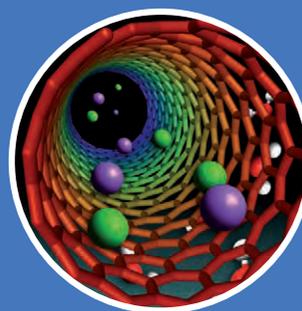
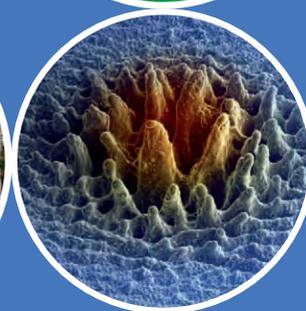
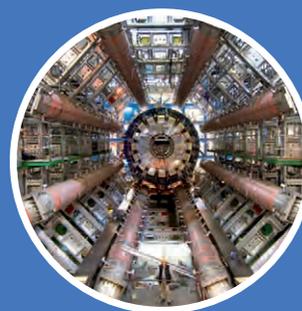




PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

Física UC investigación y postgrado

FACULTAD DE FÍSICA
INSTITUTO DE
FÍSICA





INTRODUCCIÓN

1. Instituto de Física UC: Clave de nuestra escena científica

El trabajo realizado en docencia e investigación, durante 50 años, ha hecho de esta unidad académica, una institución de excelencia reconocida a nivel nacional e internacional. Su prestigio es el fruto de la dedicación, profesionalismo y excelencia de su planta académica y administrativa.

La Física es una disciplina tradicional en la cultura y activamente cultivada por las mejores universidades del mundo, pues sin duda forma parte esencial del desarrollo sustentable de las actuales sociedades del conocimiento. El nuevo Instituto de Física UC nace en la Facultad de Física a partir del Departamento de Física, y es la unidad académica cuyo objetivo es realizar investigación, impartir docencia, divulgar y prestar servicios relacionados con las Ciencias Físicas. Dichas actividades se llevan a cabo tanto dentro como fuera de la UC.

El trabajo realizado en docencia e investigación, durante 50 años, ha hecho de esta unidad, una institución de excelencia reconocida a nivel nacional e internacional. Su prestigio es el fruto de la dedicación, profesionalismo y excelencia de su planta académica y administrativa. Muestra de ello es el creciente desarrollo de las actividades de investigación, las cuales han contado con el financiamiento de diversas agencias nacionales e internacionales. Junto con la adjudicación sostenida de proyectos Fondecyt, se ha producido un gran número de publicaciones en revistas internacionales (ISI), en un desarrollo que ha sido exponencial a partir de los años ochenta. A su vez, se han potenciado diversos programas de postgrado que incluyen al magíster y el doctorado en Física, con sus variantes experimental y teórica, y la reciente creación del programa Magíster en Física Médica pionero en Chile.

El excelente momento por el cual pasa el Instituto de Física se refleja, además, en el creciente nivel de su planta académica. De los 33 profesores de jornada completa que inte-

gran su planta académica ordinaria, el 100% poseen el grado de doctor, en muchos casos obtenido en prestigiosas universidades de EE.UU. y Europa, y más del 40% proviene de diversos países, incluidos Alemania, Argentina, Cuba, Ecuador, España, India e Inglaterra. Esta sinergia de talentos genera un ambiente único de diversidad cultural y excelencia académica. Además, dentro de la planta académica adjunta, se puede destacar la presencia de más de 10 profesores de jornada parcial, quienes apoyan la creciente demanda de la docencia requerida en la UC.

A través del presente documento, que hemos dirigido especialmente a la comunidad académica y científica chilena –sus autoridades, estudiantes, profesores e investigadores– queremos presentar nuestro Instituto, su historia, sus áreas de investigación, sus programas de postgrado y su importancia en la escena científica actual y futura de Chile.

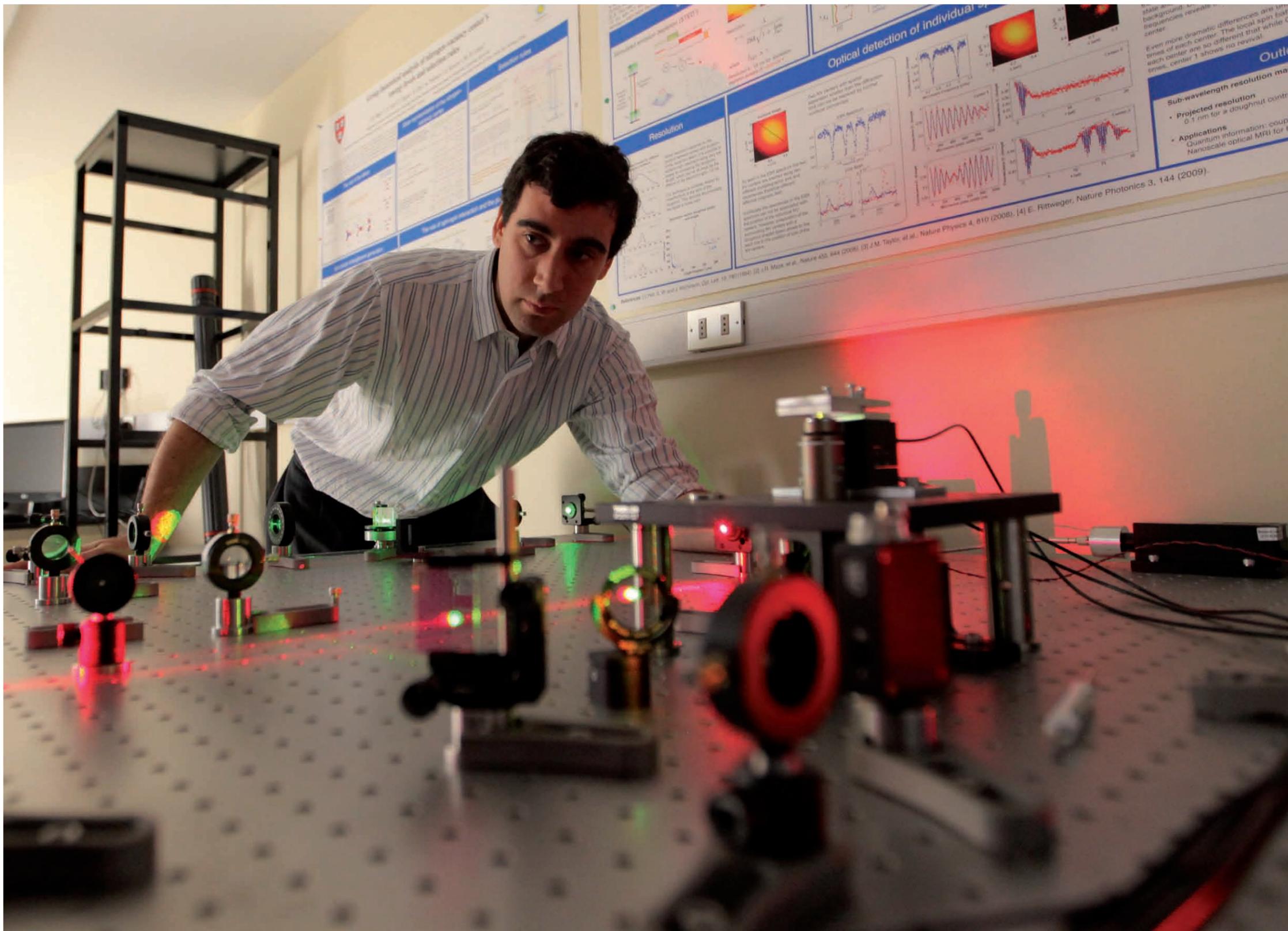


Prof. Dr. Marcelo Loewe.



MARCELO LOEWE
Profesor director

ὁ Θεὸς φῶς ἐστὶν καὶ σκοτία ἐν αὐτῷ οὐκ ἐστὶν οὐδεμία (1 Jn 1:5)



EN LOS LABORATORIOS de Investigación del Instituto de Física UC, y por primera vez en Chile, se realizan mediciones magnéticas de partículas a escala atómica.

CONTEXTO

2. Referente nacional e internacional

La disciplina de la Física en la Universidad Católica se ha cultivado desde la creación de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas por el rector Monseñor Mariano Casanova, en el año 1900. Uno de los primeros profesores de Física en la UC fue Ramón Salas Edwards (1880-1954), quien también se desempeñó como decano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (1918-1924).

LOS COMIENZOS

A comienzos de 1963 se fundó la Escuela de Física, bajo la dirección de Carlos Rivera Cruchaga y con ella la Licenciatura en Física, la que ha graduado a cientos de alumnos en sus 50 años de funcionamiento. Después de los procesos de reforma de 1967, se creó el Instituto de Física (1969) como parte del Área de Ciencias Exactas. Posteriormente se creó la Facultad de Ciencias Exactas (1970) y más tarde la Facultad de Física en 1982, siendo su primer decano el profesor Ricardo Ramírez Leiva, actualmente Profesor Emérito. Uno de los hitos más importantes de la Facultad de Ciencias Exactas fue la creación del Programa de Postgrado en Ciencias (PEPCE), en

El nuevo Instituto de Física UC nace a partir del Departamento de Física creado en 1996 y se consolida hoy como un referente en la investigación y formación de capital humano avanzado en Chile.



1972, dando origen –entre otros– a los programas de Magíster y Doctorado en Física.

A partir de la década de los ochenta, varios factores impulsaron la investigación y docencia en Física en la UC. Entre ellos podemos mencionar la creación de la Facultad de Física en 1982; el surgimiento, en 1981, del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Fondecyt; la Fundación Andes, en 1986 –que por más de 20 años apoyó distintas formas la investigación científica en Chile– y el apoyo del Programa de Cooperación Internacional PNUD-Unesco (1985-1987).

CONSOLIDACIÓN

Como resultado, la Física en la UC se consolida hoy como un referente en la investigación y formación de capital humano avanzado en Chile. En 1990, a través del Programa de Fortalecimiento de la Física Experimental, financiado por la Fundación Andes y gestionado por la Sociedad Chilena

de Física (SOCHIFI), los laboratorios de Física de Plasmas y de Materia Condensada de la Facultad recibieron equipamiento necesario para desarrollar investigación de vanguardia en Chile. Esta iniciativa fue apoyada por la universidad, con la construcción del nuevo Edificio de Física Experimental, inaugurado a fines de 1992, en el cual actualmente se ubica la mayor parte de los laboratorios de investigación.

Siguiendo las directrices de su Plan de Desarrollo, el Departamento de Física tuvo un crecimiento sostenido desde su creación en 1996, el cual incluye una importante renovación de su planta académica. Además de los Programas de Magíster y Doctorado en Física (ya existentes) se creó el Magíster en Física Médica, apoyado por un Proyecto Mecesup y por un convenio con la Universidad de Heidelberg. Dicho proyecto permitió, a su vez, la incorporación de nuevos académicos en esta área.

Recientemente se creó el Magíster en Física Médica, apoyado por un Proyecto Mecesup y por un convenio con la Universidad de Heidelberg.



EL NUEVO EDIFICIO HERNÁN CHUAQUI une los edificios de Física Teórica y Experimental y alberga nuevas oficinas, laboratorios docentes y de investigación.



La Física en la UC

Ramón Salas Edwards fue uno de los primeros profesores de Física de la UC.



1900

Se crea la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, bajo la rectoría de Monseñor Mariano Casanova.

1963

Se inaugura la carrera de Licenciatura en Física UC.



La Escuela de Física estaba albergada en una casa particular del decano Raúl Devés ubicada en Ricardo Lyon 520.

Rolando Chuaqui K., primer decano de la Facultad de Ciencias Exactas.



1970

La Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas se divide en Facultad de Ingeniería y Facultad de Ciencias Exactas. El Instituto de Física pasa a depender de la Facultad de Ciencias Exactas.

1982

Se crea la Facultad de Física, cuyo primer decano fue Ricardo Ramírez, actualmente Profesor Emérito. A partir de este momento, la Física en la UC tiene un intenso desarrollo.



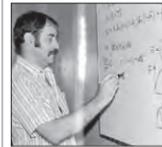
El decano Jorge Krause despidió a Ricardo Ramírez después de su primer periodo, el año 1989.

Los profesores Alejandro Cabrera y Ulrich Volkmann muestran los laboratorios experimentales al Premio Nobel de Física 1985, Klaus von Klitzing.



1990

A través del Programa de Fortalecimiento de la Física Experimental, financiado por la Fundación Andes fundada en 1986 y gestionado por la SOCHIFI, los laboratorios reciben importante equipamiento.



Miguel Kiwi fue el primer director del Departamento de Física UC.

1996

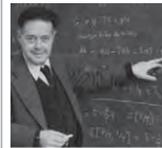
Se crea el Departamento de Física al interior de la Facultad de Física.

El profesor Hernán Chuaqui fue presidente de la SOCHIFI entre los años 1995 y 1998.



1962

Se crea la Escuela de Física, dirigida por Carlos Rivera Cruchaga.



El profesor Carlos Rivera promovió la creación de escuelas de física no solo en la UC, sino también en diversas universidades chilenas.

1965

Se funda la Sociedad Chilena de Física (SOCHIFI). Varios profesores del Instituto de Física UC han sido presidentes en los últimos 20 años.

1975

Ninoslav Bralic y María Cristina Depassier obtienen los dos primeros grados de Magister en Física de la UC.



Ninoslav Bralic fue profesor UC hasta su fallecimiento, el año 1999. María Cristina Depassier es actualmente decano de la Facultad de Física.

La Dra. en Física Zdenka Barticevic fue destacada profesora titular de la Universidad Técnica Federico Santa María hasta el momento de su fallecimiento, el año 2010.



1986

Primera graduada del programa de Doctorado en Física UC, Dra. Zdenka Barticevic.

1992

Se inaugura el Edificio de Física Experimental. Además, se firma un convenio con la Facultad de Ingeniería para que sus estudiantes puedan obtener al mismo tiempo el título de Ingeniero y el grado de Magister en Física.



El decano Jorge Krause inaugurando el edificio de Física Experimental.

Rafael Benguría recibe el Premio Nacional de Ciencias Exactas de manos del Presidente de la República, Ricardo Lagos.



2005

Rafael Benguría, profesor titular de la Facultad de Física UC, obtiene el Premio Nacional de Ciencias Exactas.

2007

Miguel Kiwi obtiene el Premio Nacional de Ciencias Exactas.



