



LA FISICA EN LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Walter Fernández
Director, Escuela de Física, UCR

1. INTRODUCCION

El objetivo del presente artículo es describir en forma resumida el estado actual (1994) del desarrollo de la Física en la Universidad de Costa Rica.

Las actividades de investigación que se describirán son realizadas por la Escuela de Física, que forma parte de la Facultad de Ciencias, y por dos centros de Investigación adscritos a la Vicerrectoría de Investigación: el Centro de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Materiales y el Centro de Investigaciones Geofísicas. Antes de describir estas actividades, se mencionarán los programas de estudio.

2. PROGRAMAS DE ESTUDIO

La Universidad de Costa Rica, a través de la Escuela de Física y del Sistema de Estudios de Posgrado, ofrece los siguientes programas:

- Bachillerato en Física
- Bachillerato en Meteorología
- Licenciatura en Meteorología
- Maestría en Física
- Especialidad Profesional de Posgrado en Meteorología Aplicada
- Maestría en Ciencias de la Atmósfera

El programa de la Maestría en Ciencias de la Atmósfera se abrirá formalmente en 1995. Se debe señalar que la Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica es un Centro Regional de Formación Meteorológica de la Organización Meteorológica Mundial (organismo especializado de las Naciones Unidas). De los programas de Meteorología se han graduado personas de los siguientes países: Brasil, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y República Dominicana. Actualmente hay estudiantes de Costa Rica, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Panamá, Paraguay y Venezuela. También se han ofrecido cursos a nivel técnico para estudiantes de un gran número de países de Latinoamérica. Además de la Organización Meteorológica Mundial, se ha recibido ayuda de la Agencia Finlandesa para el Desarrollo Internacional (FINNIDA) y de la "Carl Duisberg Gesellschaft e.V." de Alemania.

La Escuela de Formación Docente de la Facultad de Educación y la Escuela de Física ofrecen conjuntamente programas en Enseñanza de la Física para la Educación Secundaria. Estos programas son los siguientes:

- Bachillerato en la Enseñanza de la Física
- Licenciatura en Enseñanza de la Física

Hay también un programa de Bachillerato en Enseñanza de las Ciencias, en el cual participa la Escuela de Física.

3. AREAS DE INVESTIGACION

Las principales áreas de investigación son las siguientes:

- Física del Estado Sólido y Ciencia de Materiales
- Física Teórica y Astrofísica Teórica
- Física Nuclear Aplicada
- Ciencias Geofísicas (Ciencias Atmosféricas y Planetarias, Oceanografía Física, Percepción Remota y Sismología).

A continuación se describen los temas de estas áreas, mencionando también los centros o laboratorios que coordinan las respectivas actividades.

■ Centro de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Materiales.

El principal objetivo de este Centro es el estudio de las propiedades físicas y químicas de materiales para su desarrollo y adaptación en procesos industriales.

La investigación de este Centro está enfocada actualmente en películas delgadas y recubrimientos. Hay proyectos en los siguientes aspectos:

- Materiales magnéticos
- Materiales hidrogenados
- Superficies selectivas
- Recubrimientos duros
- Superconductores
- Instrumentos virtuales
- Cuasicristales
- Simulación de crecimiento

El trabajo sobre materiales magnéticos está relacionado con el crecimiento y caracterización magneto-óptica de multicapas magnéticas con aplicación a los medios magnéticos para grabación magneto-óptica. La investigación en materiales hidrogenados trata con el crecimiento y caracterización eléctrica de metales y recubrimientos metálicos; se estudia la absorción de Hidrógeno con aplicación a sensores de Hidrógeno y almacenamiento. En superficies selectivas, se trata con el modelaje, crecimiento y caracterización óptica de recubrimientos con aplicación a los filtros ópticos. En recubrimientos duros, se está construyendo un magnetron y su sistema de vacío para el crecimiento de recubrimientos de Nitruro de Titanio con aplicación al endurecimiento y protección de superficies. En lo referente a superconductores, se trabaja en la caracterización eléctrica de superconductores de alta temperatura de transición y se desarrollan sensores de campos magnéticos basados en superconductores de alta temperatura de transición. Se trabaja en el desarrollo de instrumentación virtual utilizando el programa LabView y la interfase de "National Instruments". En cuasicristales, el trabajo trata sobre el crecimiento y la caracterización basada en microscopía electrónica y difracción de rayos X de aleaciones con estructura cuasicristalina. En el Centro, se desarrollan códigos de cómputo para la simulación del crecimiento de películas delgadas.

