioquímica y de Biofísica, la opinión estudiantil en favor de cursos y exámenes independientes, dada la extensión de la materia, y cierto desorden administrativo proveniente de la relativa independencia previa de los cursos.

El Dr. Guillermo L. Alonso fue el primer Profesor Titular de Biofísica, inicialmente con carácter interino –1979-1982–, y luego por concurso –1982–, que fue revalidado en 1989 y 1998. Tras la jubilación del Dr. Alonso en 2002, el Dr. Jorge E. Ponce Hornos fue designado profesor titular de la Cátedra de Biofísica.

El programa de la materia se adaptó al continuo progreso del conocimiento y a los cambios curriculares de la carrera. Se mencionó más arriba la temprana inclusión de los temas de nucleónica biológica, antes de la creación de la cátedra de Biofísica. Se hizo cierto énfasis en la resolución cuantitativa de problemas biológicos, teniendo en cuenta que en ninguna otra materia de la carrera existe una aproximación matemática a las ciencias biológicas; en este contexto también se incluyó a la estadística. Desde la década de los '70 se incluyeron en los programas los recientes conocimientos en bioenergética y los fenómenos de transporte en membranas biológicas, y desde comienzos de los '80 las aplicacio-

nes de la informática y la computación. En años más recientes se incorporaron los avances significativos en biofísica celular y molecular.

Además de la docencia de grado, la cátedra de Biofísica ha realizado docencia de posgrado en forma sistemática. La cátedra ha organizado cursos de posgrado, e independientemente sus docentes han participado en cursos organizados por otras cátedras de la facultad, o por otras instituciones. Por su continuidad en el tiempo merecen mencionarse los cursos de informática y computación, realizados anualmente en la cátedra –con escasa discontinuidad– desde 1980, y los cursos de radiofísica sanitaria, desde 1994, en colaboración con la cátedra de Radiología y el Ministerio de Salud Pública de la Nación –este curso habilita a los odontólogos a instalar equipos de radiodiagnóstico en sus consultorios–. La organización o la participación de los docentes de la cátedra en cursos de postgrado de metodología de la investigación científica y de bioestadística también ha sido intensa.

### LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN LA CÁTEDRA DE BIOFÍSICA, FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Los docentes de la cátedra de Biofísica de la Facultad de Odontología, Universidad de Buenos Aires, han desarrollado actividades de investigación científica original en temas de biofísica y áreas estrechamente relacionadas (Fisiología, Bioquímica, Farmacología).

Inicialmente, los docentes de la cátedra fueron exdocentes de Física Biológica de la Cátedra de Fisiología con Química y Física Biológicas. Sus temas y trabajos de investigación continuaron los realizados en la ex-cátedra. La progresiva renovación del plantel docente introdujo nuevos temas de trabajo. En líneas generales, el Dr. G. Alonso ha trabajado en temas relacionados con el transporte de iones, particularmente calcio, en membranas biológicas, y esa ha sido la línea fundamental de los trabajos realizados desde la creación de la cátedra. El profesor titular actual, Dr. J. E. Ponce Hornos, es experto en temas de bioenergética y calorimetría tisular. Entre los trabajos de interés odontológico se cuentan varias publicaciones referentes al transporte de calcio en membranas de glándulas salivales, y otras referentes a los efectos de anestésicos locales de uso odontológico sobre el transporte de calcio en tejido muscular.

La cátedra ha contado con docentes que simultáneamente han sido investigadores del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Actualmente 5 docentes de la cátedra son investigadores del CONICET. Además, en diferentes períodos, la cátedra ha contado con muchos docentes que realiza-

ban investigación científica en otros laboratorios, en temas afines a la biofísica.

La cátedra ha sido lugar de trabajo de tesis de la Universidad de Buenos Aires. En los últimos 10 años se han presentado en la Facultad de Odontología, y aprobado, 8 Tesis de Doctorado de la Universidad de Buenos Aires, realizadas total o parcialmente en la cátedra.

La cátedra ha sido lugar de trabajo de becarios de instituciones públicas y privadas, que han realizado trabajos de investigación bajo la dirección de los Dres. G. L. Alonso o J. E. Ponce Hornos.

La cátedra ha contado regularmente con subsidios para la investigación científica, otorgados principalmente por la Universidad de Buenos Aires, CONICET, la Administración Nacional para la Promoción de la Ciencia y de la Técnica (ANPCYT), y otras institucio-

nes. Los mismos se han aplicado a los gastos de consumo de las tareas de investigación y a la adquisición y mantenimiento de equipos.

Tres profesores o ex-profesores de la cátedra han sido presidentes de la Sociedad Argentina de Biofísica.

La cátedra ha mantenido relaciones fluidas con laboratorios de investigación del exterior que han permitido la realización de pasantías, visitas e intercambios de investigadores.

Los trabajos realizados en la cátedra han sido presentados en importantes reuniones científicas nacionales e internacionales, y publicados en revistas científicas de reconocida jerarquía internacional, tales como *American Journal of Physiology*, *Biochimica et Biophysica Acta*, *Biophysical Journal*, *Journal of Biological Chemistry*, *Journal of General Physiology*, *Journal of Theoretical Biology*, entre otras.