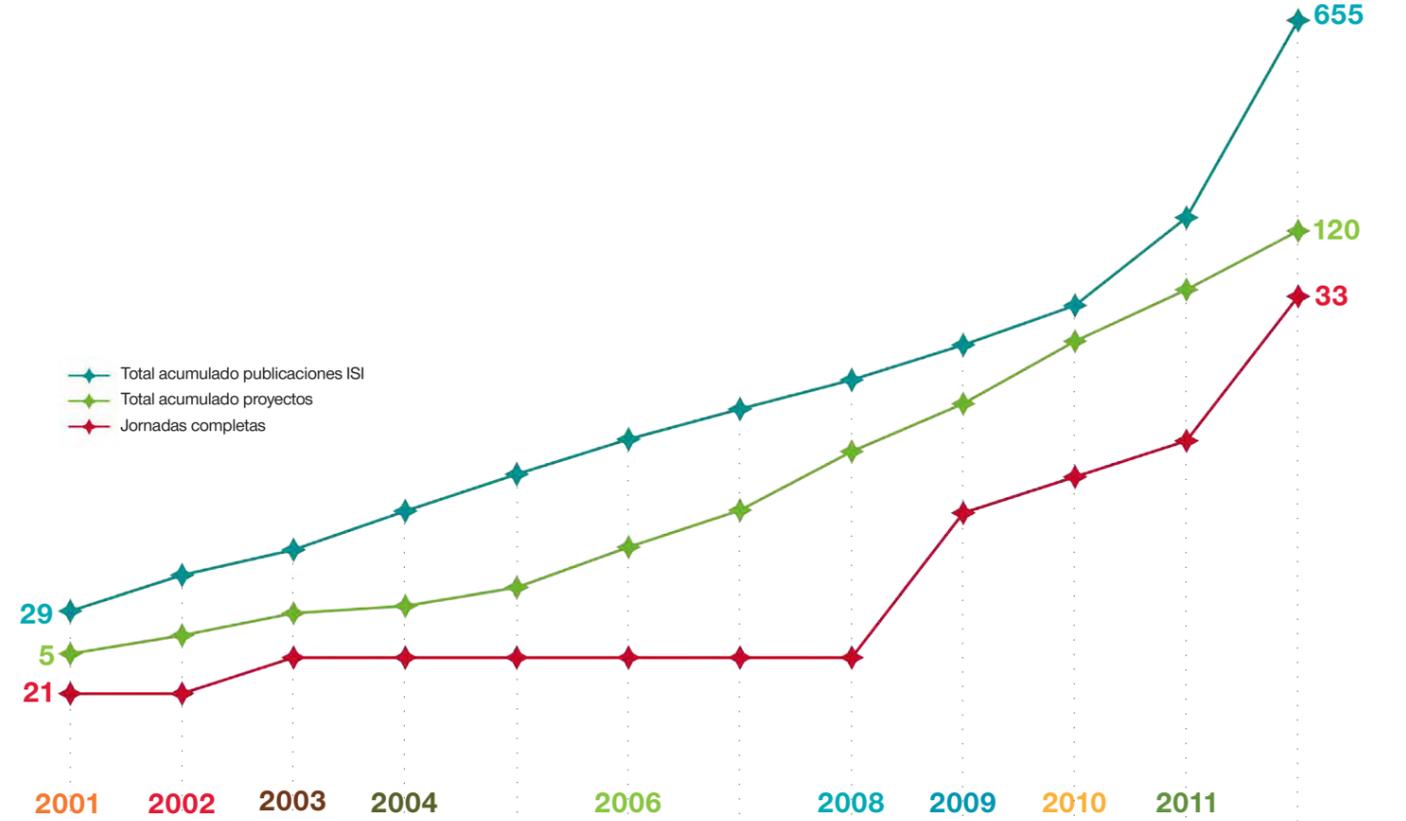
Miguel Kiwi en la actualidad es profesor de jornada parcial en la Universidad de Chile.

Estudiantes de la UC trabajan en el acelerador lineal para tratamientos de radioterapia de la Clínica Alemana de Santiago.



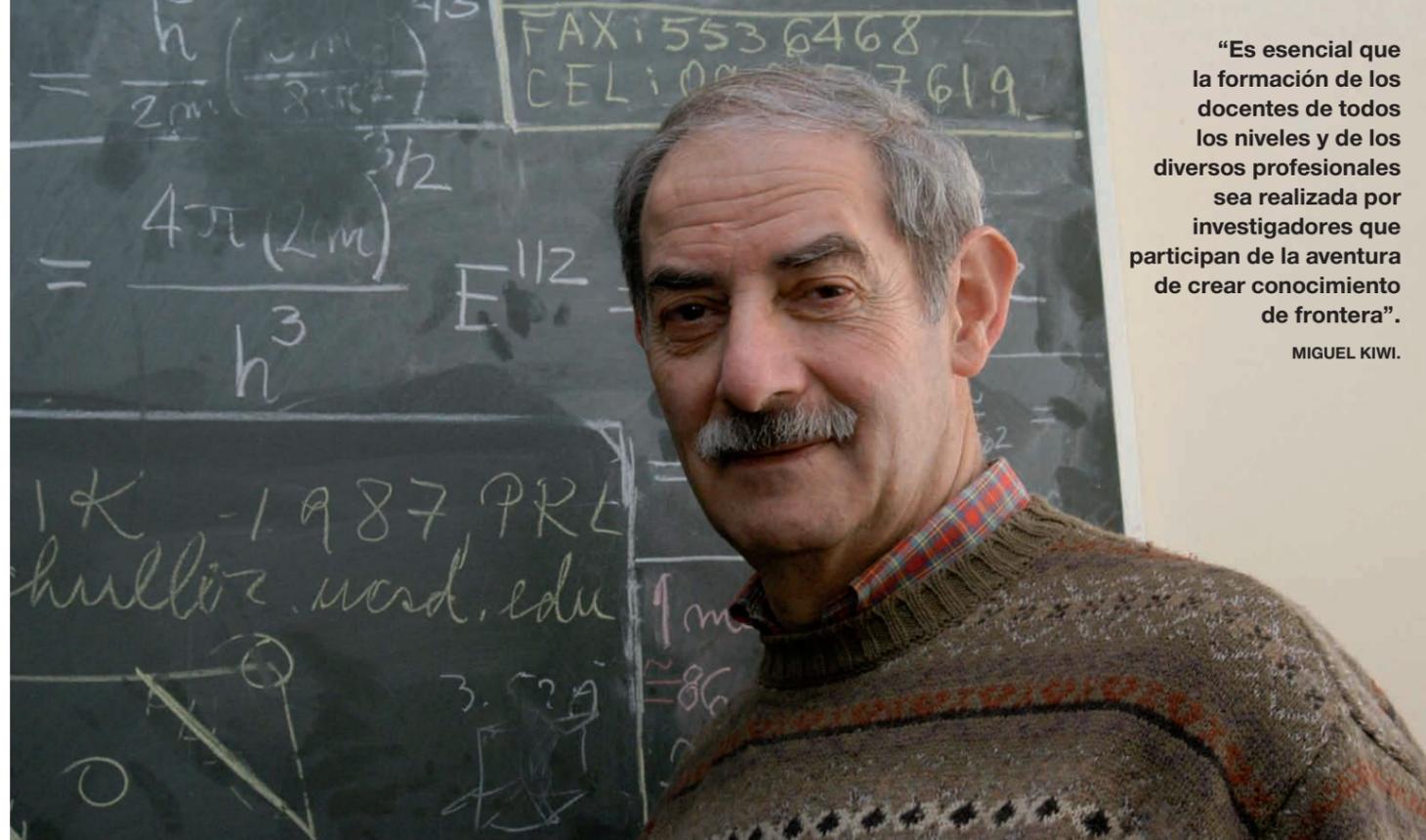
2012

Comienza el programa de Magister en Física Médica con doble titulación en conjunto con la universidad alemana de Heidelberg.



“Necesitamos, como país, que cada uno de ustedes tome su camino y lo haga lo mejor posible en lo que quiera que haga, pero el desafío es que piensen en su comunidad, en la gente que los rodea”.

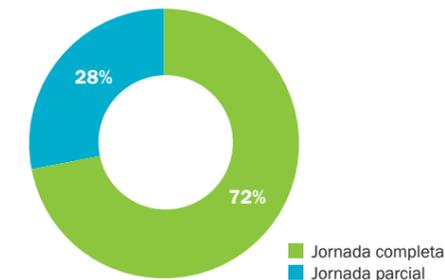
RAFAEL BENGURIA.



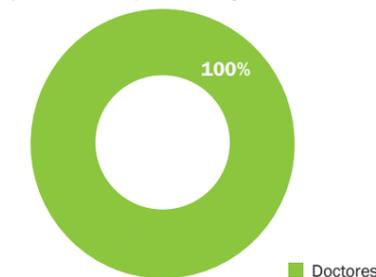
“Es esencial que la formación de los docentes de todos los niveles y de los diversos profesionales sea realizada por investigadores que participan de la aventura de crear conocimiento de frontera”.

MIGUEL KIWI.

DOCENCIA EN LA UC. Profesores de jornada parcial y completa.



EXCELENCIA ACADÉMICA. Profesores de jornada completa con grado de Doctor.



Aporte al país y al mundo

Actualmente, el Instituto de Física UC realiza investigación teórica y experimental en las siguientes áreas: Física Médica, Física Matemática, Física de Plasmas, Física de Altas Energías, Física de la Materia Condensada y Óptica Cuántica.

Las actividades de investigación han sido financiadas por diversas fuentes tanto de Chile –Fondecyt, Mecesp, Anillos PBCT/Conicyt, Iniciativa Científica Milenio, Fondef, financiamiento Basal/Conicyt, Cátedras Presidenciales en Ciencia, entre otras– como del extranjero –ECOS/Conicyt, CNRS/Conicyt, Royal Society (UK), DFG/Conicyt,

DAAD/Conicyt, Volkswagen Stiftung (Alemania), NSF (US), entre muchas otras–.

En el pasado reciente, dos académicos han sido distinguidos con el Premio Nacional de Ciencias Exactas (Rafael Benguria en 2005 y Miguel Kiwi en 2007), uno fue nombrado en la Royal Society de Sudáfrica, varios han obtenido Becas Guggenheim y han sido elegidos miembros a la Academia Chilena de Ciencias.

Por otra parte, los programas de Magister y Doctorado en Física han sido notablemente exitosos a nivel nacional e internacional. Muchos de sus

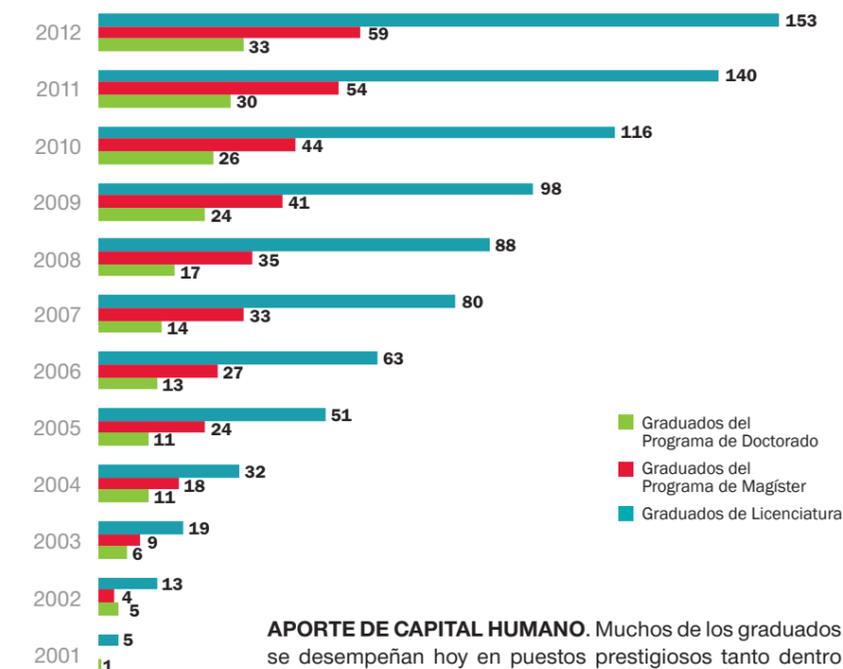
graduados se desempeñan en puestos prestigiosos tanto en el país como en el extranjero, y hay varias líneas de investigación en Física en Chile en las cuales la contribución formativa de la UC ha sido fundamental: Materia Condensada, Óptica Cuántica y Física de Plasmas.

El incremento y renovación de la planta académica, el fortalecimiento de las líneas existentes de investigación y la creación de nuevas áreas y nuevos programas como el Magister en Física Médica han producido un fuerte incremento en la producción científica y en la obtención de fondos competitivos.

Recientemente, dos académicos han sido distinguidos con el Premio Nacional de Ciencias Exactas: Rafael Benguria en 2005 y Miguel Kiwi en 2007.

A su vez, esta unidad académica está inserta en diversas redes de colaboración internacional, lo que permite un intercambio de investigadores y estudiantes de postgrado.

Su capacidad y profesionalismo, sumados al gran compromiso de administrativos, estudiantes y académicos, posicionan al Instituto de Física UC como un referente a nivel nacional e internacional. Sin duda, el dinamismo que muestra actualmente, más el apoyo de la universidad y de las agencias de incentivo a la investigación, nos permitirán hacer contribuciones aún más importantes al desarrollo de nuestro país.



APORTE DE CAPITAL HUMANO. Muchos de los graduados se desempeñan hoy en puestos prestigiosos tanto dentro del país como en el extranjero.



3.

RESEÑAS

RESEÑAS

3.1 Hernán Chuaqui: Un Físico de la vida

“Un hombre bueno, siempre dispuesto a hacer las cosas bien”, dicen sus colegas, quienes lo extrañan y a quienes no solo guió en lo académico sino también en la vida.

Hernán Humberto Chuaqui Kettlún nació el 3 de noviembre de 1943 en el seno de una familia fuertemente ligada a la UC, donde se desempeñó como profesor de la Facultad de Física, impartiendo docencia a estudiantes de Física, Ingeniería y Construcción Civil, entre otros.

Obtuvo su título de ingeniero civil eléctrico en la Universidad de Chile (1969) y comenzó allí su carrera docente. Tras doctorarse en el Imperial College de la Universidad de Londres –donde también fue profesor auxiliar por dos años– vuelve en 1980 a establecerse en la UC, donde la primera tarea a la cual se abocó fue a la formación de un laboratorio de plasmas.

Ya en su tesis profesional había manifestado su preferencia por el cuarto estado de la materia, la línea de investigación que lo cautivó desde siempre, junto a la holografía y la óptica aplicada. Mostrando de inmediato su sello como líder y creador de equipos, el

profesor Chuaqui logró el apoyo de la universidad y de distintos proyectos y donaciones de instituciones extranjeras, como el Culham Science Centre y el Imperial College, creando el Laboratorio de Plasmas UC, y que funciona hasta hoy en el Instituto de Física.

Reclutó a un equipo de investigadores que formaron lo que actualmente se conoce como el Grupo de Óptica y Plasmas que, desde su consolidación durante la primera mitad de los años 80 hasta la actualidad, ha mantenido en promedio casi tres proyectos Fondecyt funcionando en paralelo. Al momento de su partida, el grupo había desarrollado 11 tesis de doctorado, 9 de magíster y 30 de licenciatura; publicado más de 90 trabajos en revistas especializadas ISI, concluido 30 proyectos Fondecyt y participado de más de 140 presentaciones en conferencias internacionales. Todos ellos, números importantes si las cifras se analizan en el contexto de un país pequeño como Chile.

Durante sus 32 años de vida académica, el profesor Hernán Chuaqui siempre evidenció su pasión por la Física. “La Física está en todos los fenómenos de la vida diaria, no solo escondida en un laboratorio”, solía decir.