Además, el Centro ofrece servicios de caracterización eléctrica, óptica,

magnética, de composición química y de resistencia de materiales.

El Centro mantiene colaboraciones con otros laboratorios de la Universidad de Costa Rica (principalmente el Laboratorio de Física Nuclear Aplicada y la Unidad de Microscopía Electrónica). También colabora con la Universidad Nacional (Costa Rica), el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (Costa Rica), Universidad Francisco Marroquín (Guatemala), Florida State University (Estados Unidos), University of Texas at Austin (Estados Unidos), Centro de Investigación en Materiales y Metrología (Argentina) y CINVESTAV (México). Además, coordina actividades del programa CYTED en el área de películas delgadas y recubrimientos.

Se debe señalar que aunque el Laboratorio de Física del Estado Sólido de la Escuela de Física es administrativamente independiente del Centro de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Materiales, desde el punto de vista de sus actividades de investigación está unido al Centro, incluso comparten el mismo espacio físico. Por esta razón, no se ha mencionado específicamente dicho laboratorio.

■ Grupo de Física Teórica (Escuela de Física)

Este grupo trabaja en los siguientes temas:

- Física de Altas Energías
- Física Nuclear
- Física Atómica y Molecular
- Física Estadística, utilizando teoría cuántica de campo a temperatura finita

En Física de Altas Energías se ha realizado investigación sobre el comportamiento anómalo del espín en colisiones protón-protón y en las Teorías de Gran Unificación se ha estudiado la estructura del grupo del modelo estándar y sus posibles extensiones. En Física Nuclear se ha investigado el origen del rompimiento de la simetría de carga de fuerzas nucleares y el "scattering" relativista de leptones e interac-

ciones electromagnéticas. La investigación en Física Atómica y Molecular ha estado relacionada con la transferencia de protones en sistemas con enlaces con hidrógeno y se trabaja en cómputos semiempíricos moleculares con énfasis en el efecto ambiental. Se ha estado investigando la teoría fundamental de líquidos y superfluidos, utilizando una teoría del campo medio dentro del formalismo de la teoría cuántica de campo a temperatura finita.

El Grupo ha mantenido colaboraciones con la Universidad de Stanford (Estados Unidos), la Universidad de Uppsala (Suecia) y la Universidad de Udaipur (India). En el pasado se colaboró con la Universidad de Lausanne (Suiza), Universidad de Zurich (Suiza) y Universidad de Munich (Alemania) para realizar un experimento conjunto que permitió establecer el rompimiento de la simetría de carga.

■ Laboratorio de Investigaciones Astrofísicas. (Escuela de Física)

Los temas de investigación de este Laboratorio son:

- Entes estelares compactos (enanas blancas, estrellas de neutrones, pulsares, agujeros negros, "gamma ray bursts")
- Procesos radiativos en campos magnéticos fuertes de atmósferas estelares (procesos microscópicos y procesos macroscópicos: Física de Plasmas)

En entes estelares compactos se han estado modelando las atmósferas de los "gamma ray bursts" y de los pulsares mediante la simulación computacional, utilizando los métodos de Monte Carlo y transporte convencional de radiación.

La investigación sobre procesos radiativos en campos magnéticos fuertes de atmósferas estelares ha estado relacionada principalmente con lo siguiente:



- 1) cálculo de la aniquilación del par en un campo magnético fuerte para cualesquiera polarizaciones del fotón y de los fermiones;
- 2) cálculo del Efecto Compton, tomando también en cuenta las polarizaciones de los fotones y fermiones;
- 3) cálculo de la "self-energy" del electrón en un campo magnético fuerte.

El Laboratorio mantiene colaboraciones con el Instituto de Astrofísica Teórica de la Universidad de Tübingen (Alemania), el Instituto de Astrofísica de la Universidad de Bochum (Alemania) y con el Departamento de Física de la Universidad Nacional (Costa Rica).

Personal de este Laboratorio ha trabajado también en geomagnetismo y en etnoastronomía y arqueoastronomía.