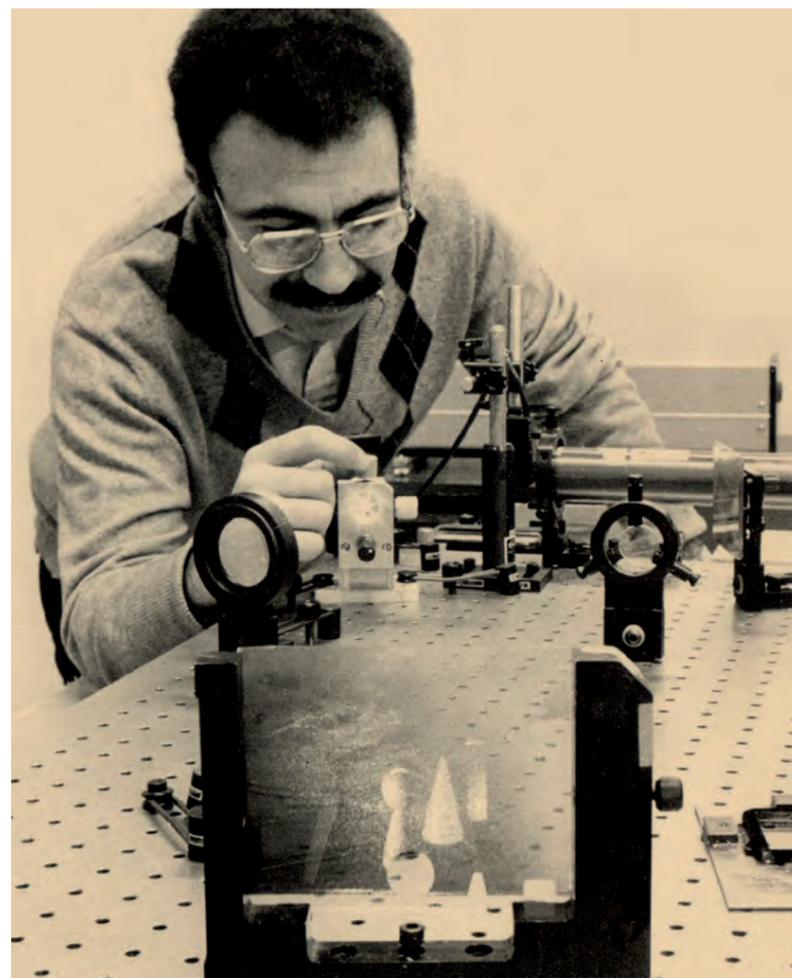
Un ejemplo de ello fue su recordado curso de “Física en la Cocina”, donde –como buen aficionado a la cocina que era– hablaba sin inmutarse de las propiedades de los alimentos desde su mi-

rada: “En el proceso de evaporación la pérdida de agua nos permite preparar deliciosas papas soufflé o las populares cabritas, pero también puede marcar la diferencia a la hora de mezclar diversas emulsiones, como es el caso de la mayonesa”, explicaba con académica reflexión a los interesados estudiantes que atiborraban su cátedra.

Otra muestra de este interés por llevar la Física a la vida diaria fue el sistema de iluminación que desarrolló especialmente para la sala de textiles del Museo Chileno de Arte Precolombino junto con el también profesor del Instituto de Física UC, Edmund Wyndham, y el técnico electrónico de la Facultad de Física, José Galaz. “Los colores que distinguimos dependen de la fuente de iluminación y con iluminadores normales, la gama de ellos es más reducida”, decía al respecto el profesor Chuaqui.

En el área de la gestión universitaria, fue director de Docencia de la Facultad de Física y director del Departamento de Física. A su vez, colaboró con las ampliaciones de edificios en la unidad, coordinando el trabajo con la Dirección de Infraestructura. Junto con lo anterior, en el ámbito internacional, fue nombrado profesor en distintas categorías en el Imperial College of London y en la Universidad de Oxford, entre otros.

En cuanto a la vinculación con el medio, su actividad también fue prolífica. Destacó como miembro del



SU INOLVIDABLE y contagiosa sonrisa aún nos acompaña para alentar las intensas jornadas de estudio y trabajo.



Comité Científico de la Conferencia de Física de Plasmas más importante de Latinoamérica y presidió la organización de dos simposios de su disciplina en la región. Fue fundador y presidente de la Sociedad Chilena de Física (1995-1998), además de miembro de su directorio.

Su energía quedó plasmada en las aulas de la Facultad de Física. Por eso, su inolvidable y contagiosa sonrisa aún parece acompañarnos para alentar las intensas jornadas de estudio, en lo que fue otra característica que lo acompañó hasta el final de sus días

el 27 de julio de 2012 cuando, cerca de cumplir 69 años, falleció producto de una sorpresiva complicación del cuarto cáncer que lo afectaba.

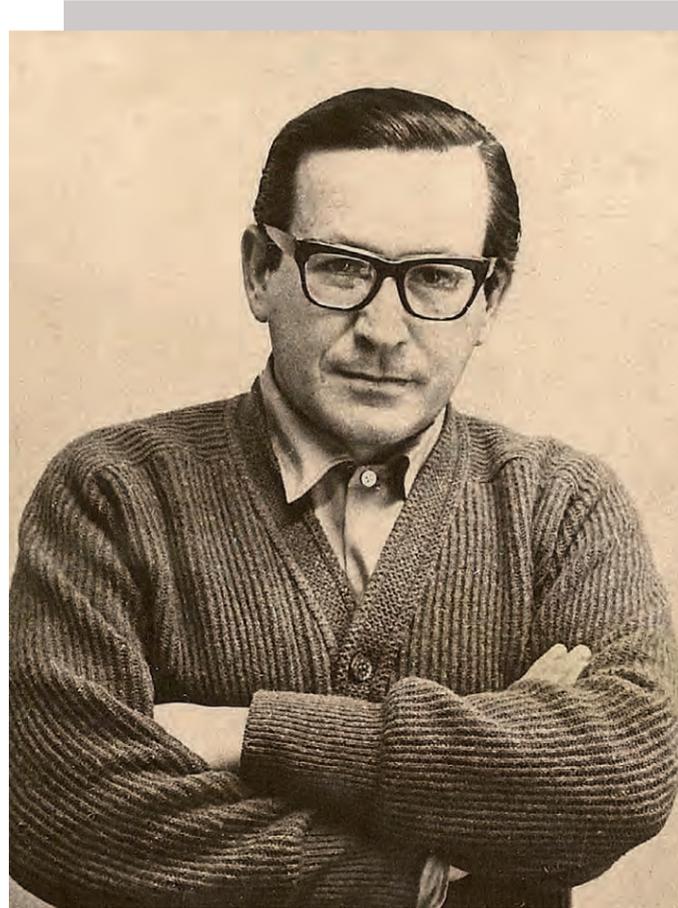
Junto a su señora Ana María Sara, Hernán Chuaqui fue un católico activo y Misionero Idente. Esta fe lo llevó a enfrentar la enfermedad con paciencia e incluso alegría, con la que contagiaba a los muchos quienes lo quisieron. “¡De qué te preocupas Felipe, si gracias a eso ahora bajé de peso!”, le decía a uno de sus estudiantes.

El profesor Hernán Chuaqui fue una de las figuras que sin duda marcaron

el desarrollo de la Física al interior de la UC, convirtiéndose a su vez en una autoridad mundial en Física Experimental de Plasmas. Su enorme legado de conocimientos, enseñanzas y ejemplo de vida se reparte hoy por Chile y el mundo. “Un hombre bueno, siempre dispuesto a hacer las cosas bien”, dicen sus colegas, quienes lo extrañan y a quienes no solo guió en lo académico sino también en la vida, con el optimismo que solo hombres excepcionales como él son capaces de demostrar hasta en los momentos más difíciles.

RESEÑAS

3.2 Jorge Krause: Maestro de múltiples inteligencias



SE ENTREGÓ por completo a la ciencia, con la humildad y el respeto propios de los verdaderos sabios, aquellos que dan con generosidad y no esperan algo a cambio.

Su inquietud por saber más y más lo convirtió en un apasionado aventurero y, lo llevó a estudiar Arte, Filosofía, Medicina y finalmente, Física. Esta hacía de puente entre su querida Filosofía y la Ciencia.

Jorge Krause Astorga fue profesor titular de la Facultad de Física y también su decano entre los años 1990 y 1993. Nació en enero de 1928 y desde niño demostró una inquieta curiosidad por el mundo que lo rodeaba. Su padre tenía una gran biblioteca, gracias a la cual poco a poco pudo ir satisfaciendo esa curiosidad, sumiéndose desde temprana edad en la lectura. Esta pasión lo acompañó durante toda su vida.

Su afán por saber más y más lo convirtió en un aventurero. Inspiradoras eran para él las lecturas de Julio Verne y Emilio Salgari, mientras otras más complejas estimularon aún más sus deseos de conocer y comprobar lo que leía.

Jorge Krause realizó sus primeros estudios en el Colegio Alemán terminándolos en el Instituto Nacional. La inquietud por saber, que lo acompañó desde su infancia, se intensificó en su vida universitaria, durante la cual pasó por diversas disciplinas hasta que encontró la profesión que lo apasionó. Comenzó estudiando Arte en la Universidad de Chile, donde hizo grandes amistades, entre ellos el escultor Juan Egenau y los pintores Iván Vial, Augusto Barcia y otros. Sin embargo, se convenció de que allí no iba a saciar suficientemente su curiosidad, por lo que decidió cambiarse a Filosofía, cre-

yendo que encontraría las respuestas a sus preguntas e inquietudes. Pero no fue así, por lo que decidió un nuevo cambio: entrar a Medicina, carrera que cursó hasta el tercer año.

A pesar de ser un excelente estudiante y creyendo todos que finalmente se consagraría en esa área, un curso de Laboratorio de Física produjo en él un punto de quiebre al encontrarse con una disciplina que hacía de puente entre su querida Filosofía y la Ciencia. Quien siempre lo acompañó y apoyó incondicionalmente en esta constante búsqueda e inquietud intelectual fue Cocó, el amor de su vida y madre de sus cuatro hijos. Con ella partió a Estados Unidos al ganarse la Beca Rockefeller completando así sus estudios de magíster y doctorado.

En 1968 volvió a Chile con sus diplomas y su familia, y en Santiago entró a trabajar a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, realizando docencia e investigación. En 1970 fue invitado a hacer un postdoctorado en Berkeley. Al terminar este, el profesor John Archibald Wheeler lo llevó a Princeton, New Jersey, donde continuó con sus investigaciones.

Nuevamente de regreso y luego de otro período breve en la Universidad de Chile, decidió cambiarse al Instituto de Física UC donde estuvo hasta 1975, cuando partió junto a su familia a trabajar a la Universidad Central de Caracas, Venezuela. Allí, al poco tiempo asumió el cargo de director de la Facultad de Física y se enfrentó al desafío de desarrollar investigación en un mundo científico incipiente, donde aún estaba todo por hacer. En corto tiempo, logró contagiar en el profesorado esta pasión; sin embargo, la nostalgia por su querido Chile lo llamó de vuelta una vez más, tal como una vez lo empujó a dejar Estados Unidos, a

pesar de las infinitas oportunidades laborales que este país le ofrecía. El amor a su patria siempre era más fuerte.

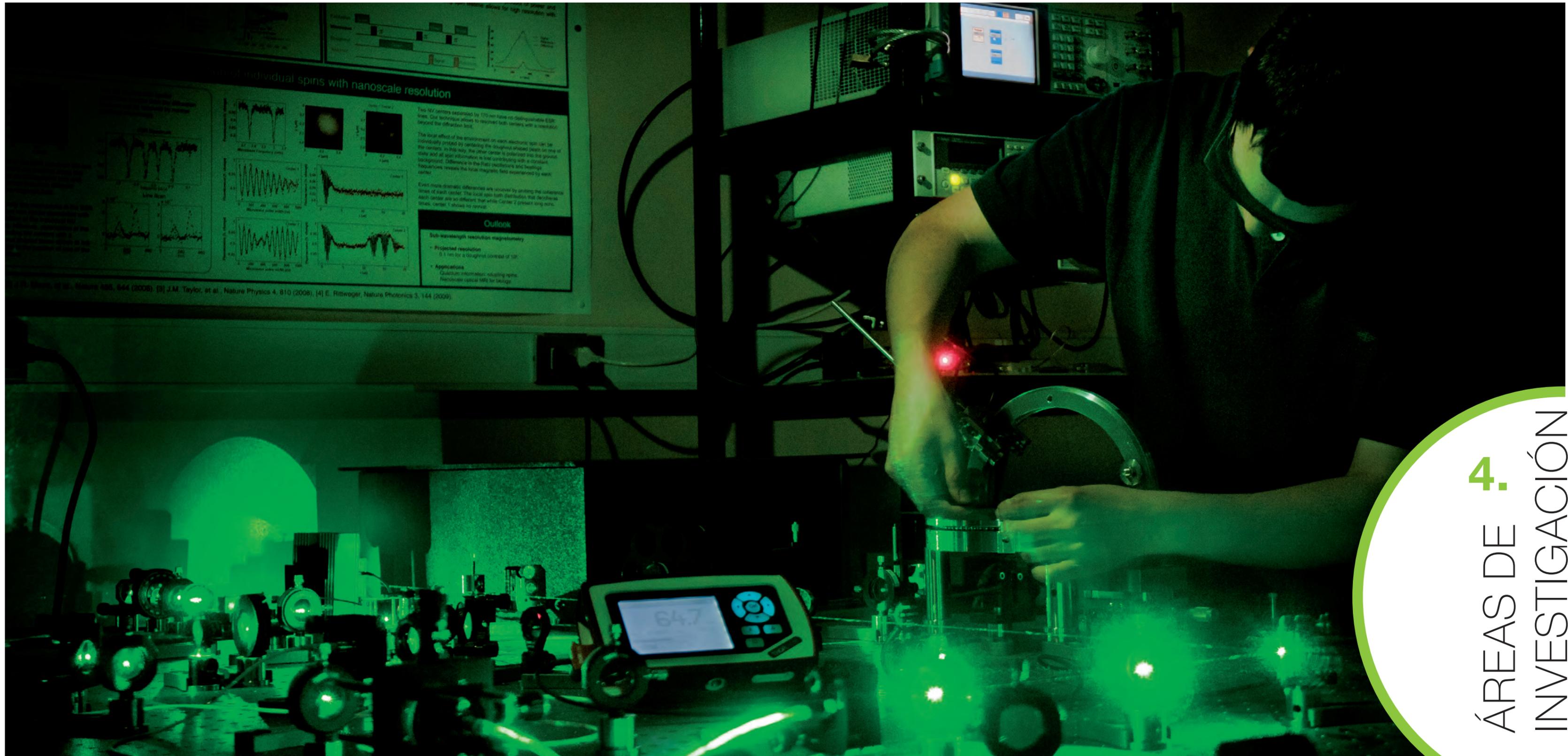
En 1980, ya instalado una vez más en las dependencias del campus San Joaquín, publicó muchos trabajos en revistas especializadas, como el Journal of Mathematical Physics e Il Nuovo Cimento, entre otras. Fue este un período fecundo en el que además le tocó asistir a numerosos congresos en diversos países del mundo, entre ellos, a los famosos Gravity Seminars.

A fines de la década de los ochenta, hizo una gran amistad con el destacado físico teórico francés Louis Michel, del Institut de Hautes Etudes Scientifiques en Bures Sur Yvette. Tras prolongadas estancias en Francia publicó junto a él interesantes trabajos de investigación. Siguiendo con su inquietud de toda la vida, regresó a la Filosofía, al dedicar con pasión sus diez últimos años a la Lógica Matemática.

Partió con un artículo científico respecto del cual un árbitro del Journal of Mathematical Logic le recomendó convertir en libro, dada su calidad y extensión.

Así nació su obra inédita: "The theory of Concepts", la cual partió quizás inspirada en lo dicho por el gran Lógico Kurt Gödel: "Logic is the theory of the formal. It consists of set theory and the theory of the concepts...". Sin embargo, el destino quiso otra cosa y este libro que lo apasionó y absorbió al final de su vida no alcanzó a ser publicado.

Jorge Krause falleció en septiembre del 2011, tras un repentino ataque al corazón. Fue un gran hombre que se entregó por completo a la ciencia con la humildad propia de los verdaderos sabios, aquellos que dan con generosidad y no esperan algo a cambio.



ÁREAS DE **4.** INVESTIGACIÓN



INTERIOR de
Unidad de
Tomoterapia.

ÁREAS DE INVESTIGACIÓN

4.1 Física médica

La Física Médica es una ciencia que consiste en la aplicación de principios, conceptos, métodos y técnicas de física en medicina para la prevención, el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Desde los inicios del siglo XX, e incluso antes, ha desempeñado un papel fundamental en la medicina clínica así como en la investigación biológica y médica.

Esta área incluye interesantes subespecialidades como la radioterapia, diagnóstico por imágenes, medicina nuclear y protección radiológica. En cada una de ellas, el físico médico está fuertemente involucrado en la investigación, desarrollo e implementación de nuevas tecnologías y técnicas. En el ámbito clínico, además, este profesional participa en el diseño de instalaciones, así como en la compra y control de calidad del equipamiento.

PIONEROS EN FÍSICA MÉDICA EN CHILE

En Chile, la Física Médica es una disciplina que ha comenzado a desarrollarse recientemente. El actual Grupo de Física Médica del Instituto de Física UC, se formó en el año 2009. Cuenta con una probada trayectoria científica con publicaciones relevantes en revistas del área y con la adjudicación de proyectos de investigación con finan-

ciamiento nacional e internacional.

Asimismo, ha tenido colaboraciones con renombrados grupos internacionales de investigación en Alemania, España y Australia, entre otros; lo que muestra un favorable escenario que es único, no solo a nivel de país, sino también a nivel regional.

Tal vez, el principal hito del grupo ha sido la implementación del programa de Magíster el cual permite obtener doble grado en conjunto con la Universidad de Heidelberg, Alemania.

Una de las fortalezas de este proyecto es que, de forma natural, impulsa la colaboración interdisciplinaria con otras unidades académicas y centros dentro y fuera de la UC, gracias a sus claras conexiones con las áreas de Medicina, Ingeniería y Biología, entre otras.

INVESTIGACIÓN APLICADA

El grupo de Física Médica desarrolla fundamentalmente su investigación en el área de la radioterapia, con proyectos individuales también en el ámbito del radiodiagnóstico y la radioprotección. En la primera, el enfoque principal de nuestra investigación es estudiar los distintos métodos y herramientas que permiten individualizar los tratamientos

De forma natural, impulsa la colaboración interdisciplinaria con otras unidades académicas y centros dentro y fuera de la UC, gracias a sus claras conexiones con las áreas de Medicina, Ingeniería y Biología.

con haces ionizantes de alta energía, del orden de los MeV. Esta individualización puede darse en distintos ámbitos como es la modulación individual de fluencias del haz, modificaciones en la entrega del tratamiento basadas en información obtenida de imágenes en línea, dosimetría *in-vivo* de la dosis recibida por el paciente en cada fracción del tratamiento, reconstrucción de la dosis entregada a partir de imágenes portales para la adaptación del plan de tratamiento, esquemas de fraccionamiento individualizados, prescripción diferenciada de dosis al tumor basado en información de imágenes funcionales y optimización de planes de tratamiento considerando la radioprotección del paciente.

El apoyo de estudiantes de pregrado (6 prácticas de Licenciatura en el área desde 2009) y del programa de Magister en Física Médica (13 alumnos, con 6 tesis en curso), junto con la disponibilidad de un Laboratorio de Dosimetría y el apoyo de centros hospitalarios colaboradores como el Centro de Cáncer UC y la Clínica Alemana de Santiago, han sido un importante aporte para la consolidación de nuestra investigación.

Dosimetría

La determinación precisa de la dosis absorbida en los tejidos es parte fundamental de la investigación en las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes. En concreto, el grupo de Física Médica UC realiza estudios en dosimetría de haces de radiación de

DISTRIBUCIÓN DE DOSIS de radiación planificada para un tratamiento de arcoterapia con fotones.



fotones en situaciones no-estándar y de neutrones y fotones en tejidos periféricos al volumen tratado. Desarrolla además, dispositivos tejido-equivalentes y maniqués antropomórficos, para poder simular tratamientos en condiciones similares a las reales. En el área de radioprotección, utilizamos dosimetría termoluminiscente para la optimización de técnicas diagnósticas (mamografía, angiografía, tomografía computada) y trabajamos en el estudio de la respuesta energética en sistemas de dosimetría personal basados en termoluminiscencia.

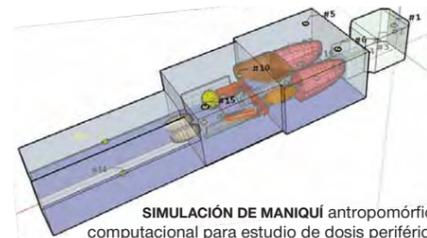
Radiobiología

La optimización individualizada de tratamientos se realiza en función de modelos radiobiológicos de control tumoral, radio toxicidad y generación de cáncer secundario. Actualmente, se colabora con un proyecto internacional para la modelación del riesgo de cáncer secundario asociado a la dosis periférica de neutrones y fotones en tratamientos de radioterapia con fotones. En este ámbito se estudia además el efecto radiobiológico sobre los tejidos del uso de radiaciones con alta transferencia lineal de energía y la modelación matemática del crecimiento de tejidos tumorales.

Simulaciones Monte Carlo

Debido a la naturaleza estocástica de la radiación, las simulaciones Monte Carlo proveen de una herramienta ideal para el cálculo de energía depositada

en los tejidos. En particular, esta herramienta es utilizada como referencia en la evaluación de algoritmos analíticos de planificación de tratamientos de radioterapia y en dosimetría en situaciones no estándar. El grupo realiza investigaciones en la modelación de tubos de rayos X para la generación de imágenes volumétricas con haces cónicos de Kilovoltaje (en colaboración con empresas fabricantes), modelación de colimadores para aceleradores lineales clínicos de Megavoltaje, para tratamientos con intensidad modulada y validación de la distribución relativa de la fuente de radiación en aceleradores lineales de uso clínico, con relevancia en la modelación de campos pequeños.



Imágenes médicas

Las imágenes médicas proveen información anatómica y funcional del paciente. Esta información, es luego utilizada para planificar distintas estrategias de tratamiento y estimar las distribuciones volumétricas de dosis sobre el paciente. Los aceleradores modernos de uso clínico incorporan distintos dispositivos de generación de imágenes médicas que ayudan al posicionamiento del paciente y en la toma de decisiones sobre posibles adaptaciones del plan, de acuerdo a la evolución del paciente. En concreto, se estudia la optimización de imágenes volumétricas con haces cónicos de Kilovoltaje y el desarrollo de algoritmos para registro deformable de imágenes diagnósticas.



REPRESENTACIÓN VIRTUAL de maniquí respiratorio para estudios dosimétricos.

Académicos Física médica



BEATRIZ SÁNCHEZ
Profesor asistente
Ph. D. Universidad de Sevilla, España.

Líneas de investigación: *Neutron Dosimetry; Secondary Cancer Modelling; Radiobiology.*
E-mail: bsanchez@fis.puc.cl
Web: <http://www.fis.puc.cl/~bsanchez/>



PAOLA CAPRILE
Profesor asistente
Ph. D. Heidelberg Universität, Alemania.

Líneas de investigación: *Dosimetry; Dose Calculation; Image Guided Radiotherapy.*
E-mail: pcaprile@fis.puc.cl



EDGARDO DÖRNER
Profesor asistente
Dr. rer. nat. Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Alemania.

Líneas de investigación: *Monte Carlo methods; Radiotherapy; Dosimetry.*
E-mail: edoerner@fis.puc.cl



IGNACIO ESPINOZA
Instructor becario
Ph. D. candidate Heidelberg Universität, Alemania.

Líneas de investigación: *Simulations of Hypoxic Tumours; Radiobiological Models; Nonlinear Physics.*
E-mail: iespinoza@fis.puc.cl
Web: <http://www.fis.puc.cl/~iespinoza/>



GRACIAS A LA FÍSICA MATEMÁTICA, fenómenos naturales como esta onda solitaria o solitón pueden ser explicados.

ÁREAS DE INVESTIGACIÓN

4.2 Física matemática: Pioneros con gran presencia internacional

Desde la publicación del *Principia* (Principios Matemáticos de la Física) por Newton, en 1685, la Física Matemática ha tenido una larga tradición en las Ciencias. Esta continuó con importantes aportes de físicos y matemáticos como Euler, Gauss, Maxwell, Einstein, Schrödinger, Dirac, entre muchos otros.

Alemania, Francia, Inglaterra y la República Checa. Junto con el intercambio académico, ISN realiza la conferencia internacional *Spectral Days*, cuya primera versión se efectuó en Santiago (2010), la segunda en Múnich (2012), mientras que la tercera será en Lunniny, Masella (2014).

UC, REFERENTE MUNDIAL

En la UC, la Física Matemática se practica tanto en las unidades académicas de Física como de Matemáticas, con una gran presencia internacional, en particular como parte de la IAMP (*International Association of Mathematical Physics*). Evidencia de ello es el hecho de que el próximo congreso mundial trianual de la especialidad (*International Congress of Mathematical Physics*) se realizará en Santiago, en la UC, en agosto de 2015.

En 2010 nuestra universidad fue fundadora de la red *International Spectral Network* (ISN), la cual además incluye a 6 universidades europeas de

TEMAS

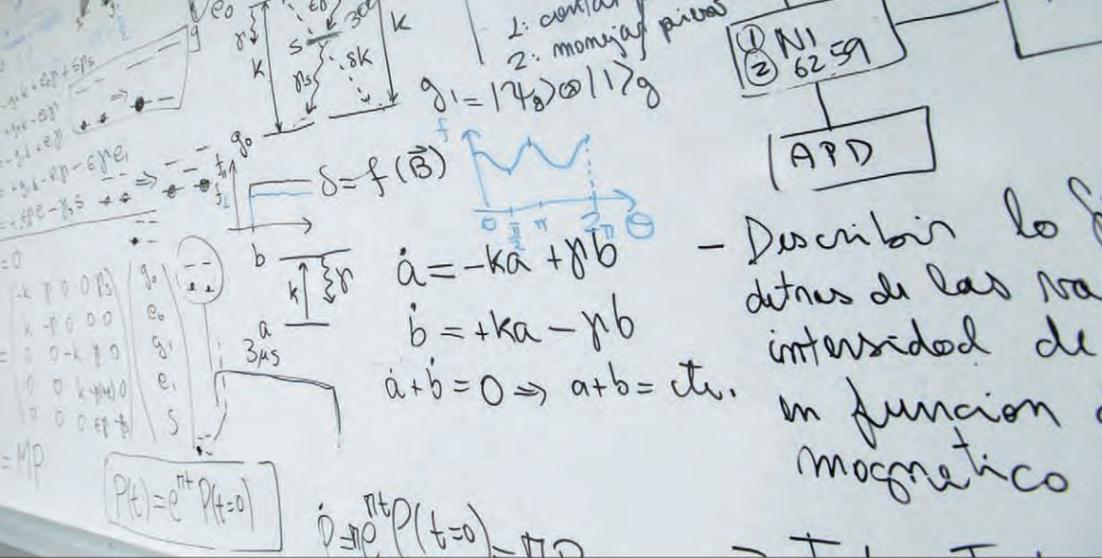
Funcionales de Densidad en Física Atómica

Desde los inicios de la Mecánica Cuántica se ha buscado aproximar la energía de un sistema de muchas partículas en física atómica por funcionales de densidad. En este sentido abordamos el problema de estimar los distintos componentes de la energía de átomos y moléculas en términos de la densidad electrónica, y de correcciones que involucran los gradientes de dicha densidad. También abordamos el problema de la estabilidad de la materia, i.e., el comportamiento de un sistema de muchas partículas para un número grande de partículas.

Física Matemática es una área interdisciplinaria que utiliza herramientas de matemáticas puras y aplicadas para estudiar distintos fenómenos físicos.

¿Se puede escuchar la forma de un tambor?

Por esta frase, introducida por Mark Kac, entendemos el problema de relacionar las frecuencias propias de un medio continuo con la geometría del mismo. En este sentido abordamos numerosos problemas de lo que se conoce como geometría espectral (i.e., la relación entre el espectro de un sistema y su geometría).



Dinámica no lineal de ondas ópticas y materia

Una de las áreas de mayor interés es el estudio de la dinámica de ondas ópticas y de materia en sistemas estructurados no lineales. Este es actualmente uno de los temas de investigación más activos en fotónica y se centra en la pregunta de cómo efectos no lineales afectan la dinámica espacio temporal de las ondas para producir nuevos e importantes efectos. Esto incluye, por ejemplo, el estudio de la autolocalización de energía, frecuentemente asociada con la formación de ondas solitarias. El análisis de estos efectos es de importancia fundamental para lograr el control de las ondas en sistemas prácticos reales.

Aplicaciones potenciales van desde sistemas de comunicación óptica, generación de plasmas y espectros de radiación electromagnética, hasta manipular materia y luz a nivel cuántico. En el contexto de esta investigación, se ha adquirido experiencia en diversos métodos de cálculo analítico y numérico, que van desde la solución de sistemas discretos en la aproximación de *tight-binding* hasta la solución numérica de las ecuaciones de Maxwell, acopladas con sistemas cuánticos. Esto incluye el uso de métodos avanzados de programación numérica.

Propiedades del grafeno

El grafeno es un material recientemente descubierto que promete encontrar importantes aplicaciones en la tecnología del futuro. Este material, de un átomo de espesor, está constituido por una red de átomos de carbono ordenados de forma hexagonal formando una estructura similar a un panal de abejas en dos dimensiones. Uno de los aspectos más interesantes del grafeno, desde el punto de vista teórico, es que la dinámica de los portadores de carga (a baja temperatura) es similar a la de partículas de Dirac sin masa. En esta área se aborda el estudio de las propiedades espectrales de operadores asociados a la descripción del grafeno utilizando técnicas del análisis matemático y de la teoría espectral. Con esta investigación se intenta comprender de qué forma se puede manipular la dinámica de las cargas en el grafeno.

La propagación de ondas no lineales

La propagación de ondas no lineales es un tema que surge en el estudio de diversas áreas de la Física y de disciplinas relacionadas, tales como la Geofísica y Biofísica. Esto se aborda tanto desde un punto de vista físico como de las matemáticas aplicadas.

En esta área abordamos principalmente la propagación de ondas en ecuaciones de reacción-difusión y la propagación de ondas superficiales en capas delgadas de fluidos. En relación al primero –que es especialmente relevante en problemas de dinámica de poblaciones, fluidos, combustión y otros–, nos hemos concentrado en el asunto de la determinación de la velocidad de propagación de las ondas. Nuestra principal contribución ha sido establecer un principio variacional para ondas unidimensionales, resolviendo en forma general un problema de larga data.