■ **Laboratorio de Física Nuclear Aplicada.**
(Escuela de Física)

Este Laboratorio realiza investigación en los siguientes temas:

- Fluorescencia de rayos X (energía dispersiva y reflexión total)
- Trazas nucleares (detectores plásticos) y radiografía por captura neutrónica (reacción neutrón-Alfa, reacción neutrón-tritón)
- Conteo de bajo nivel (Espectroscopía Alfa, Espectroscopía Gamma)
- Termoluminiscencia

La fluorescencia de rayos X se utiliza en proyectos relacionados con la determinación de trazas en materiales biológicos (por ejemplo, en el café) y con la contaminación por metales pesados en el aire y aguas superficiales. También se determina el contenido de plomo en pintura.

Los detectores plásticos de partículas cargadas son utilizados para la determinación de niveles de Boro en frutas y legumbres. También se utilizan en la detección de Radón para determinar su concentración en recintos ha-

bitacionales y para aplicaciones en Geofísica (por ejemplo, fallas tectónicas, predicción de sismos y estudios de mareas terrestres como precursoras de señales pre-sísmicas). Los mismos proyectos se desarrollan simultáneamente utilizando detectores de barra superficial (Silicio).

Con detectores semiconductores de Germanio de alta pureza se hace medición directa de radionucleidos en el medio ambiente, utilizando espectroscopía alfa o espectroscopía gamma de bajo nivel.

La termoluminiscencia se usa en protección radiológica y en datación, así como para medir la radiación gamma en el ambiente.

Además, el Laboratorio ofrece servicios en dosimetría alfa, conteo de bajo nivel, fluorescencia de rayos X, control de calidad y máquinas de rayos X).

El Laboratorio mantiene colaboraciones con otros laboratorios de la Universidad de Costa Rica y con la Comisión Nacional de Energía Atómica, Universidad Nacional (Costa Rica), Universidad de Montpellier (Francia), Universidad de Rouen (Francia), Florida State University (Estados Unidos) e Instituto de Energía Nuclear (Brasil). Durante muchos años ha recibido sistemáticamente la colaboración del Organismo Internacional de Energía Atómica.

■ **Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias.**
(Escuela de Física)

Los temas de investigación de este Laboratorio son:

- Variabilidad climática y cambio global
- Aplicaciones de los satélites meteorológicos
- Estructura y dinámica de nubes y tormentas
- Procesos de mesoescala
- Micrometeorología
- Química Atmosférica
- Ciencia Planetaria

En variabilidad climática y cambio global se han estado estudiando las variaciones interanuales de la temperatura en Costa Rica, las características del clima a sotavento de las montañas de Costa Rica y las variaciones de la radiación solar (global y ultravioleta) en Costa Rica. Los datos obtenidos con satélites están siendo utilizados para estudios de la radiación global en superficie y para estimar la lluvia en superficie, así como complemento en el estudio de situaciones meteorológicas. Se han estado realizando investigaciones sobre los sistemas nubosos precipitantes en los trópicos y sobre los efectos de mesoescala que resultan de la interacción del flujo con la orografía. Otro campo de investigación ha estado ligado al efecto del microclima sobre la incidencia de pestes y enfermedades en cultivos, así como a estudios climáticos para la zonificación agrícola y forestal. En Química Atmosférica se han estado investigando reacciones de intercambio isotópico en el ciclo OX y mecanismos de formación del ozono. También hay un proyecto para estudiar diferentes aspectos relacionados con la radiactividad ambiental, en colaboración con el Laboratorio de Física Nuclear Aplicada. En Ciencia Planetaria se han realizado investigaciones sobre vientos cerca de los cascos polares de Marte y sobre aspectos geofísicos asociados a la ocurrencia de un eclipse total de Sol.

El Laboratorio mantiene una amplia colaboración con el Centro de Investigaciones Geofísicas de la Universidad de Costa Rica y con el Instituto Meteorológico Nacional. También se realizan trabajos conjuntos con el Instituto Costarricense de Electricidad (Departamento de Hidrología y Oficina de Geofísica Aplicada), el Departamento de Física de la Universidad Nacional y el Departamento de Física del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Además el Laboratorio ha recibido colaboración por parte de la Organización Meteorológica Mundial y la Agencia Finlandesa para el Desarrollo Internacional (FINNIDA), como parte del apoyo brindado a los programas de formación meteorológica.