En cuanto al segundo, nos enfocamos en el estudio de sistemas en que se observan solitones disipativos, es decir, estructuras en que el balance entre no linealidad, disipación e inestabilidad da origen a estructuras localizadas. Redes ópticas se crean con láseres de fácil manipulación, lo cual ofrece una gran versatilidad en el control del transporte de átomos a lo largo de las redes. Esto ha permitido, entre muchos ejemplos, la observación del movimiento dirigido de partículas en presencia de campos variables periódicos, así como el aumento y supresión del tunelaje de las partículas. Por otro lado, en estos sistemas el movimiento de partículas tiene lugar en potenciales periódicos, donde se pueden estudiar fenómenos tales como transiciones Landau-Zener entre bandas, oscilaciones de Bloch, y de Bloch-Zener.

De interés más general, podemos decir que muchos de estos conceptos y fenómenos se observan en sistemas ópticos con índice de refracción periódico, a través de los cuales se propagan pulsos de luz. Esto a su vez permite investigar puntos comunes y diferencias entre la Física Semiclásica y Cuántica. Un ejemplo paradigmático lo constituye la localización en sistemas clásicos y cuánticos.

Académicos Física matemática



RAFAEL BENGURIA
Profesor titular
Ph.D. Princeton University, EE.UU.
Líneas de investigación: *Mathematical Physics; Atomic Physics; Spectral Geometry.*
E-mail: rbenguri@fis.puc.cl
Web: <http://www.fis.puc.cl/~rbenguri/>



MARÍA CRISTINA DEPASSIER
Profesor titular
Ph.D. Columbia University, EE.UU.
Líneas de investigación: *Nonlinear Waves; Reaction Diffusion Equations; Hydrodynamics.*
E-mail: mcdepass@fis.puc.cl
Web: <http://www.fis.puc.cl/~mcdepass/>



LUIS MORALES
Profesor asistente
Dr. rer. nat. Universität Bayreuth, Alemania.
Líneas de investigación: *Ultra Cold Atoms; Propagation of Waves; Non-Linear Lattices.*
E-mail: lmolina@fis.puc.cl
Web: <http://www.fis.puc.cl/~lmolina/>



EDGARDO STOCKMEYER
Profesor asociado
Ph.D. Pontificia Universidad Católica de Chile.
Líneas de investigación: *Mathematical Physics; Quantum Mechanics; Spectral and Functional Analysis.*
E-mail: stock@fis.puc.cl
Web: <http://www.mathematik.uni-muenchen.de/~stock/>



EDWARD ARÉVALO
Profesor asistente
Dr. rer. nat. Universität Bayreuth, Alemania.
Líneas de investigación: *Computational Physics; Nonlinear Physics; Laser Pulse Filamentation.*
E-mail: earevalo@fis.puc.cl



LLAMPÚDKEÑ es un generador de poder pulsado capaz de entregar 400 kA de corriente en solo 260 ns. El nombre Llampúdkeñ significa mariposa en mapudungún.

ÁREAS DE INVESTIGACIÓN

4.3 Física de plasmas: En el cuarto estado de la materia

El plasma es el cuarto estado de la materia y está presente en el 99% del universo visible. Sabemos que está compuesto por iones, electrones y partículas neutras que exhiben comportamiento colectivo. A pesar de tener partículas cargadas, son eléctricamente neutros y sensibles a campos eléctricos y magnéticos externos. Debido a que los plasmas corresponden principalmente a electrones e iones (átomos que han perdido electrones), sus temperaturas características son muy altas –superiores a los 10.000 °C– y es necesario entregarles energía para evitar la recombinación que finalmente termina en gases neutros.

LABORATORIO DE PLASMAS UC

En los laboratorios del Instituto de Física UC, los plasmas se forman mediante descargas eléctricas pulsadas de alta corriente, láseres de alta potencia o campos eléctricos externos de radiofrecuencias. Para eso, contamos con un nutrido equipamiento tanto en generadores de plasmas como en diagnósticos para los mismos, que en su gran mayoría han sido diseñados y construidos en este mismo laboratorio.

Así podemos realizar una amplia gama de experimentos, donde no solo se estudia la ciencia básica tras el comportamiento de la materia bajo estas condiciones extremas de densidad y temperatura, sino también posibles aplicaciones. Algunas investigaciones aplicadas en curso son el tratamiento de superficies con recubrimientos de carbono –que puede ser utilizado para mejorar la durabilidad de brocas o adaptación de implantes en prótesis– o el estudio de emisión de rayos X de baja energía para posibles aplicaciones en la industria electrónica o imagenología médica, entre otras.

El laboratorio de Plasmas UC fue creado gracias al trabajo del profesor Hernán Chuaqui, uno de los principales impulsores del desarrollo de la Física Experimental en Chile y quien lideró este grupo de investigación hasta su reciente fallecimiento (ver reseña). Fue el primer laboratorio de su tipo en el país y desde su formación ha mantenido una labor científica y formativa sin cesar.

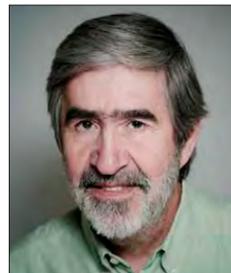
Desde la consolidación del Grupo de Óptica y Plasmas a partir de la primera mitad de los años ochenta hasta la actualidad, el laboratorio ha mantenido en promedio casi tres proyectos Fonde-

La amplia gama de experimentos de plasmas no solo permite estudiar la ciencia básica tras el comportamiento de la materia bajo estas condiciones extremas de densidad y temperatura, sino también generar diversas aplicaciones.

cyt funcionando en paralelo. En el laboratorio de Plasmas UC se ha formado, hasta ahora, la mayor cantidad de físicos experimentales en Chile, contando a la fecha 11 doctores, 9 magísteres y 31 licenciados.

Actualmente, el Grupo de Óptica y Plasmas está compuesto por cuatro profesores, tres investigadores postdoctorales, dos estudiantes de postgrado y dos de licenciatura. Nuestro grupo se encuentra siempre disponible para abrir sus puertas a quienes estén interesados en colaborar y participar de la búsqueda de respuestas.

Académicos Física de plasmas



MARIO FAVRE
 Profesor titular
 Ph. D. Imperial College, Inglaterra.
 Líneas de investigación: *Dense Transient Plasmas; Plasma Diagnostics; Plasma Applications.*
 E-mail: mfavre@fis.puc.cl
 Web: <http://www.fis.puc.cl/~mfavre/>



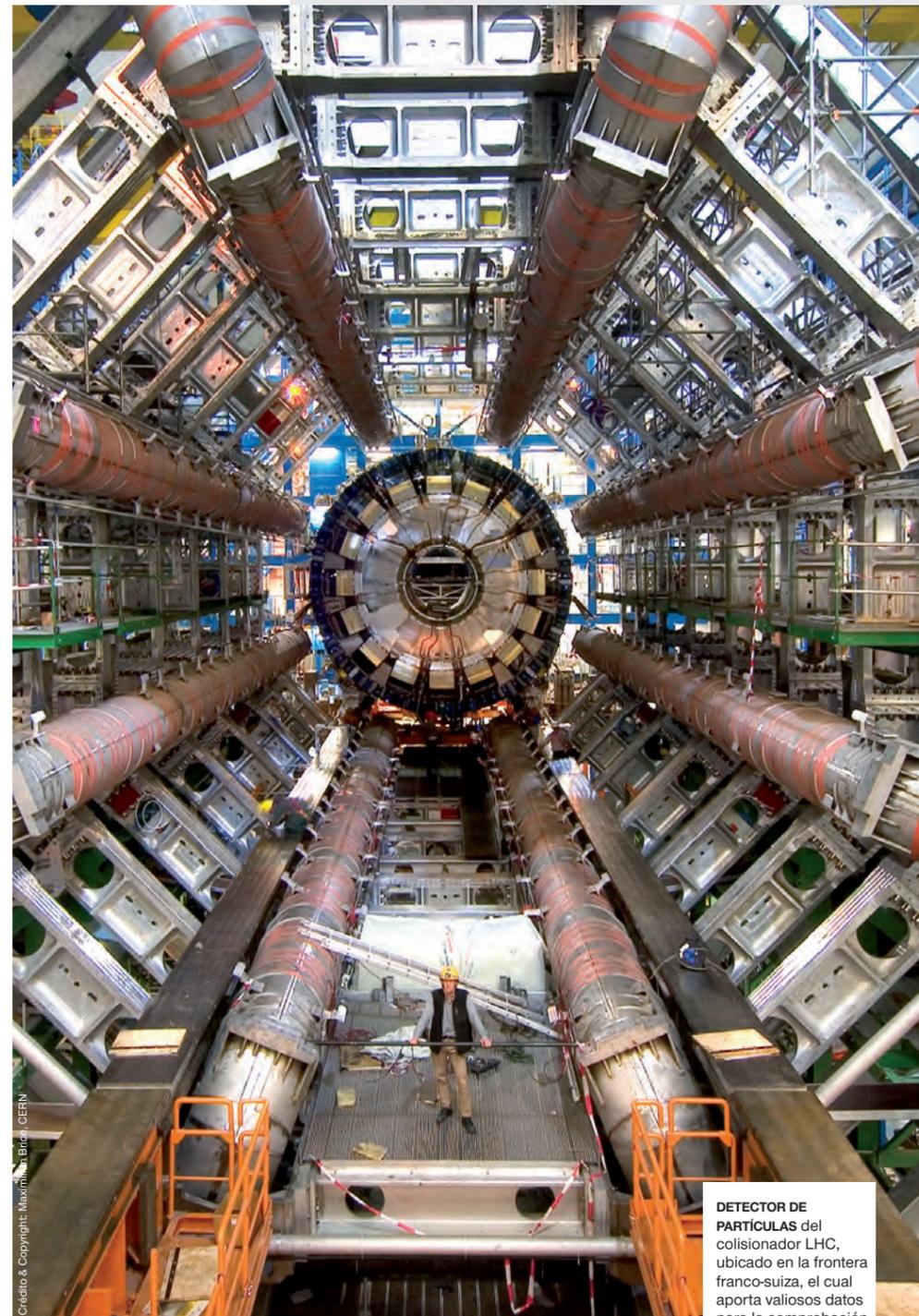
EDMUND WYNDHAM
 Profesor titular
 Ph. D. London University, Inglaterra.
 Líneas de investigación: *Dense Transient Plasmas; Plasma Sources; Pulsed Power.*
 E-mail: ewyndham@fis.puc.cl



HEMAN BHUYAN
 Profesor asociado
 Ph. D. Gauhati University, India.
 Líneas de investigación: *Pulsed Power Technology; Plasma Diagnostic; Plasma Application in Nanotechnology.*
 E-mail: hbhuyan@fis.puc.cl
 Web: <http://www.fis.puc.cl/~hbhuyan/>



FELIPE VELOSO
 Profesor asistente
 Ph.D. Pontificia Universidad Católica de Chile.
 Líneas de investigación: *Plasmas Physics; Dense Z-pinches; Plasmas Diagnostics.*
 E-mail: fveloso@fis.puc.cl
 Web: <http://www.fis.puc.cl/~fveloso/>



DETECTOR DE PARTÍCULAS del colisionador LHC, ubicado en la frontera franco-suiza, el cual aporta valiosos datos para la comprobación del Modelo Estándar y la generación de nueva Física.

ÁREAS DE INVESTIGACIÓN

4.4 Física de altas energías: Tras la búsqueda de una “teoría final”

La búsqueda de una “teoría final”, que explique con una gran ecuación todos los fenómenos del Universo, ha ocupado la mente de muchísimos físicos, entre ellos, Albert Einstein. La Física de altas energías explora los bordes del conocimiento buscando nuevas ideas y hechos experimentales que nos encaminen hacia ese objetivo. En el Instituto de Física UC, el Grupo de Física de Altas Energías aborda este y otros desafíos desde varias perspectivas.

LARGE HADRON COLLIDER Y EL BOSÓN DE HIGGS

En sintonía con el gran experimento Large Hadron Collider, LHC (Ginebra, Suiza), en el Instituto de Física UC se realiza investigación en la frontera de la Física de partículas, explorando las fuerzas fundamentales –electromagnéticas, débiles y fuertes– que dan vida al Modelo Estándar, el cual describe la interacción entre las partículas que componen el universo. Nuestro grupo participa en este experimento y nuestros estudiantes viajan periódica-

El reciente descubrimiento del bosón de Higgs o “partícula de Dios” no solamente es un hito fundamental para el Modelo Estándar, el cual intenta explicar la dinámica de interacción entre partículas, sino también la fuente de nuevas y profundas preguntas sobre nuestro universo.

mente a Ginebra a prestar servicios en el acelerador.

El LHC tiene dos roles. Por un lado, comprobar que el Modelo Estándar es correcto en las escalas de energías que podemos probar hoy y en este sentido el reciente descubrimiento del bosón de Higgs representa un enorme avance en esa dirección. Por otro lado, el LHC debería también encontrar nueva Física, es decir, fenómenos no ob-

servados hasta el presente que revelen los ingredientes de nuevas teorías, más profundas que el Modelo Estándar.

Además, nuestro grupo trabaja en varios temas que exploran estas ideas. Las oscilaciones de neutrinos describen cómo estas partículas (increíblemente elusivas) adquieren masa. Un neutrino masivo tiene profundas implicancias desde la Física microscópica hasta las grandes escalas de la Cosmología.

Espacios no-conmutativos: una idea puramente teórica. Si fuera cierta implicaría la existencia de distancias mínimas donde tiene sentido hablar de “espacio”. Para distancias más pequeñas, el Universo se torna intrínsecamente cuántico y muchas de nuestras preconcepciones dejan de ser válidas.

Supersimetría: otra idea puramente teórica que esperamos que el LHC sea capaz de validar o descartar. Se propone una simetría entre partículas e interacciones, y de ser cierta, existirá un candidato muy atractivo para resolver el antiguo problema de la materia oscura.

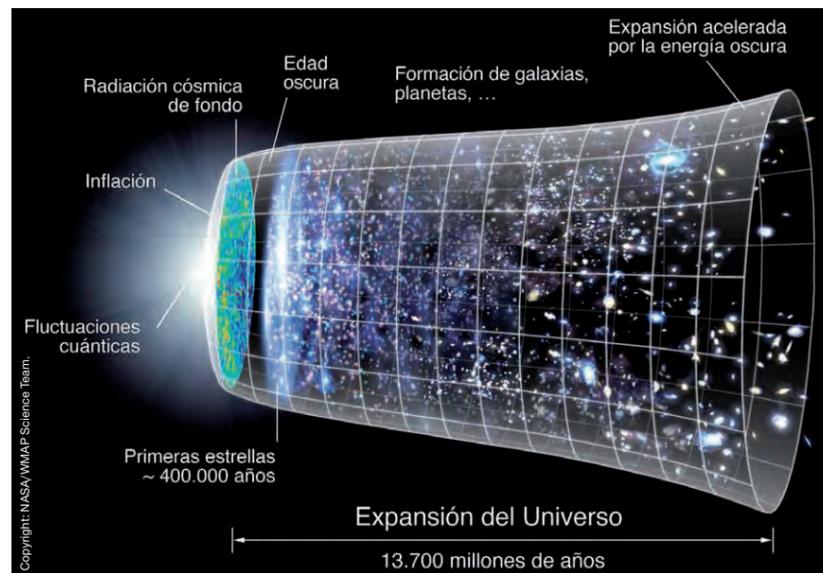
Extensiones/violación de la simetría de Lorentz. Así como en el Arte y la Música, el concepto de simetría también juega un rol fundamental en la Física. Las 3 teorías que describen la Física hoy (interacciones fuertes, electrodébil y gravitacional) son construidas usando argumentos de simetría. Si llamamos $N=1$ a las simetrías en torno a un eje, y $N=2$ a las simetrías con respecto a un plano, $N=3$ resulta complicado. Y la extensión a $N=\infty$ se torna imposible. Sin embargo, los extremos muchas veces esconden grandes simplificaciones. En la física de partículas elementales, “ N ” representa el número simetrías. “Large N ” es un fascinante tema en que nuestro grupo ha participado en varios aspectos.

Cuando aparecen discrepancias entre experimentos y teorías, muchos físicos inmediatamente desafían las simetrías e intentan construir teorías más generales que albergan otras simetrías, o en la dirección opuesta, ¡sin ninguna simetría!

La Física es un proyecto ambicioso. La caída de una manzana, el comportamiento de electrones en un chip de memoria y entender el origen mismo del Universo y su evolución forman parte de este gran proyecto humano. El Grupo de Física de Altas Energías de la UC participa de manera activa en la búsqueda de las respuestas a muchas de las preguntas fundamentales que hace milenios nos preocupan y cautivan.

Al igual que el agua puede encontrarse, al menos, en tres fases distintas, la Física de las interacciones fuertes presenta una estructura de fases fascinante. Por ejemplo, esperamos que a muy altas temperaturas o densidades los protones se disuelvan en sus constituyentes (quarks y gluones), formándose un nuevo estado de la materia: el plasma de quarks y gluones.

Cosmología, agujeros negros, relatividad general, el Universo. Dos de los principales problemas en la Física de partículas son la “materia oscura” y la “energía oscura”. Ambos tienen su origen en observaciones astronómicas: la dinámica de galaxias y radiación de fondo muestran que en el Universo hay mucha más materia y energía que la que vemos (ver esquema de evolución del Universo). Estos problemas han estimulado una colaboración sin precedentes entre físicos y astrónomos. Uno de los grandes proyectos inconclusos de la física actual es la integración de la Gravitación al Modelo Estándar. Las reglas de la Mecánica Cuántica son inconsistentes con las reglas de la Relatividad General. Después de más de medio siglo de intentos, esta fascinante pregunta sigue aún abierta.



Académicos Física de altas energías



MARCELO LOEWE
 Profesor titular
 Dr. rer. nat. Universität Hamburg, Alemania.
 Líneas de investigación: *Elementary Particles; Hadronic Physics; Statistical Mechanics.*
 E-mail: mloewe@fis.puc.cl
 Web: <http://www.fis.puc.cl/~mloewe/>



MARCO AURELIO DÍAZ
 Profesor titular
 Ph.D. California University, EE.UU.
 Líneas de investigación: *Higgs Boson; Extra Dimensions; Supersymetry.*
 E-mail: mad@fis.puc.cl
 Web: <http://srv2.fis.puc.cl/~atlasandino/>



JORGE ALFARO
 Profesor titular
 Ph.D. City College of New York, EE.UU.
 Líneas de investigación: *Cosmology; Quantum Gravity; High Energy Physics.*
 E-mail: jalfaro@fis.puc.cl
 Web: <http://www.fis.puc.cl/~jalfaro/>



MÁXIMO BAÑADOS
 Profesor titular
 Ph.D. Universidad de Chile.
 Líneas de investigación: *Black Holes; Cosmology; General Relativity.*
 E-mail: maxbanados@fis.puc.cl
 Web: <http://srv2.fis.puc.cl/~mbanados/>



BENJAMIN KOCH
 Profesor asistente
 Dr. phil. nat. Goethe Universität Frankfurt, Alemania.
 Líneas de investigación: *Particle Physics; Phenomenology; Quantum Gravity.*
 E-mail: bkoch@fis.puc.cl
 Web: <http://www.fis.puc.cl/~bkoch/>

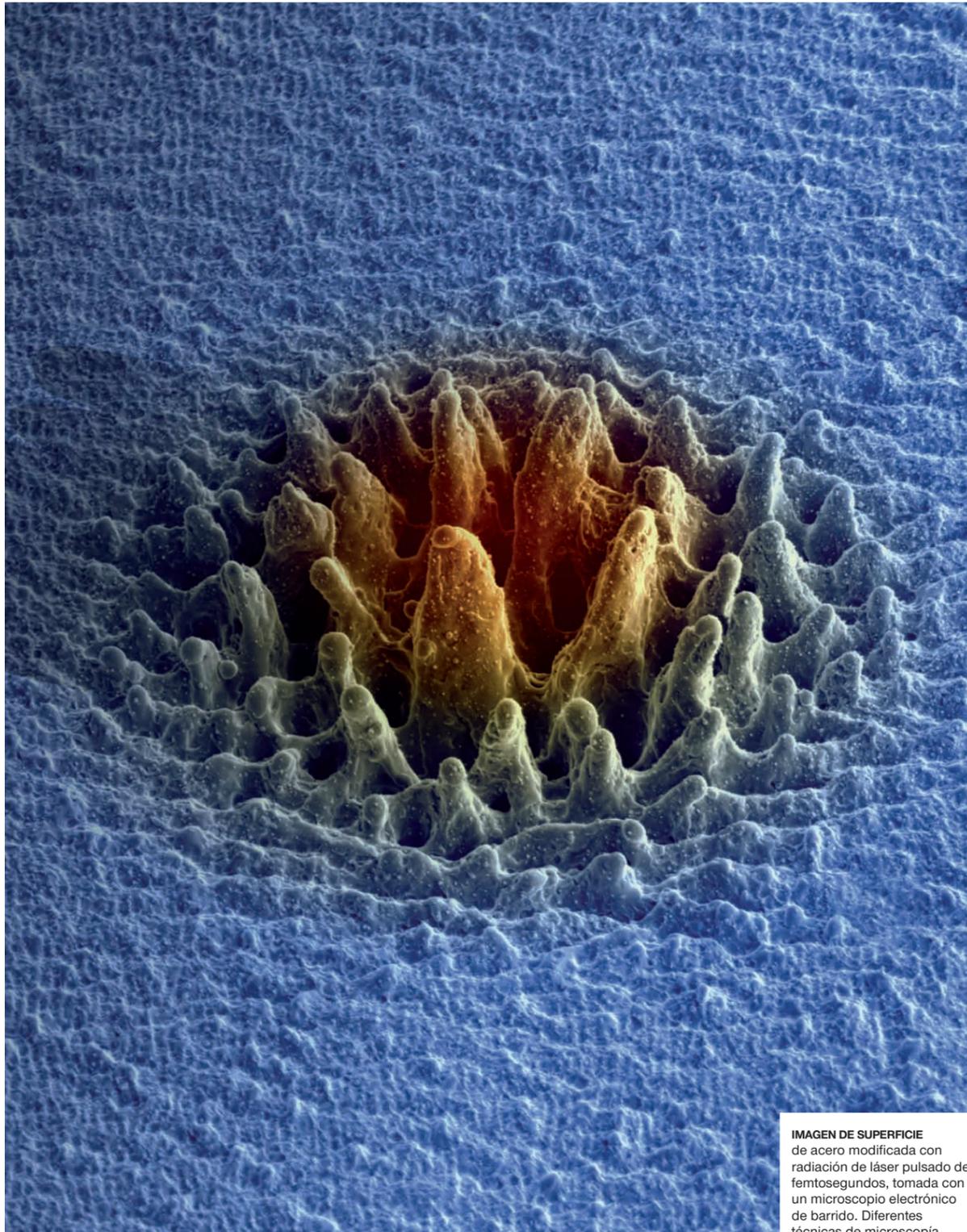
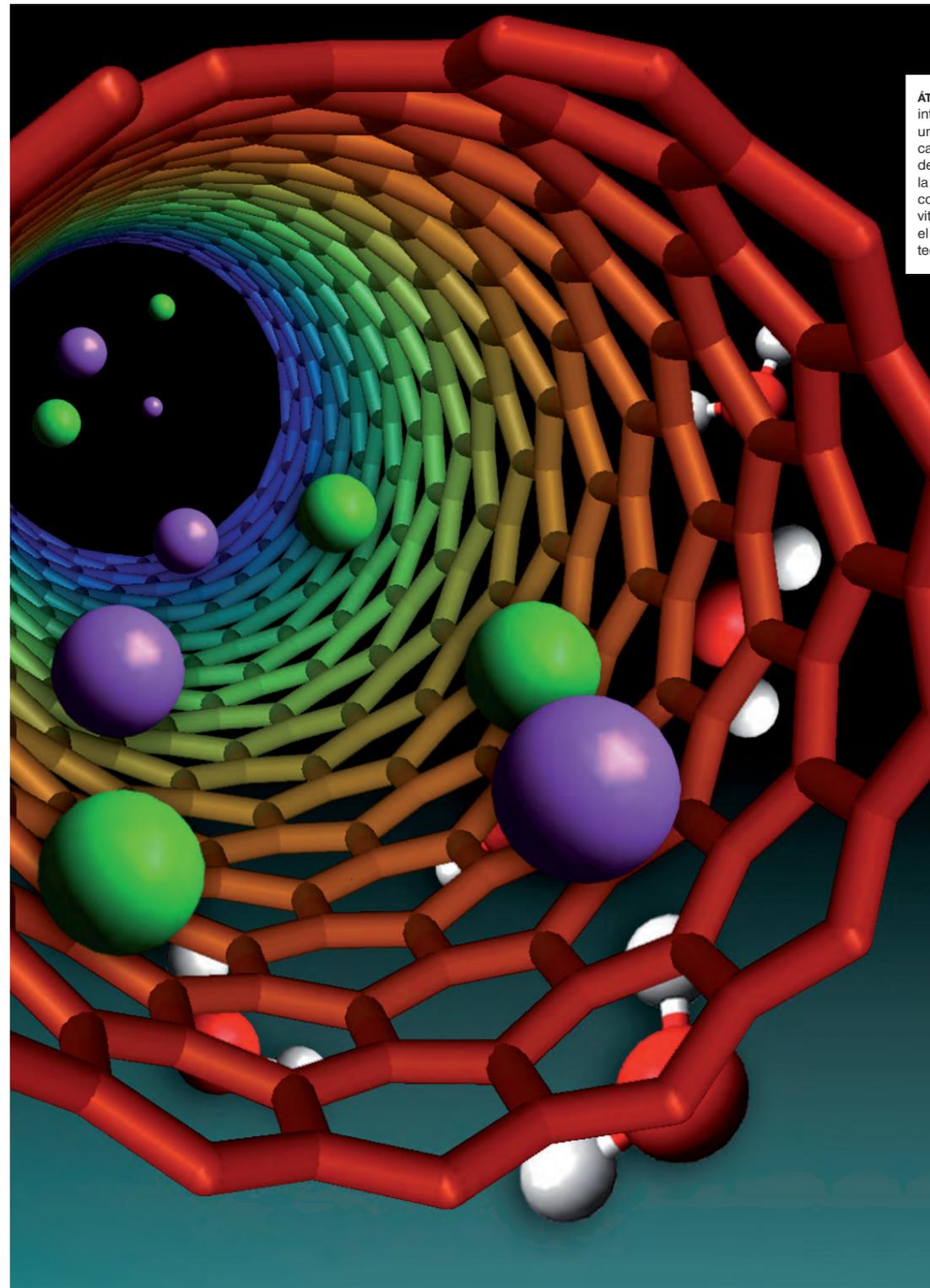


IMAGEN DE SUPERFICIE de acero modificada con radiación de láser pulsado de femtosegundos, tomada con un microscopio electrónico de barrido. Diferentes técnicas de microscopía y espectroscopía son utilizadas para estudiar fenómenos de la materia condensada.



ÁTOMOS Y MOLÉCULAS interactúan con un nanotubo de carbono. El estudio de nanoestructuras y la interacción de ellas con moléculas es de vital importancia para el desarrollo de nuevas tecnologías.

Copyright: web.mit.edu

ÁREAS DE INVESTIGACIÓN

4.5 Física de materia condensada

Esta área de la Física se ocupa de estudiar las propiedades de las fases condensadas de la materia, particularmente los estados sólido y líquido, como consecuencia de los principios de la Mecánica Cuántica, el Electromagnetismo, la Mecánica Estadística y, a nivel macroscópico, de la Termodinámica. Existe una conexión directa entre los descubrimientos teóricos y experimentales en esta área de la Física y las consiguientes aplicaciones tecnológicas, fundamentalmente en los campos de la microelectrónica, la ingeniería de materiales y, más recientemente, en la nanotecnología. El Instituto de Física UC constituye un referente nacional e internacional en el estudio teórico y experimental de la Física de la materia condensada.

El estudio teórico y experimental de las propiedades de las fases condensadas de la materia es la base de las tecnológicas pasadas, actuales y futuras. Ingeniería de materiales, microelectrónica y nanotecnología son algunas de ellas.

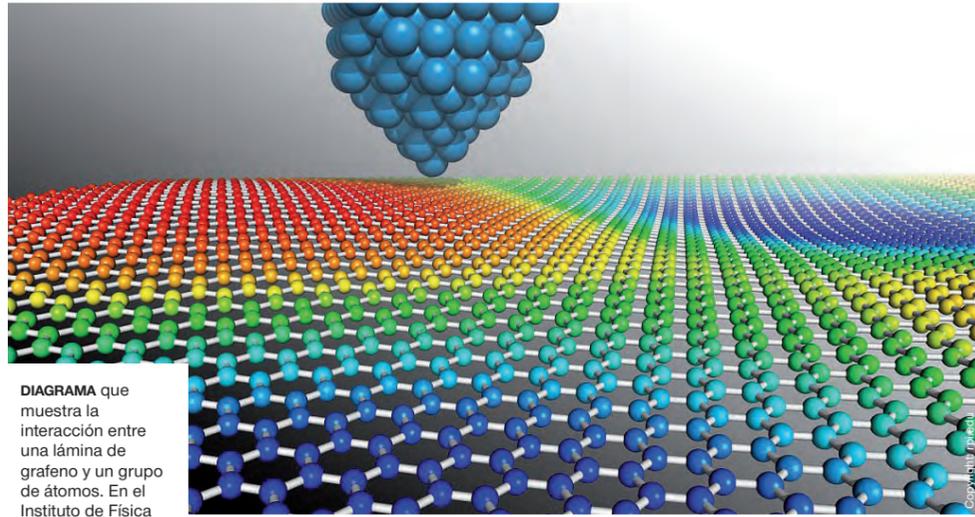


DIAGRAMA que muestra la interacción entre una lámina de grafeno y un grupo de átomos. En el Instituto de Física UC se estudian mecanismos de transporte electrónico y térmico en nanoestructuras, tales como puntos cuánticos, nanotubos y láminas de grafeno.

Investigación teórica: Las propiedades de las fases condensadas de la materia

El Grupo de Materia Condensada Teórica es uno de los más antiguos dentro de la Facultad de Física UC, comenzando en la década de los setenta con la participación de los profesores Ricardo Ramírez y Francisco Claro, entre otros. A partir de la década de los 80, se incorporaron nuevos académicos a esta línea de investigación, entre ellos, Miguel Kiwi.