■ **Centro de Investigaciones Geofísicas.**

Los programas de investigación de este centro cubren todas las Ciencias Geofísicas, pero se enfocan principalmente a:

- Percepción Remota con aplicación a los recursos naturales
- Prevención de desastres naturales
- Estructura y dinámica de los sistemas geofísicos
- Oceanografía Física

El Centro ha estado desarrollando la tecnología instrumental, computacional y de análisis para aplicar las técnicas de percepción remota en apoyo directo a los programas de evaluación y uso de recursos terrestres y de prevención de desastres naturales. Se ha desarrollado un sistema computacional de análisis de imágenes digitales (ANIMA).

Diversos aspectos sobre la sismicidad y actividad volcánica de Costa Rica han sido investigados en proyectos conjuntos del Centro y de la Escuela Centroamericana de Geología. Por ejemplo, el terremoto de Limón del 22 de abril de 1991 ha sido estudiado, así como los efectos geofísicos que produjo en la región atlántica de Costa Rica.

En Oceanografía Física se ha estudiado la variabilidad espacial y temporal de la estructura térmica superficial del Pacífico adyacente a Costa Rica y su relación con los recursos pelágicos. Se ha desarrollado un modelo hidrodinámico bidimensional para predecir las corrientes y las mareas en el Golfo de Nicoya. También, se han implementado técnicas de pronóstico de oleaje en la Costa Atlántica de Costa Rica durante el período de huracanes. Otro tema de investigación ha sido la predicción de las mareas en las costas de Costa Rica. Además, se hizo un análisis de los registros del nivel del mar correspondientes al terremoto de Cóbano del 25-3-92.

También se han realizado investigaciones en Meteorología y en Cambio

Global (ondas atmosféricas tropicales, sistemas convectivos tropicales, micro-meteorología y variabilidad climática). En estas actividades existe una gran colaboración con el Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias.

Además, se ha estado trabajando en el desarrollo y aplicación de un sistema de bases de datos geofísicos.

El Centro mantiene una relación muy cercana con la Escuela de Física y la Escuela Centroamericana de Geología. También, coordina esfuerzos en programas específicos con varias instituciones, entre las que se encuentran el Instituto Geográfico Nacional, Instituto Meteorológico Nacional, Instituto Costarricense de Electricidad, Universidad Nacional (Costa Rica) e Instituto de Geofísica de la UNAM (México). El Centro recibió, mediante una donación del Gobierno, de Japón, una estación receptora de imágenes satelitales. Por su colaboración en los programas de formación meteorológica, se ha beneficiado de la ayuda brindada por la Organización Meteorológica Mundial y la Agencia Finlandesa para el Desarrollo Internacional (FINNIDA).

4. RECURSOS HUMANOS

La Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica cuenta actualmente con 26 profesores nombrados en propiedad y un gran número de profesores nombrados interinamente. De los profesores en propiedad, 17 tienen el doctorado (Ph.D.), siete tienen la maestría (M.Sc.) y dos tienen la licenciatura (Lic.). Además, varios catedráticos que se jubilaron colaboran con la Escuela de Física como profesores Ad-Honorem.

Hay doce personas obteniendo su doctorado, las cuales se reintegrarán a la Escuela de Física como personal en propiedad cuando concluyan sus estudios. Actualmente, para ocupar una plaza en propiedad en la Escuela de Física se requiere tener el grado académico de doctor.

5. COMENTARIOS FINALES

Además de los áreas de investigación mencionadas, en la Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica hay varios profesores interesados en Historia de la Ciencia y en la Enseñanza de la Física. Por otro lado, la Escuela de Física, el Centro de Investigaciones Geofísicas y el Centro de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Materiales poseen una amplia experiencia en la organización de actividades científicas internacionales (congresos, simposios, seminarios, talleres y cursos).

La Universidad de Costa Rica ha logrado un desarrollo substancial en Física y las ciencias conexas. Un paso importante para consolidar este avance ha sido la conexión a Internet. Actualmente, las universidades estatales y muchas universidades privadas y centros gubernamentales y privados relacionados con la Ciencia y la Tecnología tienen acceso a Internet. Se considera que esto es fundamental para el desarrollo del país. La Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica promovió fuertemente la conexión a Bitnet y posteriormente a Internet y ha proporcionado personal a la Red Nacional de Investigación (CRNet) durante varios años, siendo el aporte de esta colaboración mucho mayor que el brindado por cualquiera de las otras instituciones que han proporcionado ayuda al proyecto. ■

AGRADECIMIENTOS

Varios colegas proporcionaron información que ha sido utilizada en este trabajo. En particular, el autor desea expresar su agradecimiento a José Araya, Javier Bonatti y Guillermo Loría.