INVESTIGACIÓN

Actualmente se realiza investigación teórica en una diversidad de sistemas, tanto dentro como fuera del equilibrio térmico. Se busca caracterizar la dinámica y la estabilidad de propiedades colectivas en sistemas discretos, tales como redes atómicas en materiales novedosos como el grafeno y nanotubos de carbono. Para ello, se utilizan métodos numéricos y analíticos, tales como simulaciones de Langevin, aproximaciones a la ecuación de Fokker-

Planck, aproximaciones variacionales, aproximaciones al continuo y cuasi-continuo, ecuaciones de Boltzmann y teorías de escalas múltiples. Se estudian también los mecanismos de transporte electrónico, térmico y efectos termoeléctricos en nanoestructuras, tales como puntos cuánticos, nanotubos, láminas y cintas de grafeno. Modelos basados en la aplicación del formalismo de Keldysh en teoría cuántica de campos lejos del equilibrio son desarrollados para obtener coeficientes de transporte en sistemas electrónicos altamente correlacionados, dentro y fuera del régimen de respuesta lineal. Un ejemplo de esto es el estudio del efecto Kondo en puntos cuánticos y moléculas.

Se realizan análisis teóricos en conjunto con la investigación experimental de sistemas nanoscópicos para la creación de sensores de alta sensibilidad y resolución espacial nanométrica

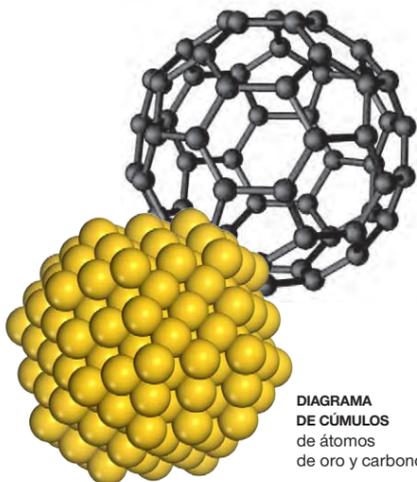


DIAGRAMA DE CÚMULOS de átomos de oro y carbono.

para el procesamiento de información cuántica. En particular, se estudian los defectos en sólidos que puedan ser accedidos ópticamente, como por ejemplo, el centro de color nitrógeno-vacante en el diamante. Estos sistemas optoelectrónicos, capaces de albergar grados de libertad cuánticos individuales como la carga o espín electrónico, son controlados mediante técnicas espectroscópicas y de microscopía de alta resolución. La alta complejidad de estos sistemas y de su medio ambiente requiere un modelamiento teórico que involucra Óptica Cuántica, Física del Sólido, Teoría de Grupos y Teoría Cuántica de Campos. Se realizan también cálculos de estructura electrónica basados en métodos de primeros principios. Dentro de los temas que abarcan estos trabajos, podemos mencionar nanotubos, propiedades físicas y químicas de nanopartículas, nanopartículas binarias y magnéticas, colisiones de nanopartículas y el fenómeno del sesgo del intercambio en materiales ferromagnéticos. Muchos de los profesores de esta área de investigación forman parte del Programa Basal Cedenna.

Académicos Física de materia condensada teórica



RICARDO RAMÍREZ
Profesor titular
Ph. D. U. California, Berkeley, EE.UU.
Líneas de investigación: *Nanotubes; Nanoclusters; Magnetism.*
E-mail: rramirez@fis.puc.cl



GRISELDA GARCÍA
Profesor asociado
Ph.D. Instituto Balseiro, Argentina.
Líneas de investigación: *Computational Physics; Clusters Stability; Magnetic Nanostructures.*
E-mail: ggarcia@fis.puc.cl



JOSÉ MEJÍA
Profesor asociado
Ph.D. Pontificia Universidad Católica de Chile.
Líneas de investigación: *Computational Physics; Magnetism; Nanostructures.*
E-mail: jmejia@fis.puc.cl
Web: <http://www.fis.puc.cl/~jmejia/>



ENRIQUE MUÑOZ
Profesor asociado
Ph. D. Rice University, Texas, EE.UU.
Líneas de investigación: *Statistical Mechanics; Field Theory Methods in Condensed Matter; Nanoscale Transport.*
E-mail: munozt@fis.puc.cl



EDWARD ARÉVALO
Profesor asistente
Dr. rer. nat. Universität Bayreuth, Alemania.
Líneas de investigación: *Systems out of Thermal Equilibrium; Discrete Metamaterials; Soft Matter Physics.*
E-mail: earevalo@fis.puc.cl



SEBASTIÁN REYES
Profesor asistente
Ph. D. SUNY at Stony Brook, EE.UU.
Líneas de investigación: *Transport in Nanostructures; Quantum Information Processing; Statistical Physics.*
E-mail: sareyes@fis.puc.cl

Investigación experimental: Fenómenos a escala micro y nanométrica

El Grupo de Física de Materia Condensada Experimental se dedica a la investigación empírica de fenómenos a escala micro y nanométrica de relevancia tecnológica. Desde comienzos de los años 90, en la Facultad de Física UC se han implementado diversos laboratorios de investigación en Ciencia de Materiales y Superficies que han permitido publicar más de 100 trabajos en revistas internacionales ISI así como también realizar tesis experimentales a más de 30 estudiantes de pregrado y 10 de postgrado.

CIENCIA DE MATERIALES Y SUPERFICIES

En el Laboratorio de Ciencia de Materiales se llevan a cabo estudios que involucran la interacción de gases con superficies sólidas de materiales metálicos, semiconductores y ferroeléctricos. Estas superficies sólidas pueden ser láminas metálicas de 0,1 mm de espesor, películas delgadas de 20 a

500 nm de espesor o nanoestructuras como “puntos” o “cúmulos” de pocos átomos. Estos estudios podrían tener aplicaciones directas en dispositivos de almacenamiento de hidrógeno, sensores de gases y nuevos transductores electrónicos. Las investigaciones se llevan a cabo midiendo los cambios de propiedades eléctricas, magnéticas y ópticas cuando las superficies sólidas entran en contacto con determinados gases tales como hidrógeno, monóxido de carbono y dióxido de carbono. La caracterización de los materiales se efectúa con varias técnicas espectroscópicas, entre ellas, electrones (Auger), análisis dispersivo de rayos-x (EDS) y de luz visible (Raman).

En el Laboratorio de Física Experimental y Aplicada de Interfaces (Surflab) se investigan las estructuras y dinámicas de bionanomateriales, películas de materiales blandos y películas magnéticas. Un objetivo es entender mejor las fuerzas detrás de cambios estructurales, procesos de autoensam-

blaje y dinámicas de películas e interfaces de materiales orgánico-biológicos e inorgánicos. Para este tipo de estudios se utilizan técnicas tales como Elipsometría de Alta Resolución (VHRE), Elipsometría de Imágenes (IE), Microscopía de Fuerza Atómica (AFM), Efecto Magneto-Óptico de Kerr (MOKE) y Desorción Térmica Programada (TPD) de películas debidamente preparadas.

Todos los equipos son diseñados y fabricados en el laboratorio. Los instrumentos son continuamente actualizados y se desarrollan nuevas técnicas para preparación de muestras y análisis, según los requerimientos. La investigación en Física de materia condensada nos permite participar en diversos proyectos, entre ellos el detector LHC y el estudio del impacto del material particulado PM2,5 en la Región Metropolitana, en colaboración con un grupo de investigadores de la Escuela de Ingeniería UC.

NANOTECNOLOGÍA

En el Laboratorio de Nanotecnología del Instituto de Física UC se estudian las propiedades físicas de nanomateriales. La fabricación de nanoestructuras se realiza mediante, por ejemplo, una membrana nanoporosa que puede ser producida de manera controlada, lo que permite variar el tamaño de sus poros desde 20 nm a 200 nm. Es posible fabricar nanotubos, nanopilares o nanopuntos de distintos materiales, como –por ejemplo– nanotubos de carbono o nanopuntos magnéticos.

Se utilizan diversas técnicas de microscopía o espectroscopía para caracterizar estos materiales y estudiamos el comportamiento de sus propiedades a bajas temperaturas (unos pocos grados Kelvin). El siguiente paso es investigar cómo utilizar estos nanomateriales en distintas aplicaciones tecnológicas.

En particular, es posible aumentar la eficiencia de fotocatalizadores para la producción de hidrógeno, mediante la descomposición del agua utilizando luz solar, y también se pueden utilizar en sensores químicos y biológicos.

Los laboratorios que actualmente se equipan en el nuevo Edificio Hernán Chuaqui permitirán el estudio de nanoestructuras y materiales mesoporosos de óxidos y subóxidos metálicos para aplicaciones en sensores, dispositivos electro-ópticos, microbaterías y fotoceldas. En particular, se estudiará la relación de las condiciones y cinética de crecimiento con las características morfológicas, químicas y estructurales del material; se realizarán experimentos de estabilidad y transiciones de fase (amorfo-cristalino) inducidos térmicamente y transformaciones estructurales de materiales metaestables crecidos

fuera de las condiciones de equilibrio. Otros estudios involucran entender el efecto de tamaño y microestructura de nanopartículas, películas delgadas y multicapas sobre el comportamiento de oxidación-reducción. Esto es fundamental para modificar y controlar sus propiedades eléctricas, ópticas, catalíticas y de interface, cruciales para el desarrollo de dispositivos tecnológicos.

A su vez, el nuevo Laboratorio de Deposición Química de Vapor (CVD) albergado en una sala limpia, permitirá la fabricación de diversos tipos de materiales multifuncionales de interés tecnológico que incluyen, entre otros, recubrimientos de herramientas de corte, películas multiferroicas, multicapas y nanoestructuras magnéticas. La versatilidad de esta técnica de crecimiento permite producir y modificar dichos materiales de manera controlada



MICROSCOPIO DE FUERZA ATÓMICA. Muchos de los instrumentos utilizados en los experimentos son diseñados y construidos por profesores y estudiantes de pre y postgrado.

y así aprovechar las principales propiedades que ellos poseen. Las muestras producidas se caracterizan con técnicas de microscopía y espectroscopía, con el fin de garantizar la fabricación exitosa de cada material. Debido a su exclusividad, este laboratorio trabajará en continua colaboración con otros laboratorios dentro y fuera del Instituto de Física UC.

Académicos Física de materia condensada experimental



ALEJANDRO CABRERA
Profesor titular
Ph.D. University of California, EE.UU.
Líneas de investigación: *Materials Science; Surface Science; Solid State Physics.*
E-mail: acabrera@fis.puc.cl
Web: <http://www.fis.puc.cl/~acabrera/doku.php>



ULRICH G. VOLKMANN
Profesor titular
Dr. rer. nat. Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Alemania.
Líneas de investigación: *Condensed Matter Physics; Experimental Physics of Interfaces; Bionanotechnology.*
E-mail: volkmann@fis.puc.cl
Web: <http://www.fis.puc.cl/~volkmann/>



ROBERTO RODRÍGUEZ
Profesor Asociado
Ph.D. Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.
Líneas de investigación: *Spintronic; Ferromagnetic Resonance; Exchange Bias.*
E-mail: rrodriguez@fis.puc.cl
Web: <http://www.fis.puc.cl/~rrodriguez/>



MICROSCOPIO electrónico de barrido (izq). Equipo de adsorción/desorción BET (der.). Diversas técnicas de caracterización son utilizadas en el Laboratorio de Ciencia de Materiales, tanto para investigación como para servicio externo.



Académicos Física de materia condensada experimental



ESTEBAN RAMOS
Profesor asistente
Ph.D. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Líneas de investigación: *Applied Physics; Ferroelectric Sensors; Hardmetal Coatings.*

E-mail: evramos@fis.puc.cl
Web: <http://www.fis.puc.cl/~evramos/>



DONOVAN DÍAZ
Profesor asistente
Ph.D. Universidad de Chile.

Líneas de investigación: *Nanostructures; Porousmaterials; Surface Physics.*
E-mail: dodiaz@fis.puc.cl



SAMUEL HEVIA
Profesor asistente
Ph.D. Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.

Líneas de investigación: *Nanoscience; Electronictransport; Photocatalyst.*

E-mail: samuel.hevia@fis.puc.cl
Web: <http://www.fis.puc.cl/~shevia/Home.html>



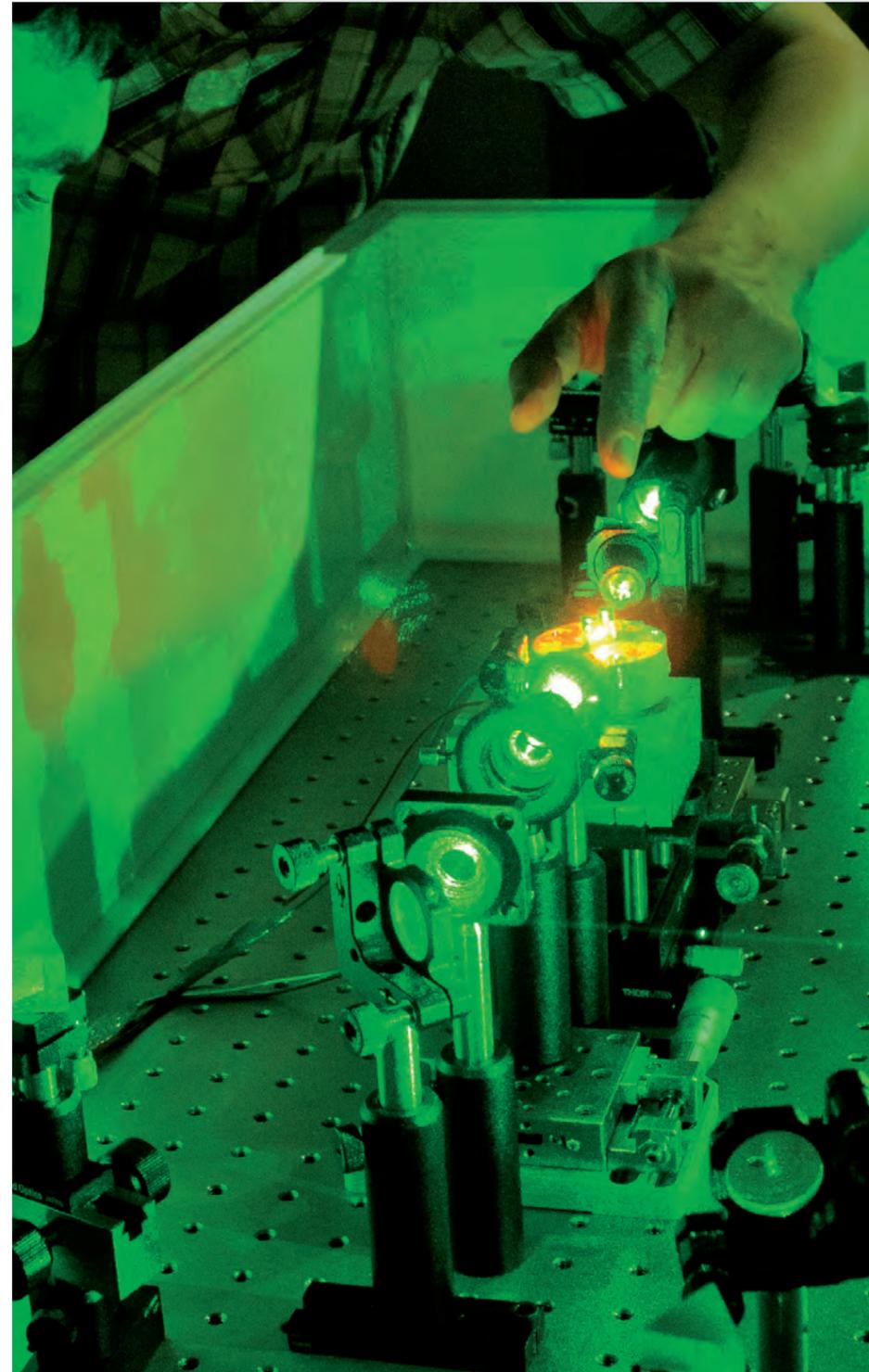
JERÓNIMO MAZE
Profesor asistente
Ph.D. Harvard University, EE.UU.

Líneas de investigación: *Color Centers in Diamond; Quantum Information in Solid State Systems; Multiple Qubit Coherent Manipulation.*
E-mail: jmaze@fis.puc.cl
Web: <http://www.fis.puc.cl/~jmaze/>

En el Instituto de Física UC se realiza también investigación teórica y experimental de sistemas nanoscópicos para la creación de sensores de alta sensibilidad y resolución espacial nanométrica para el procesamiento de información cuántica. En particular, se estudian defectos en sólidos que puedan ser accedidos ópticamente, como el centro de color nitrógeno-vacante en el diamante.

Estos sistemas optoelectrónicos –capaces de albergar grados de libertad cuánticos individuales como la carga o espín electrónico– son controlados mediante técnicas espectroscópicas y de microscopía de alta resolución como STED, resonancia de espín electrónico (ESR), resonancia de espín nuclear (NMR), espectroscopía Ramsey y Echo utilizando láseres, radiación de microondas y radiofrecuencia.

La alta complejidad de estos sistemas y de su medio ambiente requiere un modelamiento teórico que involucra: Óptica Cuántica, Física del Sólido, Teoría de Grupos y Teoría Cuántica de Campos. Estos defectos en sólido son aplicados para medir campos magnéticos o eléctricos, presión y temperatura con alta sensibilidad. El conocimiento generado a partir de estos estudios pueden tener aplicaciones directas en biología, lectura de propiedades magnéticas, almacenamiento y procesamiento de información cuántica.



ÁREAS DE INVESTIGACIÓN

4.6 Óptica cuántica, óptica no lineal e información cuántica: Interacción entre luz y materia

La Óptica Cuántica es un área de estudio de la interacción de la radiación electromagnética con la materia. Actualmente, existen varios experimentos enfocados tanto en aplicaciones de alta precisión como en la comprobación de hipótesis que pretenden contestar preguntas fundamentales de la Mecánica Cuántica, como por ejemplo su carácter contraintuitivo y no-local.

El Grupo de Óptica Cuántica del Instituto de Física UC consta de dos laboratorios donde se estudian fenómenos de óptica no lineal y sistemas nanoscópicos con múltiples grados de libertad cuánticos.

En el primero, mediante un haz de luz muy intenso proporcionado por un láser de titanio-zafiro, estudiamos pulsos infrarrojos ultracortos y de alta potencia. Estos pulsos tienen una intensidad máxima de diez mil billones de vatios por centímetro cuadrado. Además, con un detector homodino con fotodiodos de una eficiencia cuántica muy alta

El entendimiento de la interacción de fotones con la materia es de vital importancia no solo para generar aplicaciones a procesamiento de señales ópticas, computación y criptografía, sino también para responder preguntas fundamentales del comportamiento de sistemas cuánticos.

y con amplificadores rápidos podemos investigar la estadística de fotones de un diodo láser de cavidad externa.

En el Laboratorio de Sistemas Nanoscópicos estudiamos cómo controlar espines tanto electrónicos como nucleares en centros de color en estado sólido. Dichos grados de libertad

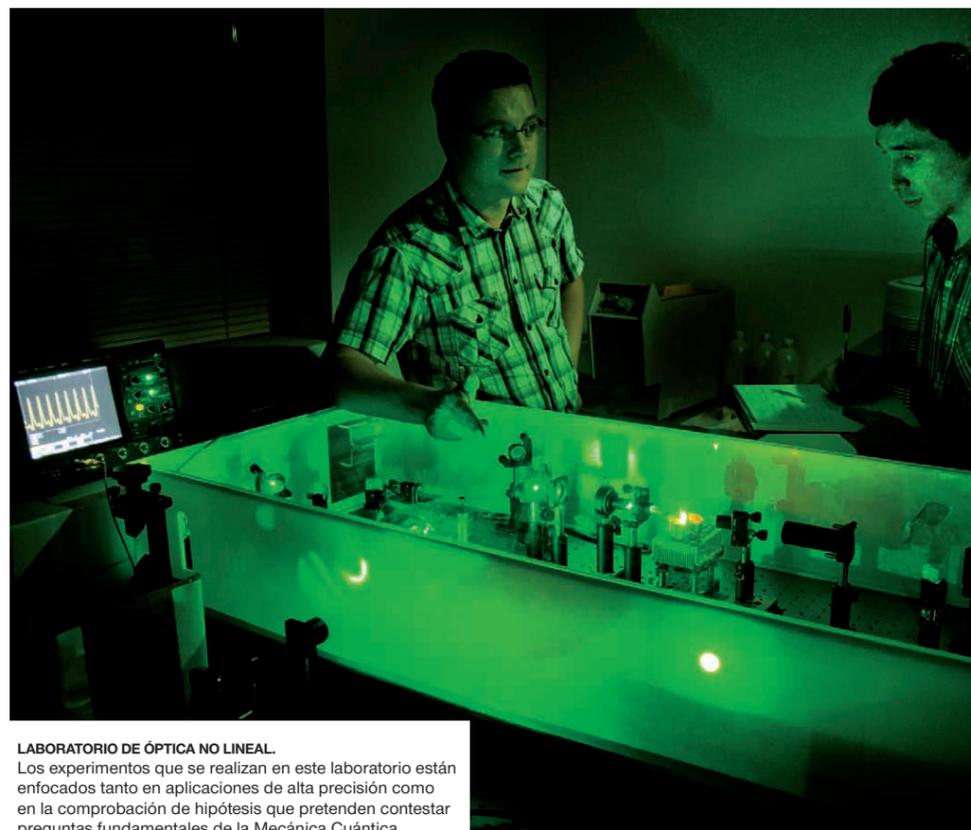


pueden ser utilizados como *bits* cuánticos en procesos de computación y como sensores para mediciones de alta precisión.

La Óptica Cuántica y el control de grados de libertad cuánticos en sistemas nanoscópicos están permitiendo explorar nuestro mundo a escala muy pequeña y la implementación de interesantes aplicaciones tales como pro-

cesamiento de señales ópticas, computación, información, teleportación y criptografía cuántica, enfriamiento y atrapamiento de átomos/moléculas mediante láseres, crecimiento de materiales nano-estructurados con propiedades ópticas exóticas, metrología cuántica para sensores de alta resolución espacial y fuentes de fotones individuales.

La Información Cuántica es una nueva ciencia que surgió de la Mecánica Cuántica y su objetivo es mejorar la transmisión y el procesamiento de información, lo cual promete un gran número de nuevas tecnologías para el futuro. Un aspecto fundamental y necesario es el entrelazamiento cuántico. Este término fue introducido en 1935 por Erwin Schrödinger para describir un fenómeno cuántico en el cual las partículas entrelazadas no pueden describirse como partículas individuales con estados definidos, sino más bien como un sistema conjunto. El entrelazamiento es la base de tecnologías en fase de desarrollo, tales como: computación y criptografía cuántica, y experimentos de teleportación. Dentro de los problemas teóricos abiertos destacan la propagación y distribución del entrelazamiento en distintos sistemas físicos.



LABORATORIO DE ÓPTICA NO LINEAL.
Los experimentos que se realizan en este laboratorio están enfocados tanto en aplicaciones de alta precisión como en la comprobación de hipótesis que pretenden contestar preguntas fundamentales de la Mecánica Cuántica.

Académicos Óptica cuántica



MIGUEL ORSZAG
Profesor titular
Ph.D. Worcester Polytechnic Institute, EE.UU.

Líneas de investigación: *Quantum Information; Quantum Optics; Entanglement.*
E-mail: morszag@fis.puc.cl
Web: <http://www.fis.puc.cl/~morszag/>



SASCHA WALLENTOWITZ
Profesor asociado
Dr. rer. nat. Universität Rostock, Alemania.

Líneas de investigación: *Quantum Optics; Light-Matter Interaction; Quantum-State Tomography.*
E-mail: swallent@fis.puc.cl
Web: <http://www.fis.puc.cl/~swallent>



BIRGER SEIFERT
Profesor asistente
Dr. rer. nat. Universität Rostock, Alemania.

Líneas de investigación: *Quantum Optics; Nonlinear Optics; Femtosecond Physics.*
E-mail: bseifert@fis.puc.cl
Web: <http://www.fis.puc.cl/~bseifert/>



JERÓNIMO MAZE
Profesor asistente
Ph.D. Harvard University, EE.UU.

Líneas de investigación: *Single Molecules Spectroscopy, Quantum Mechanics-Based Metrology; Nanometer Resolution Magnetic Sensing.*
E-mail: jmaze@fis.puc.cl
Web: <http://www.fis.puc.cl/~jmaze/>



5.
POSTGRADOS

POSTGRADO: Aportando valioso capital humano al país



El desarrollo tecnológico de un país se puede medir por el número de físicos de la población que hacen investigación tanto en universidades como en industria. En Chile, la situación actual está caracterizada por una cantidad muy reducida de grupos experimentales activos. Es por eso que el Instituto de Física UC se preocupa por formar postgraduados, apor-

tando de esta manera un valioso capital humano al país. Una de las principales ventajas comparativas de los programas de postgrado que ofrece el Instituto, es la posibilidad de realizar el trabajo de tesis en áreas de investigación de alto impacto y en conjunto con instituciones dentro y fuera de Chile, potenciando así la colaboración interdisciplinaria e internacional.

MAGÍSTER EN FÍSICA

El grado que se confiere es solo uno, Magíster en Física, a pesar de que se proponen dos mallas distintas de cursos orientados a Física teórica y experimental. Una vez aprobados los ramos del programa (3 semestres), se realiza un trabajo de investigación (tesis) de 1 a 2 semestres de duración.

CURSOS	
Magíster en Física Teórica	Magíster en Física Experimental
Mecánica Clásica	Mecánica Clásica
Mecánica Cuántica Avanzada	Óptica Clásica
Electrodinámica Clásica	Práctica Avanzada de Laboratorio
Mecánica Estadística Avanzada	Física Atómica y Molecular
Optativos I, II y III	Optativos I, II y III



CONVENIO PROGRAMA DE MAGÍSTER EN FÍSICA PARA ALUMNOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA

Este convenio, establecido en 1992, tiene por objetivo estimular a estudiantes e Ingeniería para que, además de obtener su título de ingeniero, alcancen el grado de Magíster en Física.

Los estudiantes deben tomar cursos de la Licenciatura en Física y adicionalmente, otros mínimos del Magíster en Física, variante teórica o experimental. El trabajo de investigación final requerido para obtener el grado de Magíster en Física (Tesis de Magíster) y el Título de Ingeniero Civil o Ingeniero Civil de Industrias y sus menciones (Memoria de Título) es realizado en codirección de un profesor de la Facultad de Física y uno de la Escuela de Ingeniería.

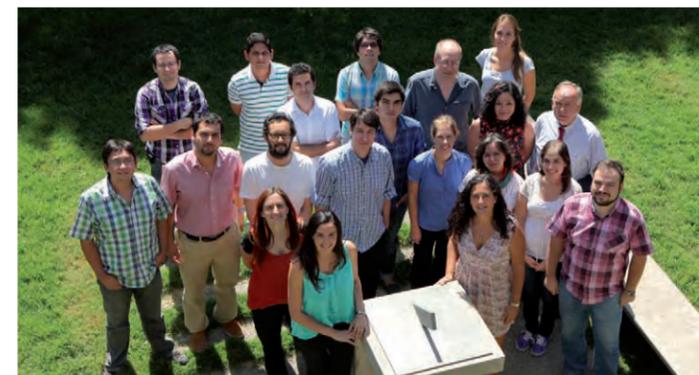
DOCTORADO EN FÍSICA

El grado que se confiere es solo uno, Doctor en Física, a pesar de que se proponen dos mallas distintas de cursos orientados a Física teórica y experimental. Una vez aprobados los ramos del programa (3 semestres) y un examen de calificación, se realiza un trabajo de investigación (tesis) de 5 semestres de duración.

CURSOS	
Doctorado en Física Teórica	Doctorado en Física Experimental
Mecánica Cuántica Avanzada	Mecánica Clásica
Mecánica Clásica	Óptica Clásica
Electrodinámica Clásica	Práctica Avanzada de Laboratorio
Mecánica Estadística Avanzada	Física Atómica y Molecular
Optativos I, II y III	Optativos I, II y III
Trabajo Supervisado I y II	Trabajo Supervisado I y II

NUEVO PROGRAMA DE MAGÍSTER EN FÍSICA MÉDICA

Desde el 2012, el Instituto de Física UC imparte el Magíster y título profesional de Física Médica, que tiene doble titulación junto a la Universidad de Heidelberg, Alemania. El Programa de Magíster en Física médica está orientado a todos aquellos estudiantes con formación básica en Física, Ingeniería o ciencias afines. Actualmente los profesores y estudiantes del magíster suman más de veinte personas (ver fotografía).



FORMACIÓN

El Programa de Magíster en Física Médica del Instituto de Física UC entrega una formación teórica y práctica sólida en los fundamentos físicos de la terapia con radiaciones así como en el diagnóstico por imágenes. Adicionalmente, permite un acercamiento a los conocimientos relacionados con el uso de nuevas tecnologías y a la investigación sobre temas de relevancia en el área. Al ser la Física Médica un área interdisciplinaria por naturaleza, el alumno tendrá oportunidad de interactuar y cooperar en grupos de trabajo multidisciplinarios, como preparación a su futuro desempeño y con independencia del ámbito elegido.

PERFIL DEL EGRESADO

El alumno egresado del Programa de Magister en Física Médica estará capacitado para desarrollar una carrera en el medio clínico, académico y/o industrial.

Será además capaz de comprender los principios físicos involucrados en las aplicaciones de la Física a la medicina y, en general, a las ciencias de la vida. Esto le permitirá emplear técnicas analíticas para la solución de problemas y necesidades que surjan en la práctica de las ciencias médicas.

En concreto, su formación incluirá aplicaciones en prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades humanas, así como el desarrollo de competencias en investigación médica.

OBJETIVOS	CONTENIDOS	CARACTERÍSTICAS
<ul style="list-style-type: none"> Aplicar los conceptos de la Física implicados en la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Formar científicos y profesionales capaces de desarrollar nuevas técnicas. Potenciar la investigación en Física Médica en Chile. 	<ul style="list-style-type: none"> Anatomía y fisiología. Física de las radiaciones y dosimetría. Radiobiología y radioprotección. Física de la terapia con radiaciones. Física de las imágenes médicas. Técnicas avanzadas de radioterapia. 	<ul style="list-style-type: none"> Título profesional. Doble grado UC-Universidad de Heidelberg, Alemania. Colaboración científica directa con las universidades de Heidelberg y Tecnológica de Queensland. Prácticas clínicas.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
Facultad de Física.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Chile.

Física UC
investigación y postgrado

TEXTOS

Mireya Seguel B.

EDICIÓN Y COORDINACIÓN

Esteban Ramos M.

DIRECCIÓN DE ARTE

Soledad Hola J.
Diseño Corporativo UC.

DISEÑO Y ARTE

Claudia Brenning C.
María Inés Vargas de la P.
Diseño Corporativo UC.

FOTOGRAFÍAS

Álvaro de la Fuente F.

Primera edición en español de 1.000 ejemplares.

IMPRESIÓN

Gráfica Escorpio.



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE