

Centro Internacional de Física

Libertad para
pensar y actuar

1985 - 2010



Lisbeth Fog Corradine



Universidad Nacional de Colombia, Calle 45 Carrera 30
Edificio de Programas Especiales Manuel Ancizar, Segundo Piso
Bogotá D.C., Colombia.

Director Eduardo Posada Flórez	Director del Grupo de Fundamentos Clásicos de la Física Héctor Múnera
Asesor Gustavo Esguerra	Asistente administrativo César Ramos
Directora del Laboratorio de Biofísica Marcela Camacho	Revisora fiscal Teresa Bonilla
Director del Grupo de Física Aplicada y Desarrollo Tecnológico José Enrique García	Coordinadora de proyectos Saya Garavito
Directora del Grupo de Biotecnología Marta Lucía Guardiola	Asistente de la Coordinación de Proyectos María Isabel Martínez
Director de los Grupos de Óptica y Ciencia de Materiales Edgar Alfonso	Contadora Claudia Ávila
	Secretarías Irma Rugeles Libia Carbonell

Diseño y diagramación: Arley Daza Ortega

Portada: David Rivera

Fotografías: Archivo CIF, Arley Daza, Photojournal de la NASA

Primera edición: abril de 2011

Edición, armada electrónica, impresión y encuadernación:
MECARS Impresores

Esta publicación ha sido realizada con la colaboración financiera de la
Universidad Antonio Nariño y Energuaviare

Impreso y hecho en Colombia

© Centro Internacional de Física, CIF
© Lisbeth Fog Corradine

ISBN: 978 - 958 - 99854 - 0 - 3

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1 - DE LA IDEA A LA REALIDAD	7
La génesis	10
Abdus Salam llega por primera vez a Colombia	12
La ACIF	15
El CIF	20
CAPÍTULO 2 - CONSTRUCCIÓN DE CAPACIDADES Y GENERACIÓN DE NUEVO CONOCIMIENTO	53
Biofísica	55
Astrofísica	89
Biotecnología	101
Física aplicada y desarrollo tecnológico	121
Óptica	139
Fundamentos clásicos de la física	147
Ciencia de los materiales	161
CAPITULO 3 - UN CIF PARA COLOMBIA Y PARA LA REGIÓN	167
ANEXOS	177
1. Listado de cursos dictados por la ACIF 1982 – 1985	178
2. Listado de libros de Memorias ACIF – CIF	179
3. Listado de cursos dictados por el CIF 1986 - 2010	180
BIBLIOGRAFÍA	188

PRESENTACIÓN

La idea de hacer un balance y presentarlo en una publicación al cumplir 25 años tiene varios objetivos que van mucho más allá de creer que la tarea está cumplida.

En primer lugar es una reflexión sobre lo construido, que se remonta a años anteriores incluso de la firma del acta de constitución, desde que se identifica la necesidad, y también la oportunidad, de promover la física, las ciencias básicas, y en general la ciencia, la tecnología y la innovación en el país.

También, y en segundo lugar, las historias deben recogerse y compilarse, antes de que se olviden, porque son un insumo que puede servir de lección. El relato de los procesos, de las circunstancias que les van abriendo el camino y de los obstáculos que nunca faltan, puede ser aprovechado en sus aspectos positivos, así como en sus errores, e inspirar a otros a que se aventuren a liderar esquemas similares.

El libro se sustenta principalmente en relatos de quienes han estado cercanos al CIF, y de aquellos que han estado aquí siempre, incondicionales. Sin ellos la viabilidad del Centro ni siquiera hubiera sido posible.

Libertad para pensar y actuar aporta desde la experiencia del Centro Internacional de Física, CIF, parte de la historia de la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia y en la región, y en ese sentido esperamos que el libro entregue insumos para los historiadores sociales de la ciencia nacional.

Dentro de ese marco, el libro relata cómo el CIF ha jugado un destacado papel en la construcción de la política científica desde la década de los años ochenta, así como en la formación de investigadores que hoy son su principal orgullo, y en lograr reducir la brecha en la relación academia – industria.

Pero los investigadores se forman haciendo investigación. Y si en una primera etapa el CIF se concentró en conectar a Colombia y a la región con el mundo a través de innumerables cursos de formación y oportunidades de beca para colombianos en el exterior, es en los últimos 15 años que se ha dedicado con tesón a investigar, producir, innovar, pero sobre todo a promover actitudes responsables y a formar líderes en la generación de nuevo conocimiento en diferentes disciplinas afines con la física, y a la aplicación de ese conocimiento innovador que ofrezca soluciones a los colombianos.

Es indudable que la labor del CIF, contribuye al crecimiento económico del país, en la medida en que genera conocimiento útil y de alto nivel para responder a las necesidades de la industria. En este sentido, una de sus misiones será la de seguir estrechando los vínculos con el sector productivo, dándole énfasis a temas estratégicos para el país y la región como el aprovechamiento de la biodiversidad, las fuentes de energía, la solución de problemas en salud y el desarrollo tecnológico industrial.

Los siguientes 25 años seguiremos pensando, actuando y construyendo, con la esperanza de que Colombia, con nuestros resultados y con el desarrollo en general de la ciencia, la tecnología y la innovación, sea el país en el que todos queremos vivir.

Eduardo Posada Flórez

DE LA IDEA

A LA REALIDAD

En la década de los años sesenta, algunas universidades colombianas abrieron sus programas de pregrado en física, como la Nacional, en su sede de Bogotá (1962), la del Valle en Cali (1966) y la de Antioquia en Medellín (1968), y la Universidad de los Andes en Bogotá lo hizo en 1978. La idea venía desde finales de los años cincuenta, y quienes adquirieron la responsabilidad de diseñar los primeros programas fueron docentes de física de otras facultades o profesores de las facultades de ingeniería. En septiembre de 1966 se graduaron los primeros ocho físicos del país, egresados de la Universidad

Nacional, sede Bogotá. Luego los de la Universidad del Valle en 1970 y en 1973, la Universidad de Antioquia le entregó el diploma a tres nuevos físicos. Al comenzar la década del setenta ya Colombia contaba con un número cercano a los 20 físicos graduados en el país.

Era el comienzo de los estudios profesionales de física en una época en la que Colombia, y América Latina en general, a excepción de Brasil y Argentina, que llevaban algunos lustros de ventaja, despertaban al mundo de la ciencia y la tecnología. Es un período de gran movimiento por parte de entidades

como la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO, y la Organización de Estados Americanos, OEA, que promovían el uso pacífico de los nuevos descubrimientos, y cuando la ciencia para la paz y para el desarrollo era la base del pensamiento y el objetivo de buena parte de los programas de los organismos internacionales.

En 1955 Colombia suscribió un acuerdo con Estados Unidos para el desarrollo de energía nuclear con fines pacíficos y al año siguiente fundó el Instituto Colombiano de Asuntos Nucleares, ICAN, que

desarrolló programas de capacitación y de generación de infraestructura para impulsar la física en el país. El ICAN pasó a ser el Instituto de Asuntos Nucleares, IAN, en 1959 y en 1965 el país compró un reactor nuclear, amparado en el programa 'Átomos para la paz'. En la década de los años ochenta al instituto se le adicionó el tema de las energías renovables y pasó a llamarse INEA. Por ese entonces Colombia inició su programa nuclear, con aplicaciones de radioisótopos para sectores de la agricultura, la medicina y la enseñanza.

El inicio de la segunda mitad del siglo XX también coincide, y no por casualidad, con la creación de los organismos nacionales de ciencia y tecnología en la región latinoamericana y Colombia no es la excepción al fundar el Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas", Colciencias, en 1968, bajo la presidencia de Carlos Lleras Restrepo.

A nivel internacional, la física, una de las ciencias más antiguas, que tuvo un acelerado desarrollo en el siglo XX, se convirtió en actor principal del rompecabezas donde se movían las fichas de la política internacional, luego de dos guerras que habían devastado social y económicamente a Europa, con sus fuertes repercusiones en el resto del mundo. Esta disciplina científica tomaría impulso notablemente, por haber demostrado su aporte y su impacto en los desarrollos tecnológicos que comenzaban a tener fuerza y a incidir en la vida cotidiana de los ciudadanos.

Según el científico irlandés John Desmond Bernal (Premio Nóbel de química en 1964) la física del siglo XX vivió tres etapas de desarrollo en los países del norte: la primera comprende hasta la primera guerra mundial y se caracteriza por el trabajo individual. En ella se presentan los primeros ejemplos de vinculación directa

a la industria, destacándose los casos de la óptica y de la refrigeración.

La segunda etapa corresponde al período entre las dos guerras mundiales; en ella el trabajo en equipo desplaza al individual, pero las universidades siguen siendo su centro de actividades. Se caracteriza por programas ambiciosos de investigación y desarrollo y por una más efectiva inserción a la industria.

Durante la tercera etapa, iniciada con la segunda guerra mundial se afirman áreas de investigación en los países industrializados que por su carácter estratégico favorecieron la obtención de grandes recursos en apoyo al trabajo experimental.

El avance, y las posibles e innumerables aplicaciones de la física tuvieron –y tienen– que ver con decisiones políticas (la bomba atómica), con las comunicaciones (el transistor en su momento y hoy en día la web), con la economía y la industria (el reactor nuclear), con la salud (la resonancia magnética y la medicina nuclear), con el ambiente (las energías renovables), por mencionar solo algunos ejemplos.

Desde 1901 hemos tenido premios Nóbel de física, y se empieza a conocer la estructura del átomo, la teoría de la relatividad; se fundan laboratorios como la Organización Europea para la Investigación Nuclear, CERN, en Europa, en 1954, y el Fermilab en Estados Unidos, en 1967, para el estudio de la física de altas energías y del universo. Los secretos del tiempo, del espacio, de la materia y de la energía se van revelando, principalmente en el hemisferio norte, donde la financiación y la promoción de la ciencia estuvieron en las prioridades de los tomadores de decisión. Entre tanto, los países del sur se quedaban cada vez más rezagados.

La brecha del conocimiento era cada vez mayor y la respuesta de los países de bajas economías, cada vez más lenta.

Surgió entonces un fascinante personaje, que para la historia de la investigación científica en la física de los países en desarrollo marcó un hito. Preocupado por el aislamiento y las pocas oportunidades de los físicos, principalmente los del hemisferio sur del planeta, de insertarse en la ciencia mundial, el físico y diplomático de la ciencia pakistaní Abdus Salam, fundó en 1964 el Centro Internacional de Física Teórica, ICTP, en Trieste, Italia, con el apoyo del gobierno italiano, la Agencia Internacional de Energía Atómica, y la UNESCO, organizaciones que han permitido su funcionamiento desde hace más de 45 años.

Por lo general aquellos científicos que habían obtenido su doctorado en países industrializados, al regresar a sus países de origen se encontraban totalmente aislados y desconectados de las corrientes científicas mundiales. Salam tuvo una oportunidad única al poder emigrar al Reino Unido y allí realizar una exitosa carrera que lo llevó a ganar el Premio Nóbel en 1979, conjuntamente con Sheldon Lee Glashow y Steven Weinberg, por unir dos de las cuatro interacciones fundamentales de la naturaleza, la interacción débil y el electromagnetismo, lo que se conoce como el modelo electrodébil.

Desde 1951, cuando terminó sus estudios de doctorado en Cambridge, Inglaterra, su sueño era fundar un centro de investigación en su país, a donde regresó, ocupó algunos cargos importantes en educación, pero por diferentes circunstancias y quizá porque no era el momento, volvió a Inglaterra en 1954. Allí continuó su vertiginosa carrera en ascenso y fue el primer profesor de física teórica del Imperial College de Londres.

La fundación del ICTP fue su 'sacada de clavo'. Desde 1964, el centro ofrece a los científicos de los países en desarrollo la posibilidad de continuar su educación y afinar sus conocimientos para mantenerse actualizados y productivos en sus carreras investigativas a través de cursos, pasantías y talleres, que son liderados por profesores de altísimo nivel, razón por la cual se ha convertido en la Meca de los físicos de los países emergentes. Allí llegan periódicamente jóvenes ya formados de países del tercer mundo, para conectarse con la comunidad científica internacional. Para investigadores con más trayectoria, Salam creó un esquema de asociados, a través del cual pueden pasar un par de meses trabajando, haciendo investigación y aprovechando la infraestructura, la biblioteca, las discusiones, los contactos, todo lo que el centro ofrece.

La situación de la enseñanza de la física en las universidades de los países andinos y los del Caribe era incipiente; menos aún se realizaban actividades de investigación. En América Latina, Argentina ya tenía dos premios Nobel, uno en fisiología y medicina, Bernardo Houssay (1947), y otro en química, Luis Leloir (1970) – en 1984 obtendría el Nobel de medicina el químico argentino César Milstein. En Brasil, México y Cuba empezaban a destacarse algunos investigadores.

Volviendo a Colombia, la universidad, que hasta ahora cumplía una función primordialmente educadora, empezó a pensar en la investigación y, como consecuencia, pensó en los postgrados. Para el caso de la física, nuevamente con el liderazgo de la Universidad Nacional, se abre el programa de maestría en 1969, seguido por la de Antioquia en 1985 y la de los Andes en 1997. Sería solo en la década de los años noventa cuando se animan a abrir los programas de doctorado (Nacional en 1990, aunque

el programa había sido aprobado en 1986, Antioquia en 1997 y Andes en 1998), ofreciendo al mismo tiempo el espacio para hacer investigación.

La misión alemana en la Universidad Nacional de Colombia, iniciada en 1969, que duró unos 20 años, fue el gatillo que impulsó la formación de físicos en el nivel de postgrado y los inició en el campo de la investigación. Nombres de profesores como el de Hans (Juan) Herkrath, quien la lideró y fue el decano del programa, Rudolf Kollath y Joseph Mehr, profesores de la Universidad de Maguncia, Gerhard Felsner, Gerhard Fritsch, Lothar Frommhold y Werner Noli son recordados por esas primeras generaciones de estudiantes de maestría de la Nacional. "Ellos se encargaron de montar el postgrado del departamento de física", dice Humberto Rodríguez, quien ostenta el primer diploma de maestría en física de la Universidad Nacional.

"Los alemanes nos enseñaron lo que era la pasión por la ciencia. Trabajábamos a todas horas. Teníamos llave del edificio para entrar sábados y domingos, y llave de nuestros laboratorios. Trajeron equipos, muchos de segunda, eso fue una picardía. Pero también dotaron un taller de mecánica fina, que es el que todavía existe en física. Esas máquinas, después de 40 años, funcionan perfectamente". Además ofrecieron becas a los egresados del programa de maestría para hacer el PhD en Alemania.

Desde la perspectiva de la constitución de sociedades del gremio, la primera fue la de Argentina en 1944, seguida por México en 1951, Colombia en 1955, Chile en 1961 y Brasil en 1966. En este país de lengua portuguesa existía el Centro Latino Americano de Física, CLAF, fundado en 1962 por un grupo de físicos, encabezados por Juan José Giambiagi de Argentina, José Leite Lopes de Brasil

y Marcos Moshinsky de México, quienes podrían considerarse fundadores de la física de la postguerra en Latinoamérica. Los tres habían coincidido en la Universidad de Princeton.

Las vicisitudes políticas que vivían algunos países de la región opacaban los esfuerzos gigantescos realizados por los científicos de los años setenta y ochenta para estar a la vanguardia de los últimos movimientos en sus disciplinas, lo que solo conseguían algunos privilegiados.

"La física era una ciencia bastante incomprendida y subvalorada en nuestro país", afirma Nohora Elizabeth Hoyos, actual directora de Maloka, quien acompañó la idea de crear un centro de física en Colombia desde sus primeros años, a finales de la década de los setenta.

"En el grupo promotor del CIF éramos una red de amigos que, involucrados desde nuestra parte profesional con la ciencia, compartíamos frustraciones y sueños, porque nos encontrábamos siempre con la barrera de la falta de políticas y recursos en el país", recuerda. "Esto nos unía de forma muy clara y coherente, y definitivamente creo que los temas responden a la vehemencia, claridad y visión de los líderes. En ese sentido las personas que lideraban el proceso y las que los apoyábamos con tanta vehemencia compartíamos la misma visión y el mismo compromiso que iba más allá de ver a la ciencia y a la tecnología simplemente como un sector, sino como un eje transversal del desarrollo económico y social en Colombia".

Y cuando hay una necesidad, es necesario generar una o varias ideas. Salam se convirtió en un referente para desarrollar la idea de crear el Centro Internacional de Física, CIF, muy del estilo del ICTP de Trieste, y de hecho fue uno de los impulsores del proyecto.

Tres períodos podrían identificarse en la historia del Centro Internacional de Física, CIF:

- ▶ **La génesis**, cómo se concibe la idea, cómo van confluyendo los intereses, cuáles son los diálogos y las reflexiones, quién tiene y hace los contactos, cómo se busca el apoyo político. Este período dura unos dos años, de 1979 – 1981.

- ▶ **La ACIF**, la Asociación ProCentro Internacional de Física, muy dinámica durante cuatro años, de 1981 a 1985, cuando organiza actividades que van consolidando el ambiente para institucionalizar el centro. Este es un período de gran actividad académica.
- ▶ **El CIF**, el Centro Internacional de Física, que se constituye el 4 de diciembre de 1985 como entidad

sin ánimo de lucro organizada con base en un acuerdo entre la Asociación ProCentro Internacional de Física, con sede en Bogotá, y la Fondazione Internazionale Trieste per el Progresso e la Liberta della Scienza, con sede en Trieste, Italia, con el objeto de ser un centro regional e internacional para las ciencias básicas en general y para la física en particular.

LA GÉNESIS

En el primer período surgen tres nombres en el escenario de finales de la década de los setenta: Galileo Violini, físico italiano, quien era profesor de medio tiempo de la Universidad de los Andes; Humberto Rodríguez, entonces presidente de la Sociedad Colombiana de Física, SCF, y Eduardo Posada, físico de la Universidad de Lausana, Suiza, vicepresidente de la SCF y científico del Laboratorio de Investigaciones de la Química del Café, LIQC, de la Federación Nacional de Cafeteros.

Violini, dedicado a la investigación en el campo de la física teórica en su país, conocía el trabajo de Abdus Salam y había tenido contacto con él en cursos y seminarios; pero cuando lo oyó en una conferencia que tuvo lugar en Pakistán en 1977, empezó a interesarse por la política científica en los países en desarrollo. Conversó con Salam sobre la posibilidad de extender el campo de acción del ICTP a América Latina por la misma época en que obtuvo una beca del Consejo Nacional de Investigación

de Italia para trabajar unos meses en Colombia, a donde llegó en julio de 1978, justo cuando se iniciaban los preparativos para celebrar el centenario del nacimiento de Albert Einstein en 1979, y el mundo de los físicos era un hervidero de actividades.

Violini ingresó a la Universidad de los Andes donde actuó como investigador, se vinculó con los físicos del país y en agosto viajó a Medellín donde la Sociedad Colombiana de Física realizaba el VIII Congreso Nacional de Física, con el apoyo de la Universidad de Antioquia. Habló con su presidente, Humberto Rodríguez, y le dijo que tenía tres ideas: “Hacer un centro de física, crear un museo de ciencias, y publicar una revista latinoamericana de física”.

Rodríguez había llegado al país en 1976 con su título de PhD de Alemania en el área de energías renovables, y fue nombrado presidente de la Sociedad Colombiana de Física. Había tenido la oportunidad de visitar al ICTP, donde la

actividad en su línea de investigación era muy dinámica, y allí conoció al profesor Giuseppe Furlan, quien era amigo de Violini.

Fue Rodríguez quien organizó en abril de 1979 un gran evento en honor de Einstein que tuvo lugar en el Planetario Distrital, en Bogotá, con la participación de físicos colombianos. Recuerda a José Granés, quien dio una conferencia sobre el concepto de espacio y tiempo, a Jaime Hernández, quien habló sobre el concepto de la relatividad, y a Alfonso Rueda, quien se dirigió a los asistentes, algunos de ellos sentados en el piso, con una conferencia sobre relatividad y cosmología.

En agosto viajó a Medellín a liderar el Congreso de Física de la Sociedad, donde conoció a Violini. Las ideas expuestas por el físico italiano no lo sorprendieron en tanto en Trieste, Giuseppe Furlan ya le había comentado algo al respecto. “En el orquideario, en un evento social, Violini me dijo

que había una idea que quería hablar contigo, el interés que habría de empujar un CIF colombiano. Le dije sí, me parece pertinente”.

Así, la SCF fue la organización que prestó su fachada institucional para comenzar con el CIF. *“En sus primeras etapas éramos esencialmente Galileo y yo. La idea del centro comenzó con nosotros”.*

Y fueron los de la SCF los que propusieron que Eduardo Posada, quien se encontraba en ese momento haciendo una pasantía en Suiza, se uniera al proyecto cuando regresara al país para trabajar conjuntamente y en cooperación con Violini. *“Yo no conocía a Eduardo pero me bastaron 20 minutos de conocerlo para saber que era una óptima propuesta”*, recuerda Violini.

Mientras llegaba Posada, Violini siguió moviendo la idea en los Andes, donde encontró eco principalmente en sus colegas Antonio María Rodríguez, Alfonso Rueda y Steve Moore. *“Empezamos a discutir sobre qué modelo de centro de física se podía hacer. Había opciones. En realidad el modelo que salió no coincidía con lo que pensaban en Los Andes”.*

El grupo de esta universidad se inclinaba por la física matemática. *“El razonamiento era que en los países en desarrollo era muy difícil hacer física de frontera, mantener contactos, recibir datos a tiempo, había dificultades de comunicación. Entonces campos que se desarrollaban lentamente como la física matemática podían ofrecer mayores oportunidades de hacer un trabajo de alto nivel”.* La idea de Violini era crear un centro de física que le diera importancia también a la física experimental.

Pero también la discusión era dónde hacerlo, y se barajaron varias ciudades colombianas como posible sede. En realidad, eran muchos los temas que

debían discutirse.

En agosto 3 de 1979 el grupo de los Andes, con el apoyo del Instituto Italiano de Cultura y de los profesores de la Universidad de Roma, Violini y Remo Ruffini realizaron el Primer Simposio sobre Física Fundamental y el Seminario sobre Ciencia y Sociedad. Clausurado por el entonces director de Colciencias, Efraím Otero Ruiz, su discurso ofrecía datos interesantes:

“Cúmplanse diez años de la decisión tomada por el Gobierno Nacional de crear, en Colciencias, un órgano y un mecanismo para el financiamiento de la investigación científica y tecnológica en el país, decisión que implicó, desde un comienzo, dar apoyo firme al desarrollo de las ciencias básicas; que ese apoyo ha sido sostenido y valedero lo demuestra el recientemente publicado estudio sobre ‘La investigación en la universidad colombiana’ (Colciencias, 1978) en el que vemos cómo el número de investigadores en ciencias básicas aumentó de 43 en 1972, a 428 en 1977; que mientras en 1972 representaban el 15% del total de investigadores del país, para 1977 ya representaban el 41%. Aumentos similares se registraron en el número de proyectos y en el valor de los fondos destinados a los mismos. Todo lo anterior se une al hecho de que ya financiamos proyectos de investigación en el país por un valor cercano a los 120 millones de pesos”.

La ciencia o mejor, la investigación científica se iniciaba en la región. Llegó octubre y se anunciaron los premios Nóbel del año. Abdus Salam ganó el de física, premio que como se dijo compartió con otros dos colegas suyos, pero fue el pakistaní, con ese sentido político que lo caracterizaba, quien decidió aprovechar este reconocimiento para ampliar su campo de acción en favor de los investigadores científicos de los países en desarrollo y promocionar el tema de la ciencia en América Latina, razón por

la cual inició una serie de viajes, uno de los cuales lo trajo a Colombia, en enero de 1980.

Posada entró en escena justamente ese octubre de 1979 y se vinculó inmediatamente con el equipo de trabajo que en ese momento estaba concentrado en la visita de Salam al país. *“La idea original del CIF fue reproducir el modelo del ICTP para la región Andina y el Caribe. Fue muy ambicioso al comienzo: queríamos tratar de que los científicos de la región pudieran beneficiarse de cursos cortos dictados por investigadores de muy alto nivel internacional”*, explica Posada.

Violini y Posada deciden visitar a Fernando Chaparro en Colciencias, entonces subdirector científico de la entidad. *“Nos reunimos los tres en mi oficina a hablar sobre la idea, porque originalmente parecía descabellado crear un centro internacional de física o una asociación que apuntara en esa dirección en Colombia”*, recuerda Chaparro. *“En la charla llegamos rápidamente a la conclusión de lanzar una idea innovadora para hacer un aporte importante a la consolidación de las ciencias básicas y sobre todo a uno de sus pilares, la física, en el desarrollo en Colombia, pensando en dos grandes dimensiones: impulsar esa área del conocimiento de manera decidida desde Colciencias, y tener en mente la aplicación de las ciencias naturales, y sobre todo la física, en la industria y el sector productivo. La orientación del centro debería tener esa doble dimensión”.*

Este planteamiento estaba respaldado totalmente por el director de Colciencias, quien trabajaba en el campo de la medicina nuclear y vio en el centro un aporte en la construcción de una infraestructura de ciencias básicas para el país.

El aspecto regional del centro también era un punto de discusión importante. Si

bien el CLAF hacía su aporte a la región latinoamericana, el CIF podía concentrarse más en la región andina que entonces era un bloque interesante y de alguna manera cohesionado, y el Caribe pensado como Centro América y las islas. “Se abrió una gran oportunidad al pensar que podría llegar a ser un centro regional de importancia”, dice Humberto Rodríguez. “La idea era tener científicos de muchos países. Por su localización en Colombia debería tener una influencia

muy grande en la región Andina y el Caribe, antes de pensar en Argentina, Brasil, México. Esa era la idea. El CIF no iba a rivalizar con el CLAF”.

El físico boliviano Carlos Aguirre, quien fuera uno de los miembros fundadores del CIF, y había sido director del Laboratorio Internacional de Rayos Cósmicos de Chacaltaya, la mayor iniciativa experimental en física de América Latina, coincide con Rodríguez. “La idea no era

duplicar el centro latinoamericano sino crear un centro no solamente de formación sino también de investigación, cosa que el latinoamericano no ha hecho”. Aguirre había estado en Trieste trabajando al lado de Salam con quien tuvo una relación no solo de trabajo sino de amistad, cuando tuvo la oportunidad de asistir como miembro asociado. Allí, “*el grupo latinoamericano siempre estuvo conversando sobre la idea de establecer algún esquema de cooperación”.*

ABDUS SALAM LLEGA POR PRIMERA VEZ A COLOMBIA

Salam no solo sabía de la propuesta colombiana. Otros países maduraban ideas que habían llegado a sus oídos para crear diferentes tipos de centros de ciencias, y por eso resolvió hacer una gira por América Latina en compañía de Violini. “Lo acompañé a Perú donde Víctor Latorre (físico peruano) estaba proponiendo la creación de un centro de ciencias, y a Argentina”. En Perú se crearía luego el Centro Multiciencias en 1980, el cual duró hasta 1999.

Salam estuvo en Colombia del 24 al 26 de enero de 1980. El físico y periodista colombiano Josué Muñoz Quevedo, director del entonces Centro Interamericano de Periodismo Educativo y Científico, CIMPEC, escribió en El Tiempo:

Jueves 24 de enero de 1980.

... El doctor Salam ha sido un gran impulsador de la física y precisamente por eso se encuentra en Colombia con el propósito de intercambiar ideas con físicos y políticos responsables de nuestro desarrollo científico y tecnológico, a fin de ver la posibilidad de establecer mecanismos para el fomento de la física, con la fundación en Bogotá de un centro de física teórica que estimule el avance de esta ciencia no solo en el país sino en Latinoamérica”.

En El Espectador ocupó el espacio de ‘Figura de Hoy’ el día que abandonaba el país, y al día siguiente, el domingo 27, fue base de una crónica escrita por Ana María Urbina. El lunes 28 el editorial del periódico, titulado ‘La ciencia, objetivo nacional’, expresaba en uno de sus párrafos:

Lunes 28 de enero de 1980.

“... ¿Cómo, pues, no desarrollar entre nosotros los estudios de la física y de la química? Los dirigentes nacionales no tienen derecho a dejar al país al margen de los trabajos sobre energía alternativa, derivada del alcohol, que han registrado singulares progresos en el Brasil; o sobre el uso de la fuerza solar; o sobre el desarrollo intensivo de las minas; más si se toma en cuenta que en las entrañas de nuestra tierra hay abundancia de carbón, pero no hemos logrado organizar un destino que tenga que ver con eso, y seguimos —con algunos atenuantes— siendo monoexportadores de café. Dijo el profesor Salam algo que vale la pena reflexionar: la ciencia no está tomada como factor de desarrollo, ni en Colombia, ni en su país de Paquistán, ni en las comunidades semejantes. Ni los garleros de la politiquería ni los tiosos econométristas entienden el fenómeno. Pero el más interesante caso de relación fruc-

tífera entre la ciencia y la sociedad es el que puede presentarse entre nosotros. Y gracias a la aptitud mental de los colombianos, y a la situación del país en el mundo, es de pensar en que se debería acoger la iniciativa del sabio Salam, y montar aquí un eje de desarrollo científico de la América Latina. Tenemos que ocuparnos, nacionalmente, en algo distinto de la marihuana, la vocinglería y el burocratismo.”

De acuerdo con diferentes artículos de prensa y con información del ICTP, Salam visitó al presidente de la república, Julio César Turbay Ayala, al ministro de educación, Rodrigo Lloreda Caicedo, se reunió con los directivos de Colciencias y de asociaciones científicas y con investigadores, con los jefes de los departamentos de física de las diferentes universidades del país, como Wolfgang Gieren de Los Andes, Luis René Salazar de la UIS, Jaime Hernández, de la Universidad del Valle, Germán Hernández, de la de Antioquia, Diógenes Campos, de la Universidad Nacional y Álvaro Ramírez, de la Universidad Pedagógica Nacional. El entonces embajador de Italia en Colombia, Renzo Falaschi, ofreció en su honor una cena de gala.

Los profesores de física de la Universidad de los Andes Steven Moore, Alfonso Rueda, Antonio María Rodríguez aportaron al 'Proyecto Preliminar para el Establecimiento de un Centro Regional en Física para América Latina y el Caribe' que le fue presentado a Salam en inglés. En él se hace alusión a que a pesar del progreso de la física conseguido en países desarrollados, en Colombia éste es insuficiente. Una de las razones esgrimidas era la poca inversión que hacía el país en ciencia y tecnología: el 0.11% del Producto Interno Bruto.

Decía también que con el fin de reducir la dependencia económica, científica y tecnológica es necesario desarrollar las ciencias básicas a través de una mayor inversión en la formación de científicos y en programas de investigación, para lo cual la creación de un centro de física en la región latinoamericana y del Caribe, con sede en Colombia, sería una respuesta de impacto.

Desde entonces, y como parte de la justificación para la creación del centro, se hace explícito el argumento de que la ciencia básica es necesaria para la solución de problemas de la región, así sea en el largo plazo. Así lo expresa el documento:

"Es necesario distinguir entre la ciencia y la tecnología; el desarrollo científico en sí mismo no implica necesariamente la solución a problemas prácticos, con excepción de su contribución a una mejor cultura. Sin embargo, la investigación básica provee buena parte de los medios necesarios para identificar y solucionar problemas nacionales, incluyendo aquellos del desarrollo tecnológico. De esta manera, el desarrollo científico, entendido como un componente indispensable del desarrollo cultural, puede hacer importantes contribuciones al progreso en general del país."

El documento hace énfasis en la crea-

ción de condiciones claves, entre ellas, capacitación de personal de alto nivel, libertad académica, disposición de los elementos básicos para hacer investigación como laboratorios, acceso a revistas científicas, computadores y equipo, contacto permanente con investigadores nacionales, regionales y mundiales, a través de la realización y la participación en cursos y reuniones científicas, sueldos aceptables para los investigadores.

Los objetivos propuestos entonces fueron:

- ▶ *Promover el desarrollo de las ciencias físicas y las matemáticas en América Latina y en Colombia*
- ▶ *Establecer un foro regional para facilitar el contacto de los científicos de todos los países*
- ▶ *Proveer instalaciones para hacer investigación básica a sus visitantes, asociados y otros investigadores de América Latina y el Caribe.*

Se necesitaban COL\$98'390.000 anuales para que el centro iniciara operaciones, de acuerdo con este documento.

Abdus Salam tuvo la oportunidad de discutir el documento con la comunidad de físicos del país. Consultado por Antonio Cruz Cárdenas, periodista de El Tiempo, al finalizar su estadía en Bogotá, Salam dijo:

Domingo 27 de enero de 1980.

"Me ha impresionado mucho el ambiente intelectual y el entusiasmo por la ciencia que he captado en tan corto tiempo. Creo que en este terreno los colombianos tienen una cualidad básica que es la ambición. Pienso que llegarán muy alto..."

La visita de Salam dio un fuerte impulso a la creación del centro. Las ideas ya estaban madurando gracias además a unos dineros provenientes del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, que para entonces tenía una

oficina en el edificio de Colciencias lo cual permitía que las dos instituciones trabajaran en llave. A través de una consultoría fue posible poner en blanco y negro un primer documento, el anteproyecto.

"Yo trabajaba en el PNUD, en el programa del área de la ciencia, y en concreto para el área de física", recuerda el físico Octavio Guzmán. "En mi oficina se reunían personas de la ciencia, químicos, matemáticos, físicos. Este comité financiaba programas que las universidades establecían en estos campos, principalmente para apoyar el desarrollo de los futuros postgrados del país".

Guzmán cree que el momento histórico era el adecuado. *"Colombia venía desarrollando el programa nuclear. Es curioso porque surge no como una continuidad del desarrollo científico y tecnológico del país, sino que yo pienso que obedece a la guerra fría. Hay grandes problemas entre Estados Unidos y la Unión Soviética, se crea la Organización Internacional de Energía Atómica en Viena y el control nuclear comienza a generar bloques para mantener la paz; es como garantizar una coexistencia pacífica", recuerda.*

La visita de Salam también se constituyó en un hecho político sin precedentes hasta el momento. Desempeñaba un papel de liderazgo en todo el ámbito de la academia del tercer mundo, - de hecho él también fue fundador en 1983 y primer presidente de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo, TWAS. En ese entonces el grupo de los no alineados promovía la ciencia y la tecnología como motor de desarrollo.

En 1979 tiene lugar la Conferencia Mundial de la Ciencia y la Tecnología para el Desarrollo en Viena, convocada por Naciones Unidas, *"que planteó claramente el uso de la ciencia y de la*

EL ESPECTADOR

Domingo, enero 11, 1981

Crearán centro internacional de física en Bogotá

Colombia enfrenta desde ahora el reto de preparar personal técnico con miras a veinte años adelante, ante la evolución de la ciencia y como única alternativa para evitar una dependencia tecnológica foránea indefinida.

Bajo esta advertencia se inicia mañana en Bogotá un encuentro de físicos de todo el mundo, que apoyan la creación en Colombia de un centro modelo para América Latina sobre materia tan sofisticada.

Futuras alternativas de energía, incluida la que irradian las estrellas, será uno de los temas que abordarán connotados científicos de los diferentes continentes y que comenzaron a llegar este sábado.

Centro en Bogotá

Con ese objetivo, científicos de todo el mundo darán vida la próxima semana en Bogotá al más sofisticado centro de estudios superiores de América Latina, especializado en física y que irrigará nuevas investigaciones y



Abdus Salam, premio Nobel de Física, promotor de la creación en Colombia del Centro Internacional de Física.

tecnología para impulsar el desarrollo de los países en desarrollo, valga la redundancia, y por lo tanto vinculando ciencia de punta, astrofísica, física, nanotecnología, biología molecular, todo eso relacionado con temas como desarrollo sostenible, producción limpia, incremento de la productividad de la industria, aplicación para solucionar problemas de salud pública", contextualiza Chaparro. "Era la coyuntura y estábamos muy atentos a poder plantear proyectos que pudieran tener la capacidad de convertirse en proyectos líderes del desarrollo científico y tecnológico, no solo en Colombia, sino en los países de la región Andina y América Latina".

En esa época también se iniciaba la posibilidad de acceder a un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo, BID, que se aprobaría en 1983 y se iniciaría en 1984 como el préstamo BID I a Colciencias (1984-1987), por un valor total de 44.5 millones de dólares, de los cuales el BID aportó 20. "La investigación en Colombia empieza a adquirir posibilidades de acceder a cosas más grandes, de manera más institucionalizada, con los créditos BID, uno para el ICFES¹ y otro para Colciencias, que son simultáneos", dice Juan Francisco Miranda, quien fue subdirector administrativo de Colciencias (1983-1990) y director de la misma

entidad (2006-2010). Eso significa que hay "unos recursos importantes, entre comillas, para financiar investigación. El proyecto del ICFES era para el desarrollo de las maestrías. El de Colciencias debía financiar proyectos de investigación, lo que empieza a hacer. Eso es parte de la construcción de una capacidad".

1. Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior.

La discusión sobre el papel que estaba cumpliendo la universidad estaba a flor de piel y había generado la expedición de la Ley 80 de 1980, de reforma a la educación superior, que en uno de sus artículos promovía la actividad investigativa de sus docentes, por considerarla como "una actividad fundamental de la educación superior y el supuesto del espíritu científico". Uno de sus decretos

reglamentarios, el 2281 de 1982, obligó a partir de ese año a que las universidades destinaran el dos por ciento de su presupuesto a la investigación.

Para Miranda, Eduardo Aldana, director de Colciencias en el período 1983 - 1986 tuvo la mirada puesta en los doctorados, incluso más que en las maestrías. "Él retó al país con la formación doctoral;

se enfrentó al Ministerio de Educación, al propio ICFES y a las universidades, y lo que hizo Colciencias fue incluir, como uno de los resultados admitidos en algunos proyectos, el de estudiante doctoral".

Las condiciones estaban dadas. Había que dar el segundo paso.

LA ACIF

Bajo el liderazgo de Violini, Rodríguez y Posada se iniciaron las jornadas comparadas para pulir el documento inicial y dar forma al centro. La 'oficina' del futuro CIF tenía tres sedes: el apartamento de Violini, el baúl del Renault 4 de Posada y una habitación en la casa de Rodríguez. Todos los documentos iniciales, recibos, correspondencia, entre otros, se guardaban en carpetas y en cajas que iban de un lado a otro. Las horas de trabajo eran inversas al tiempo dedicado a sus labores cotidianas, así que muchas veces hubo que trasnochar o aceptar almuerzos que ofrecían sus respectivas esposas. Violini asumió la responsabilidad internacional, financiado por el ICTP, la Universidad de Roma y el Centro Italo Latinoamericano en Roma, con el encargo de conseguir financiación para el centro, así como la solidaridad regional. Posada y Rodríguez mientras tanto continuarían armando el tinglado al interior del país y consiguiendo apoyo en todos los sectores nacionales.

El resultado de las trasnochadas es un documento ampliado y mejorado del que habían presentado a Salam en 1980, el 'Proyecto preliminar para el centro regional de ciencias físicas en América Latina'. Defendía la ubicación

en Colombia por la excepcional posición geográfica del país y los conocimientos y experiencias de las cinco universidades colombianas que ofrecían programas de física (Nacional, Antioquia, Valle y Andes, y la Universidad Industrial de Santander, en Bucaramanga, que ofreció el programa de licenciatura en física a partir de 1971 y la carrera de pregrado en 1984).

Con el apoyo de Colciencias y de las universidades Andes y Nacional organizaron el Simposio Internacional de Física del 12 al 17 de enero de 1981, con la idea de que como resultado del mismo se aprobara la creación del centro. "Desde el comienzo sabíamos que crear el centro de física podía tomar mucho tiempo. Valía la pena empezar a realizar algunas actividades en un grupo más restringido", recuerda Violini.

Crearon un comité de promoción e invitaron al Simposio a gente clave, entre ellos a los profesores Víctor Latorre del Perú, Paolo Budinich de Italia y John Ziman de Gran Bretaña, miembros de la Junta Directiva del ICTP, Leon Lederman, de Estados Unidos, - quien sería luego Premio Nóbel de física en 1988-, Gregorio Medrano, de España, Edmundo De Alba

Alcaraz, de México y Raimundo Villegas, ministro de ciencias de Venezuela, entre otros. Por la procedencia de algunos de los invitados el documento podía consultarse en español y en inglés.

La programación del evento fue definida de tal manera que los tres primeros días del Simposio se trataran temas de la disciplina como la física teórica, nuclear y de altas energías, y los dos últimos se discutiera el documento para la creación del centro.

Durante el acto de inauguración tomó la palabra el director de Colciencias, Efraím Otero, quien hizo énfasis en que "la física se ha caracterizado por ser principalmente una disciplina universitaria, orientada fundamentalmente hacia la formación de maestros o profesores básicos para otras carreras universitarias o para la educación secundaria", e insistió sobre la necesidad de la enseñanza y la investigación en ciencias básicas en Latinoamérica. Exaltó el alto grado de 'cohesión' del grupo de físicos de la región y al final de su intervención llamó la atención sobre algunos aspectos que podrían ir en contra de la creación del centro. Dijo:



"Si se considera la posibilidad de establecer aquí un instituto internacional de física, surgen varios factores que deberán tenerse en cuenta, aunque esta enumeración no pretende ser exhaustiva: a) Hasta qué punto podrán ligarse los fondos nacionales a contribuciones internacionales o regionales para financiar la infraestructura necesaria, la cual incluye lotes de terreno, edificios, muebles, equipos básicos, etc. b) ¿Podrán utilizarse nuevos fondos (tales como el recientemente creado Fondo Interino para Desarrollo Científico y Tecnológico, surgido de la conferencia de Viena de 1979) para financiar directamente proyectos regionales o sub-regionales como éste, o tendrán ellos que estar ligados a propuestas concretas de investigación científica? c) ¿Hasta qué punto podrá asegurarse la participación universitaria, sin que surjan los temores de que, con un centro como éste pueda estarse alejando la investigación básica de la universidad, pública o privada, que es el recinto al cual por naturaleza ella

pertenece? d) ¿Debería acompañarse la participación de directivos nacionales en el centro de un mejoramiento adecuado del estatus del investigador, o de un verdadero estatuto del investigador colombiano, de suerte que se pueda evitar el colocarlo en posición desventajosa frente a los científicos visitantes o frente a los directivos extranjeros? Estos y muchos otros interrogantes estoy seguro serán discutidos en profundidad durante la presente semana".

Remató comprometiéndose a acoger las recomendaciones y conclusiones de la reunión "con el mismo entusiasmo con que hemos colaborado para su organización y puesta en marcha". Fue un campanazo que debió ser considerado ampliamente durante las discusiones de los dos últimos días.

Por supuesto que no todo el mundo estaba de acuerdo con la idea. "Había dudas por parte de físicos como el argentino Giambiagi, quien veía muy mal la

creación de un centro porque consideraba que el desarrollo de América Latina solamente podía hacerse dentro de las universidades", cuenta Violini. "La idea de un centro que naciera independientemente del sistema de las universidades, para él era la violación de un principio en el cual él creía a ciegas y por su experiencia en Argentina, frecuentemente dio opiniones desfavorables y no respaldó totalmente lo que estábamos haciendo".

Y había quien si estaba de acuerdo con la necesidad de crear el centro, pero no como un modelo a imitar del exterior. Era el caso de Álvaro Pantoja, beneficiario de la Misión Alemana, recién llegado de hacer sus estudios de postgrado y vinculado a la Universidad Pedagógica Nacional, quien dice que nunca estuvo de acuerdo con imitar al centro de física teórica de Trieste. Lo que se necesitaba era "romper el aislamiento tan bárbaro en el que estábamos aquí en este país", argumenta con énfasis. "Eso es algo que yo tengo en el fondo del alma, que me molesta un poco, porque después ya me formé en la idea de que para hacer algo bueno no necesariamente tenemos que ser copietas".

Pero el camino estaba trazado. Las discusiones finales del Simposio llevaron a proponer la creación de la Asociación ProCentro Internacional de Física, ACIF, como un paso previo a la consolidación del centro como tal, mientras se conseguían los fondos para su funcionamiento, calculados en tres millones de dólares anuales, y una sede. También se habló de los campos de la física a los que se daría prioridad: física teórica, física de altas energías, aplicación de la física a las ciencias biológicas, física médica, física cuántica, física atmosférica y ambiental, matemáticas aplicadas y modelos planificados, y enseñanza de las ciencias.

León Lederman, del Fermilab, comentó al diario La República:

Jueves 15 de enero de 1981

“El centro internacional que se ha proyectado estimulará las investigaciones en física y seguramente resolverá muchos problemas de proyectos a desarrollar en Latinoamérica. Este proyecto atraerá físicos, mejorará los sistemas de enseñanza y servirá para inspirar a jóvenes colombianos a llevar adelante programas científicos. Sería valiosísimo que el centro mantenga buenas conexiones con temas de alta energía física a través de teorías e intercambiando gente con entidades similares de otros países”.

Al finalizar el Simposio los invitados especiales dieron apoyo irrestricto a la creación de la ACIF, y el Fermilab y el ICTP ofrecieron su colaboración en transferencia de conocimiento científico y administrativo. Se iniciaba así un período de gran actividad académica, ya que, al estilo del ICTP, el núcleo de las actividades por organizar serían cursos, talleres y seminarios de formación con científicos de alto nivel internacional, las cuales no requerían una infraestructura experimental y muy seguramente costosa.

La ACIF se creó en mayo de 1981, con Eduardo Posada como su presidente y Galileo Violini como su secretario ejecutivo, y se definieron los siguientes objetivos:

- ▶ *Fomentar la investigación científica en la región, en especial en la región Andina, Centroamérica y el Caribe, ofreciendo a sus científicos la infraestructura necesaria.*
- ▶ *Establecer un foro internacional que promueva los contactos entre científicos de todos los países.*
- ▶ *Ser un punto de referencia para las universidades de la región, y en particular, para las de menor desarrollo.*

- ▶ *Estrechar las relaciones entre universidad e industria.*
- ▶ *Ser un instrumento de divulgación de la ciencia.*

Por su carácter internacional, desde un comienzo fueron sus miembros las sociedades de física de Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y República Dominicana, además de varios físicos latinoamericanos a título personal. En 1984 contaba con más de 130 miembros, muchos de ellos de países latinoamericanos distintos de Colombia. Las sociedades de física de España y Estados Unidos se habían unido a la causa.

La elección de los temas de las actividades académicas respondía a las necesidades de desarrollo científico y tecnológico de la región, desde la física fundamental y enseñanza de la física hasta temas de interés económico y social. La decisión era resultado de las discusiones y propuestas del Consejo Científico Internacional, compuesto por físicos de renombre, en cuya presidencia estuvieron Abdus Salam y Leon Lederman.

Además de su valor académico, los cursos permitieron iniciar un proceso de integración entre los investigadores latinoamericanos, algunos de los cuales actuaron como coordinadores de comités en áreas específicas y fueron la semilla para buscar estrategias que permitieran establecer programas de colaboración internacional regional y mundial. Para esta labor la ACIF desplegó una gran actividad para establecer vínculos con entidades académicas e investigativas de todo el continente.

El primer taller que ofreció ACIF tuvo lugar en Bogotá en marzo de 1982, sobre ondas gravitacionales, por ser una de las áreas más avanzadas de la física en ese entonces en el mundo desarrollado, pero también por el interés científico que

despertaba y por la sofisticación de las técnicas experimentales que se requieren para detectarlas, en particular usando instrumentación superconductor.

El físico italiano Edoardo Amaldi, cofundador y secretario general del CERN, de la Agencia Espacial Europea y del Instituto Nacional de Física Nuclear de Italia del cual fue presidente, así como de la Academia dei Lincei, fue el invitado principal. “Amaldi fue el fundador de la física italiana en la postguerra”, dice Violini. “Antes de la guerra, a raíz de las leyes raciales, Italia había perdido muchos físicos importantes, pero él se había quedado en el país. Él y Gilberto Bernardini fueron los que reconstruyeron la física italiana después de la guerra. A pesar de ser una persona de muchísimo poder, y aquí subrayaría que usó su poder con extraordinaria visión, él hizo una política de diversificación del departamento de física en la Universidad de Roma, promoviendo áreas que no eran las suyas, lo cual le permite hoy en día ser fuerte en todas las áreas de la física, no solo la física de altas energías”.

Le siguió el curso internacional de geofísica en junio de ese mismo año, con una duración de seis semanas, que cubrió temas como la sismología, métodos de prospección y meteorología. El tercer evento fue una conferencia internacional, precedida de un curso introductorio de dos semanas sobre energías alternativas realizado en julio, liderado por Humberto Rodríguez. “Tenía un esquema muy parecido a un curso de energía solar al cual yo fui a Trieste, donde estuvo el profesor Salam”, recuerda. Los expertos invitados fueron los profesores italianos Giuseppe Furlan y Giacomo Elías. “Logramos una participación internacional importantísima. ¡Era increíble! Tuvimos participantes de Kuwait, India, Bolivia, Turquía, Jamaica, Argentina, Venezuela, Costa Rica, Indonesia, Yugoslavia, Egipto...”

Cuando las reuniones se hacían en Bogotá, por lo general tenían lugar en el Instituto de Asuntos Nucleares, IAN, en el Club de Empleados Oficiales o en el hoy extinto Instituto de Investigaciones Tecnológicas, IIT. *“El IAN trató de colaborar con las actividades del CIF porque teníamos una infraestructura que podía usarse para ciertos proyectos en ciencias básicas, pero también porque teníamos la posibilidad de suministrar los espacios físicos para los cursos”*, afirma el ingeniero Ernesto Villarreal, entonces director del Instituto. La solidaridad del IAN es siempre muy gratamente recordada por los gestores del CIF.

Álvaro Pantoja, muy interesado en promover la enseñanza de las ciencias, -de hecho en ese tema había realizado sus estudios de postgrado,- se convirtió en el mejor aliado de los propósitos de la ACIF en la organización y promoción de los cursos. Recuerda especialmente y con gran satisfacción el I Curso Latinoamericano de Enseñanza de la Física, realizado en Cali, durante dos semanas de agosto, que fue liderado por la profesora Matilde Vicentini, de la Universidad de Roma, y al que vinieron alrededor de doce físicos de diferentes universidades italianas. Desde entonces los cursos de enseñanza de la física se realizaron durante varios años, con la presencia de destacados profesores como Araceli de Tezanos, Uri Haber Schaim, María Arcá, Paolo Guidoni.

Pantoja estuvo el frente de la organización de esos cursos hasta 1992. Duraban varias semanas, y se realizaban en épocas de vacaciones personales o institucionales de los profesores, o en



Humberto Rodríguez, Efraím Otero, Galileo Violini, Eduardo Posada, Giuseppe Furlan, Ernesto Villarreal, en el curso sobre energías alternativas en 1982.

los periodos de receso de las universidades. Eran cursos de actualización y de motivación, dirigidos principalmente a los profesores universitarios para que pudieran luego actuar como multiplicadores de lo aprendido, pero de ninguna manera pretendían reemplazar a las universidades. *“Creo que le sirvió muchísimo al país esa etapa, porque conectó a muchos jóvenes con los científicos, principalmente de Europa. Ayudamos mucho a conseguir becas y cupos en universidades europeas, para que la gente pudiera hacer sus maestrías y sus doctorados”*.

Cada curso tenía un director que se encargaba del programa académico. Tenía la misión no solamente de entregar el nuevo conocimiento, sino de generar

muchas preguntas y reflexiones sobre los diferentes temas. *“Eso es lo que mueve a la gente”*, asegura Pantoja.

El hecho es que estos cursos tendrían una influencia regional importante porque eran muchos los países de América Latina que *“sufrían ese síndrome del aislamiento científico”*, como lo calificó Pantoja, quien también hizo énfasis en que todo este movimiento era promovido fundamentalmente por quienes habían tenido la oportunidad de viajar al exterior. *“Los que se quedaban se sentían relegados a un segundo plano”*. La ACIF respondía a esta necesidad.

Cursos dictados por la ACIF

- 1982 4 cursos en Bogotá, 1 en Cali
- 1983 5 cursos en Bogotá

- 1984 7 cursos en Bogotá, 1 en Medellín
- 1985 4 cursos en Bogotá, 1 en Santiago, 1 en Buenos Aires y 1 en Cali

(Anexo 1: Listado de todos los cursos con temas y fechas exactas)

Desde el primer curso se buscó dejar testimonio en unas memorias que fueron publicadas por el World Scientific Publishing Company Pte Ltd, con sede en Singapur, gracias al apoyo de K.K. Phua, director y editor general, quien ya era miembro de ACIF². (Anexo 2: Libros de Memorias de la ACIF y del CIF).

Más de 200 conferencistas y 1600 asistentes participaron en estas actividades. Entre los participantes, los extranjeros fueron cerca del 20 por ciento.

Paralelamente a estas actividades que promovió la ACIF, esta asociación también apoyó otros eventos científicos en Colombia y fuera de ella, y participó

En esta línea participó como promotora María Cristina Plazas. *"Hicimos varios cursos de física médica, (1983-1984-1986-1988-1990), en cooperación con instituciones, como el Instituto Nacional de Cancerología, con su director Julio Enrique Ospina, y con el Instituto Neurológico, cuyo director era Jaime Gómez"*.

La misma María Cristina Plazas, hoy en día PhD y líder en el país en esa línea de investigación recuerda esa época: *"A mi regreso en 1982 de mi especialización en Física radiológica aplicada a la medicina es cuando Eduardo y Leo nos visitan en el Instituto de Cancerología, y yo comienzo a abrir más los ojos en torno a la importancia de la física hacia la medicina en*

Posada. *"A muchos jóvenes estudiantes colombianos les sirvió para irse a hacer sus doctorados a otros países. Se promovió una actividad muy interesante de cooperación"*.

La Universidad Nacional había apoyado el proyecto desde el comienzo durante la rectoría de Eduardo Brieva y finalmente, el 8 de febrero de 1985, bajo la rectoría de Marco Palacios, la ACIF firma un contrato de comodato con la Universidad Nacional a través del cual le cedió un ala de uno de los edificios que antes eran las residencias femeninas.

"Ese edificio se destinó al departamento de geociencias, los laboratorios de



El premio Nobel de física Abdus Salam (1979) en su visita al presidente de Colombia Belisario Betancur en 1984.

en numerosas reuniones nacionales e internacionales sobre política científica y desarrollo tecnológico.

Posada recuerda especialmente el impulso que le dieron a una línea de la física que era incipiente en Colombia: la física médica, referida al estudio de los métodos de producción de imágenes médicas, métodos de tratamiento mediante el uso de radiaciones ionizantes y no ionizantes, láseres, etc.

radiación ionizante. Me acuerdo muchísimo que ellos me invitaron amablemente a todas las reuniones de la ACIF, donde compartía con personas como Humberto Rodríguez, Ramón Fayad, Virgilio Niño, Paulo Orozco, y hablábamos de cómo constituir un Centro Internacional de Física. Me llamaban mucho la atención los contactos internacionales que tenían tanto Eduardo como Leo, y para mí era como un sueño, yo decía 'qué rico que en Colombia podamos pensar así' y ver que hay personas con ese empeño y motivación".

"Todo ese periodo de cursos fue sumamente interesante porque permitió hacer contactos internacionales", recuerda

biotecnología y algunos postgrados de ciencias humanas y de derecho. Un ala completa se le dio al CIF", dice quien fuera el vicerrector académico, el físico-químico Luis H. Blanco. Mientras tanto, el CIF pudo funcionar en una sede provisional de 50 metros cuadrados, principalmente administrativa.

El entonces vicerrector académico Luis H Blanco ayudó en la remodelación de las instalaciones asignadas, para adaptarlas como laboratorios y oficinas, lo cual se finalizó en febrero de 1986, cuando el CIF se mudó a sus nuevas oficinas.

Abdus Salam vuelve a Colombia en mayo de ese año 1985 para darle

2. Workshop on the Search of Gravitational Waves, Edts. E. Posada and G. Violini, (1983) y Non Conventional Energy Sources, Edts. G. Furlan, H. Rodríguez and G. Violini, (1984)

nuevamente un empujón a la creación del centro. Visita al presidente Belisario Betancur acompañado de los miembros del Consejo Científico Internacional, a quien solicita apoyo para que empiece a funcionar el CIF, misión que el presidente delega en Colciencias, la Segunda Expedición Botánica y al ICFES.

Humberto Rodríguez ya se había retirado del trío que promovía al CIF, aunque

continuó como representante legal de la ACIF hasta ya entrada la década de los noventa. A partir de 1983 entra a trabajar Irma Rugeles, como asistente de dirección y en 1984 Cesar Ramos como mensajero. Ambos continúan trabajando en el CIF, y Ramos es hoy asistente de administración.

En el auditorio del ICFES, el 4 de diciembre de 1985 a las 5 de la tarde

tuvo lugar la fundación del CIF, la cual contó con la presencia del asesor cultural de la presidencia de la república, Jorge Eliécer Ruíz, el rector de la Universidad de Trieste, Paolo Fusaroli, el director de Colciencias, Eduardo Aldana y el director del Instituto de Asuntos Nucleares, Ernesto Villarreal, entre otras personalidades.

EL CIF



El 4 de diciembre de 1985, uno de los directores del centro, Galileo Violini, pronuncia el discurso de inauguración.

La ACIF había cumplido ya algunas de las metas impuestas desde su creación, como por ejemplo había empezado a romper el aislamiento de los científicos de la región, principal motivación de Violini y de Posada, emulando al oeste del Atlántico lo que el ICTP ya llevaba haciéndolo muy bien en Trieste hacía varios lustros.

También podría decirse que el paso de la ACIF al CIF fortaleció el interés que se generaba en Colombia por promover los estudios de postgrado, principalmente en Colciencias bajo la dirección de Eduardo Aldana, él mismo PhD en sistemas urbanos del Massa-

chussets Institute of Technology, MIT. Según él, el país estaba listo. “Veía que las universidades del mundo que hacían investigación de frontera eran las que tenían programas doctorales... si uno quiere producir conocimiento universalmente nuevo, debe tener programas doctorales”³.



Eduardo Posada, Galileo Violini, Paolo Fusaroli, Gloria Duque de Robayo, Eduardo Aldana, Jorge Eliecer Ruiz y Ernesto Villarreal, 1985

Los cursos internacionales de la ACIF, a través de los cuales investigadores del más alto nivel de las mejores universidades del mundo se desplazaron a diferentes destinos, indudablemente habían generado un nuevo pensamiento académico en el país en el que la formación de postgrado y de científicos dedicados a la investigación se estaba convirtiendo en una necesidad.

Por supuesto que quienes promovían al CIF no eran los únicos. Había semilleros y no solo en Bogotá. Estaba el Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas, CIDEIM, en Cali, fundado en 1960 con decidido apoyo de las universidades del Valle y de Tulane, Estados Unidos, y la Corporación para Investigaciones Biológicas, CIB, en Medellín, creada en 1970 en la Universidad de Antioquia, cuyos fondos iniciales

provenían principalmente de fundaciones y compañías farmacéuticas para proyectos específicos de investigación en el área de la salud. Unos años más tarde estos centros tendrían que salir de sus respectivas universidades por el furor anti-imperialista de los años setenta, cuando los estudiantes organizaban movimientos

políticos y veían en los laboratorios la ingerencia norteamericana.

“Estos centros independientes nacieron como una reacción a la posibilidad de hacer una carrera en ciencia dentro de las universidades”, cuenta Ángela Restrepo, co-fundadora de la CIB y su directora científica. “Por los años cuando empezaban a funcionar, la CIB y mucho antes el CIDEIM, la intranquilidad dentro de la universidad por movimientos políticos hacía muy difícil un programa de investigación organizado y sistemático porque llegaban las huelgas, las dificultades inherentes a no poder trabajar en los días comunes y corrientes, se cerraba la universidad y los muchachos bloqueaban las entradas a los laboratorios”.

En el caso del CIDEIM, en 1975 los estudiantes llegaron incluso a entrar a la fuerza al centro y rompieron los microscopios Bausch & Lomb contra el suelo,

gritando que eran muestra del imperialismo norteamericano⁴.

La doctora Restrepo no puede ocultar su decepción al recordar esos inicios: “Era como enfrentarse a algo que uno había querido hacer toda la vida, ser parte integral de una universidad para formar gente, para hacer investigación, para producir científicamente, frente a la incapacidad que se encontraba de convencer a los muchachos, que en ese entonces eran de izquierda, que la ciencia tenía un valor agregado para el país. Para ellos la ciencia era algo de los países ricos que no teníamos nosotros el deber de hacer”.

El CIF venía a fortalecer lo que los investigadores de estos centros habían iniciado unos años antes, además de otras experiencias interesantes en el país que ya funcionaban como el Cenicafé, el Instituto de Investigaciones Marinas ‘José Benito Vives de Andreis’ - Invemar, el Instituto de Investigaciones Tecnológicas y la Segunda Expedición Botánica.

El gremio de los físicos unido en la SCF y por los cursos de la ACIF se esbozaba como un grupo líder con un fuerte convencimiento de la importancia de la investigación en el país, pero aún con reservas, de acuerdo con este relato de Eduardo Aldana:

“Cuando los profesores de física de la Universidad Nacional fueron a Colciencias a solicitar una financiación importante para un proyecto, les dije que estaba dispuesto a proporcionarles esos recursos pero en otras condiciones: que yo consideraba que cada tesis doctoral era una investigación científica y que Colciencias no solo estaba en posición de aportar seis millones de pesos por cada tesis doctoral, sino de darlos por adelantado. Les propuse que se comprometieran a producir un número

3. Colciencias 30 años: Memorias de un compromiso. Martha Luz Ospina Bozzi. Nov. 1998. Pág. 190.

4. Ibid. Pág 169.

de tesis doctorales y que Colciencias les entregaría de antemano los recursos con la confianza de que ellos eran un grupo muy serio, muy consolidado. Era un grupo ideal para iniciar un programa de este tipo porque tenía como veinte profesionales con doctorados y como cincuenta o más con título de magíster. Discutimos muchísimo y les sonó la idea, pero finalmente no fueron ellos los que comenzaron. Empezó el de genética de poblaciones, en el Instituto de Genética de la Universidad de los Andes... y siguió el de química de la Universidad Nacional, con un programa que ha resultado muy exitoso. Luego fue la Universidad del Valle y así arrancaron los programas doctorales en el país... eso brinda mucha satisfacción"⁵.

El énfasis hacia la docencia de las universidades continuaba primando, pero ya había focos de docentes preparados que empujaban la actividad investigativa. Por otro lado, si bien los recursos eran insuficientes, al menos ya era posible conseguir fondos más representativos, gracias al préstamo BID I.

Se funda el CIF y el abogado Eduardo Álvarez Correa ayuda a redactar los primeros estatutos, que han sufrido reformas en estos 25 años de funcionamiento para mantener actualizado su quehacer a través del tiempo. Lo lidera un Consejo de Administración y un Consejo Científico Internacional compuesto por 14 distinguidos investigadores de renombre mundial. Da cabida a dos directores, investigadores

reconocidos, y son nombrados Eduardo Posada como director ejecutivo provisional y Galileo Violini como director alterno. Como subdirector administrativo se nombra a Hernán Ocampo Duque y a José María Hernández Díaz como contador y revisor fiscal.

Las actividades que el CIF realizará tendrán varios objetivos, según los estatutos:

1. Fomentar y realizar la investigación y la capacitación científica y especialmente en la física en los países en vía de desarrollo con especial referencia a la región de la América Latina.
2. Desarrollar técnicas y estrategias para la aplicación de las ciencias básicas en general y de la física en particular en la industria y en la tecnología de los países de la región.
3. Actuar como consultor y asesorar a las autoridades públicas nacionales e internacionales en el ámbito de la competencia.
4. Establecer convenios con los Consejos Nacionales de Investigación, las universidades y los centros de investigación públicos y privados.
5. Establecer un foro internacional para promover contactos entre científicos de todos los países y especialmente de los países en vía de desarrollo.

6. Ofrecer a los científicos de los países en vía de desarrollo la infraestructura administrativa y material necesaria para la investigación y la capacitación científica en general y de la física en particular.
7. Organizar programas docentes, de capacitación y de investigación con el fin de entrenar y capacitar a físicos tanto en la física teórica como en la experimental con especial énfasis en la física aplicada y ligada a programas industriales.
8. Apoyar las actividades nacionales y regionales para el mejoramiento de los programas curriculares de la física y de las otras ciencias básicas a todos los niveles de la educación.
9. Colaborar con otros centros internacionales de investigación en particular con aquellos que tengan una relación especial con los países en desarrollo, tales como el Centro Internacional de Física Teórica de Trieste.
10. Fomentar el intercambio de formación sobre las ciencias básicas y la física en particular entre los países de la región mediante programas de divulgación.

5. Ibid. Pág. 190.

MIEMBROS FUNDADORES DEL CIF

Carlos Aguirre	Bolivia	Leon Lederman	Estados Unidos
Jorge Ahumada	Colombia	José Leite Lopes (QEPD)	Brasil
Eduardo Aldana	Colombia	Pablo Leyva	Colombia
Eduardo Álvarez (QEPD)	Colombia	Rodolfo Llinás	Colombia – Estados Unidos
Pedro Amaya (QEPD)	Colombia	Alfonso López Reina	Colombia
Marta Cecilia Arango Echevarría	Colombia	Gregorio Medrano	España
Jaime Ayala	Colombia	Luis Eduardo Mora Osejo (QEPD)	Colombia
Luciano Bertocchi	Italia	Marcos Moshinsky (QEPD)	México
Luis H. Blanco	Colombia	Alberto Ospina	Colombia
Nicola Cabibbo	Italia	Julio E. Ospina	Colombia
Fernando Chaparro	Colombia	Efraím Otero Ruíz	Colombia
Rodrigo Escobar (QEPD)	Colombia	Jorge Phillips	Colombia
Carlo Federici (QEPD)	Italia – Colombia	K.K. Phua	Singapur
Giuseppe Furlan	Italia	Jorge Eliécer Ruiz	Colombia
Athos Giacchetti	Estados Unidos	Abdus Salam (QEPD)	Pakistán
Juan José Giambiagi (QEPD)	Argentina	Federico Sequeda	Colombia
Giuseppe Gigli	Italia	Gunter Trapp	Alemania - Colombia
Jaime Gómez	Colombia	Jorge Valencia	Colombia
Hugo Hoenisberg	Colombia	Ernesto Villareal	Colombia
Nohora Elizabeth Hoyos	Colombia	Jorge Vivas	Colombia

Colombia atravesaba momentos difíciles con la reciente tragedia de Armero y la toma del Palacio de Justicia por parte del grupo guerrillero M-19, sucesos ocurridos con una semana de diferencia a comienzos de noviembre. Refiriéndose al apoyo del gobierno, Violini diría: *“El hecho de que el centro se establezca pocos días después de la tragedia que ha azotado al país constituye la mejor garantía de que la institución que hoy nace seguirá contando con este apoyo, así como pudo contar con él la ACIF para representar un pilar en el sistema científico del país y de la región”*. Y así quedó también escrito en un artículo publicado por el propio Violini en el *Latin American Journal of Metallurgy and Materials*.

La ilusión y el ánimo para empezar a montar el centro desbordaban a sus dos directores. El reto estaba planteado.

Con una nómina mínima, se instalaron en oficinas provisionales de la Universidad Nacional, que había resultado ser la mejor opción luego de revisar varias ofertas, entre ellas la Universidad Pedagógica Nacional, también en Bogotá, así como una en Cali, otra en Pereira y otra en Bucaramanga.

Si bien Violini y Posada compartían la dirección del centro, el primero estaba a cargo de las relaciones internacionales, desde el punto de vista académico pero también de cooperación económica, mientras que el segundo manejaba la relación nacional de consecución de fondos. Los dos empezaron a jugar un destacado papel en sus respectivas esferas, incluso Posada ha sido clave desde entonces en las decisiones de la política científica del país.

El problema financiero no se había resuelto en su totalidad pues aunque se recibió apoyo de Trieste para realizar varios cursos en países de la región, así como de los gobiernos italiano, español y canadiense, de la Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello, SECAB, y de la UNESCO, y a nivel nacional de Colciencias y de la Universidad Nacional, se trataba de recursos con destinación específica a proyectos y programas, que no cubrían los gastos de funcionamiento.

“Cuando el doctor Posada recibía su pago del LIQC venía y nos pagaba nuestros sueldos de su bolsillo”, cuentan Irma y César. María Cristina Plazas también fue testigo de las tantas veces que Posada tuvo que girar cheques de su cuenta personal para pagar los almuerzos de los

científicos invitados a los cursos.

“El CIF nació sin plata”, afirma Posada. *“Íbamos haciendo las cosas a punta de proyectos. Aunque hicimos mucha gestión a nivel nacional e internacional, no se consiguió una financiación estable y permanente. Es un problema estructural que todavía padecemos, al igual que otros centros de investigación no estatales. Vivimos del día a día, lo que no es fácil de manejar. A pesar de esa circunstancia hemos crecido mucho”*.

Durante los primeros cuatro años (1986 – 1989) la prioridad del CIF fue continuar fortaleciendo la movilidad de los investigadores en doble vía. Por un lado, los cursos ahora tenían un carácter más internacional (Ver Anexo 3: Cursos CIF), y se realizaban con mayor frecuencia en diferentes ciudades de América Latina y del Caribe. Pero por otro lado, fortaleció la movilidad de estudiantes que buscaban becas para hacer sus estudios doctorales en el exterior. *“Todo ese periodo de cursos fue sumamente interesante porque permitió hacer contactos internacionales y a muchos jóvenes estudiantes colombianos les sirvió para irse a hacer sus doctorados a otros países. Se promovió una actividad muy intensa de cooperación”*, dice Posada.

Carlos Quimby, físico de la Universidad Nacional de Colombia, magister en ciencias-física de la Universidad Nacional, doctor en ciencias físicas de la Universidad Autónoma de Madrid. Desde 1995 es profesor asociado del Departamento de Física de la Universidad Nacional.

Como primer becario de doctorado del Centro Internacional de Física en regresar a Colombia, culminando sus estudios, siento un gran compromiso con el Centro. Encabeza un grupo de ex becarios interesados en ofrecerle respaldo al Centro, para que mantenga su liderazgo. Este fue su recuerdo de su relación con el CIF.

Siendo estudiante de la carrera de física, tuve mi primer vínculo con el CIF en septiembre de 1987, al participar en el "I Encuentro Nacional de Óptica", en aquella época en la que este Centro solía organizar eventos científicos con la participación de reconocidas figuras internacionales. Con los compañeros del seminario de Teoría de Campos Cuánticos, el cual era dirigido por la profesora Alicia Guerrero de Mesa, nos inscribimos en agosto de 1988 en el "II Curso Internacional sobre Física de Partículas", evento organizado por el CIF y dirigido por Galileo Violini. Debido a que nuestra participación en este evento tuvo el respaldo institucional del CIF, este apoyo fue el punto de partida de nuestra vinculación institucional con este Centro. A las directivas del CIF les pareció estratégico apoyar la creación de un grupo de investigación en el campo de la física de partículas elementales y por tal motivo mediante la participación en otros eventos organizados por el Centro y a través de la asignación de un espacio de reunión y de discusión en las instalaciones del CIF, en el segundo semestre de 1988 fundamos el Grupo de Campos y Partículas.

En aquella época los integrantes fundadores del Grupo de Campos y Partículas éramos nueve estudiantes de pregrado de física. Al finalizar la carrera de física, algunos de los integrantes del grupo comenzaron estudios de posgrado fuera del país y tres finalmente nos quedamos cursando y finalizando los estudios de Maestría en Ciencias-Física en la Universidad Nacional de Colombia, habiendo tenido respaldo financiero mediante una beca otorgada por el ICFES y gestionada por el CIF. Algo destacable es que cada uno de los integrantes fundadores del Grupo, siguiendo caminos diferentes, finalmente con el tiempo terminamos nuestros doctorados siendo becarios del CIF. En uno de los eventos organizados por el CIF en 1991, tuvimos la fortuna de contactar al Dr. Cayetano López, un destacado físico de partículas y rector de la Universidad Autónoma de Madrid. Dos de los integrantes del Grupo, John Morales y yo, logramos su colaboración para ser presentados como aspirantes a ingresar al doctorado en el

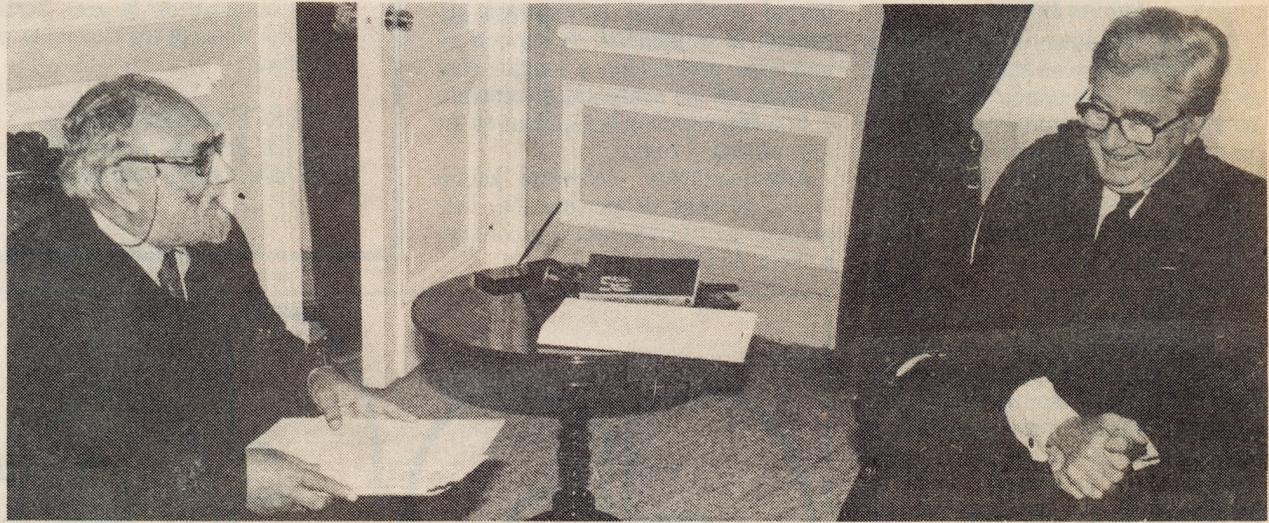
Departamento de Física Teórica de dicha Universidad. Finalmente fuimos admitidos en el Programa de Doctorado en Ciencias Físicas, el cual comenzamos a principios de 1992. Mi directora de tesis de doctorado fue la Dra. Belén Gavela quien se encontraba realizando una pasantía de cinco años en el Departamento de Física Teórica del Centro Europeo de Investigación Nuclear, CERN, en Ginebra. Por tal motivo permanecí en el CERN, como estudiante de doctorado, desde noviembre de 1992 hasta julio de 1995, cuando finalicé mis estudios de doctorado. En los artículos que publiqué como estudiante de doctorado, mi filiación fue como investigador asociado del CERN, estudiante de doctorado de la Universidad Autónoma de Madrid e investigador asociado del CIF. Esta última filiación la he conservado orgulloosamente desde entonces y hasta la fecha. El CIF siempre estuvo presente en todo mi proceso de desarrollo académico y profesional, especialmente durante mi etapa formativa de posgrado. Por ejemplo, en 1992 el CIF me presentó como aspirante a los créditos-beca que en aquella época Colciencias empezaba a otorgar, cuando ya estaba estudiando mi doctorado en España. Gracias al respaldo institucional que me otorgó el CIF, el crédito-beca me fue concedido oficialmente en junio de 1992 y me fue posible realizar mis estudios de forma exitosa. En agosto de 1995, me vinculé como profesor del Departamento de Física de la Universidad Nacional de Colombia a través del Concurso 125 Años, de forma similar a como lo hizo John Morales. En 1997, como profesores de este Departamento refundamos al Grupo de Campos y Partículas. Unos años después, el profesor Rafael Hurtado, otro de los integrantes fundadores del Grupo de Campos y Partículas del año 1988, se vinculó como profesor de la Universidad Nacional de Colombia y desde entonces también es integrante de este Grupo. Hoy en día el actual Grupo de Campos y Partículas, clasificado como grupo A por Colciencias, está conformado por seis profesores y por estudiantes de pregrado y postgrado en física. Así como en sus inicios en el CIF, seguimos enfocados en el trabajo de investigación en teoría de campos cuánticos, en física partículas elementales y en las aplicaciones de la física teórica en cosmología, en física del universo temprano y en física hadrónica. Hoy en día las líneas de investigación del Grupo se han ampliado: en los últimos años con el profesor Hurtado hemos impulsando el desarrollo de una nueva línea de investigación relacionada con las aplicaciones de la física teórica en sistemas complejos. En esta línea hemos

abordado problemas de economía, finanzas, redes sociales y complejas, cognición, etc. Creemos que es un enfoque de investigación novedoso de la física, que podría tener una importante incidencia en el estudio y planteamiento de soluciones para diferentes problemáticas del país.

... Ahora en el aniversario 25, sería muy importante que los becarios del CIF nos reuniéramos para plantear alternativas acerca del futuro del Centro. Mi propuesta es aprovechar toda nuestra experiencia y visión sobre la investigación y el quehacer científico del país, todo nuestro conocimiento sobre las debilidades, potencialidades y perspectivas de este quehacer, para discutir y plantear propuestas acerca de la proyección del CIF. Es necesario reconocer que el CIF ha jugado un papel muy importante en el desarrollo científico y tecnológico del país. También es importante destacar el papel de liderazgo que el Dr. Eduardo Posada ha tenido en la existencia y objetivos del CIF, no solo contribuyendo de forma excepcional a la creación de una política científica para Colombia, sino también impulsando y materializando ideas sobre la divulgación científica y la socialización de la ciencia, así como promoviendo programas de acercamiento de la ciencia y la tecnología con el sector productivo. Me parece que en los próximos 25 años el CIF debería tener un mayor impacto en el desarrollo científico, tecnológico y social del país, en relación con el que ya ha tenido, especialmente porque puede aprovechar, que con el ya largo camino recorrido, ha ganado mucha experiencia que será fundamental para potenciar el cumplimiento de sus objetivos. Pienso que al CIF habría que proyectarlo como un centro de investigación de una naturaleza similar a la que tiene el Instituto Max Planck en Alemania, soportado en un apoyo financiero permanente tanto del sector gubernamental como privado. El CIF debe plantearse como reto contribuir con el desarrollo científico, tecnológico y social del país, incidiendo en la solución de sus problemáticas con perspectivas innovadoras.

Sin embargo, hay que reconocerlo, lo más difícil será conseguir la financiación de los proyectos futuros mientras que los gobiernos de Colombia, junto con el sector productivo, sigan invirtiendo tan poco en educación, ciencia y tecnología, desconociendo que la inversión en estos campos es el mejor camino para lograr el desarrollo integral de un país.

10-A, Domingo, 15 de marzo de 1987



Nobel de Física con Barco

El Premio Nobel de Física, Abdus Salam, quien llegó a Bogotá para participar en la reunión anual del Consejo Científico Internacional, durante la entrevista que sostuvo con el presidente Virgilio Barco en la Casa de Nariño.

En marzo de 1987 Salam visita de nuevo al país y por supuesto al entonces presidente de la república, Virgilio Barco. Era el tercer presidente que lo recibía en su despacho desde que vino por primera vez en 1980. Viene a participar en la reunión del Consejo Científico Internacional que preside, al lado de otros visitantes ilustres como Giacomo Elías, Antonio Fernández-Rañada, Uri Haber Schaim, Michael Moravcsik, Leo Rinderer, Victor Latorre, Remo Ruffini, José Leite Lopes y Herbert Walter.

También se reúne el Consejo de Administración, con la presencia de Salam, y se hace una evaluación de este año largo de actividades del CIF. Asisten Nohora Elízaeth Hoyos y Carlos Aguirre, físico boliviano, como representantes de ACIF; Giuseppe Gigli y Ernesto Villarreal, representantes de los miembros fundadores del CIF; Abdus Salam, como presidente del Consejo Científico Internacional y los dos directores Eduardo Posada y Galileo Violini.

Se nombra a Violini como director ejecutivo y a Posada como director alterno

para el periodo 1987 – 1991, a quienes se hacen cuatro recomendaciones con carácter urgente: 1) Buscar financiación en tanto hasta este momento los ingresos no eran permanentes. 2) Reforzar el énfasis andino, dando preferencia a profesores e investigadores de la subregión en sus actividades. 3) Agilizar el proyecto de ley de apoyo al CIF (Se buscaba que tuviera un carácter de entidad internacional mediante un acuerdo entre varios países). 4) Aproximación al sector industrial.

Entre 1986 y 1989 el CIF se concentró en varias actividades puntuales. Elaboró tres directorios, uno sobre los científicos latinoamericanos activos en países desarrollados, otro sobre los grupos de investigación en física de Latinoamérica, con una breve descripción de sus líneas de investigación y el tercero incluyó a instituciones de investigación y formación en física en la región, con sus respectivas direcciones. Estableció un servicio de documentación técnica sobre equipos e insumos utilizados en física y ciencias afines.

Continuó el programa de formación de investigadores a través de cursos, talleres, seminarios y conferencias con especial interés en temas de tecnología avanzada que pudieran interesar a los industriales. Los eventos se organizaron en cooperación con universidades, centros de investigación y sociedades de física de varios países de América Latina.

La enseñanza de las ciencias continuó siendo un curso al que se le daba alta prioridad, con énfasis en la investigación pedagógica, los métodos modernos de enseñanza y las aplicaciones de la informática.

“Fue un periodo bien importante porque lo que se buscaba era hacer innovación pedagógica para los universitarios y también a nivel escolar. Había en ese entonces grupos de físicos que trabajaban en esos temas, como Dino Segura y Carlos Augusto Hernández, que estuvieron involucrados en esas actividades. Creo que fue una de las áreas en donde indudablemente ese proceso generó resultados en términos de creación de grupos de investigación y de docentes”, relata Posada.

Rafael Hurtado, físico de la Universidad Nacional de Colombia, PhD en física nuclear y subnuclear de la Universidad de Perugia en Italia. Actualmente es profesor del Departamento de Física de la Nacional, luego de haber sido su director.

En 1987 siete estudiantes de la Carrera de Física de diferentes semestres, que luego serían once, conformaron un grupo de estudio motivados por la profesora Alicia Guerrero de Mesa, quien dictaba el curso de Oscilaciones y Ondas de la carrera. "En ese curso nos llamó la atención hacia temas de la mecánica cuántica y en particular sobre temas asociados a las partículas elementales".

Se acercan al CIF por los cursos especializados de carácter internacional que ofrecía y así se inicia el relato de Hurtado: Empezamos nuestra relación con el CIF a partir de uno de esos cursos, una relación que se construyó de una manera muy natural, fluida, inicialmente muy informal. Poco a poco el CIF nos fue adoptando.

Recuerdo haber asistido a por lo menos doce cursos, todos muy importantes para nosotros, porque traían a personas relevantes a nivel internacional en sus temas. Dentro de todo el proceso hubo un profesor que fue muy importante para nosotros, Giuliano Preparata, con quien cultivamos una muy buena relación no solamente académica sino personal. Hoy en día hay un fondo de becas en Italia que se llama Giuliano Preparata, dirigido principalmente a estudiantes latinoamericanos, y he visto convocatorias específicas para estudiantes colombianos. Él murió en el 99.

El CIF nos apoyó en varias actividades: Primero, nos dio un pequeño espacio que pintamos, organizamos el tablero, nos conseguimos las tizas, y allí hacíamos

nuestros seminarios; eso nos permitió lograr cierta identidad. Eran seminarios programados a determinadas horas, con multas por llegar tarde, multas por decir bobadas, por interrumpir. Logramos construir unas reglas que nos permitieron trabajar unidos.

Adicionalmente formamos alianzas entre nosotros para participar en los cursos, para realizar los trabajos y las tesis que hicimos al final de la carrera. Ese también fue un espacio intelectual. Ocasionalmente teníamos apoyo y podíamos traer gente. Por ejemplo el CIF trajo a Enzo Ferrara, en buena parte porque estábamos nosotros ahí y era de los físicos que podía ayudarnos a conformar una visión del tema y a recorrer ese camino.

También nos dio la oportunidad de apoyar la base de información sobre equipos de laboratorio, para que pudiese ser utilizada por el país y más allá del país. Incluso llegamos a tener una biblioteca especializada, preprints del Fermilab, del CERN, de la Universidad de Princeton. Eso fue muy importante.

El CIF fue la institución que nos avaló, no a todos pero sí a muchos, para participar en las becas de Colciencias. A aquellos que la logramos nos permitió hacer el doctorado fuera del país. Eso fue en un momento en que muchas instituciones del país asociadas a la ciencia y la tecnología no estaban dando los avales requeridos por Colciencias para que sus egresados pudieran concursar por becas para hacer un doctorado. El CIF sí lo hizo, creyó en

nosotros y se la jugó por nosotros. Y sé que así pasó con muchos otros profesionales. Por esto mi gratitud no es solamente personal sino que es un reconocimiento realmente amplio.

Los once hicimos el doctorado, varios el postdoctorado, unos estamos en Colombia y otros están fuera del país, a todos nos ha ido muy bien. Yo primero estuve en Boston, volví a Colombia y luego terminé mi doctorado en Italia en temas sobre física teórica de las partículas elementales, específicamente en algo que se llama física hadrónica y que se refiere a las interacciones asociadas a los neutrones y protones y a otras partículas con características similares. También hice un postdoctorado en el Istituto Nazionale di Fisica Nucleare en Italia y otro en la Universidad de Gales (Wales) en Gran Bretaña. Entre Boston e Italia estuve en el CIF como asistente de dirección por un año; yo hacía contactos y organizaba eventos y cursos. Para el CIF fue una forma de mantener el contacto con Violini en una temporada en la que él se fue del país..

Eduardo Posada ha sido un hombre de una gran generosidad, comprometido con la institución y con una visión de futuro. Es realmente 'alma y nervio' del CIF. Galileo Violini fue muy importante mientras estuvo y movió muchas de las actividades internacionales en su momento.

Se fortalecieron los cursos de física médica. "Los primeros cursos sobre resonancia magnética nuclear e imágenes médicas los hicimos nosotros antes de que llegara cualquier equipo médico aquí. Los dictaba el europeo Peter Rinck. Todavía los médicos se acuerdan", dice Posada.

También el CIF apoyó la realización del Seminario Taller Internacional sobre Periodismo Científico, como el primero que acercaba al centro a los medios masivos de comunicación desde un encuentro académico, con el que inició actividades de popularización de la ciencia, en ámbitos diferentes a los formales. Realizado en sus instalaciones en agosto de 1987, el taller fue organizado por la Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello, la Fundación Konrad Adenauer, OREALC-UNESCO, el Centro Interamericano de Periodismo Educativo y Científico – CIMPEC, entre otras entidades. Participaron 16 periodistas de Bolivia, Chile, Costa Rica, Ecuador,

España, Panamá, Perú y Venezuela, y 19 de Colombia. Esta actividad le dio al CIF mucha visibilidad en los medios de comunicación de los países participantes, y a Posada la oportunidad para desarrollar aspectos de política científica.

A partir de 1987 el CIF estableció oficinas de representación en Ecuador, Perú y Argentina, en cooperación con organizaciones científicas locales.

En lo que se refiere a investigación, desde octubre de 1984, cuando el CIF realizó el Primer Encuentro Latinoamericano de Láser y Aplicaciones en Medellín, liderado por el entonces decano de la facultad de ciencias exactas de la Universidad de Antioquia, Eddien Álvarez, y los profesores Carlos Massone y Vicente A. Pais, había iniciado una estrecha colaboración con los anfitriones para construir un láser de potencia para uso quirúrgico. En julio de 1986 Adriana Larrota de El Espectador reportaba la construcción del instrumento bajo el título *Primer rayo láser colombiano construyen en Medellín*

para la medicina tradicional. En el texto hacía mención al bajo costo que tendría una vez terminado y comprobada su eficacia, en comparación con los dos únicos láseres que existían en el país, de origen israelí cuyo costo oscilaba entre 25 y 30 mil dólares. El profesor Álvarez murió en enero de 1988 y más tarde el CIF creó el Premio que lleva su nombre.

De esta manera el CIF había iniciado ya actividades de investigación en colaboración con grupos establecidos en las universidades, entre ellos también el de cristalografía de macromoléculas, en colaboración con la Universidad Nacional.

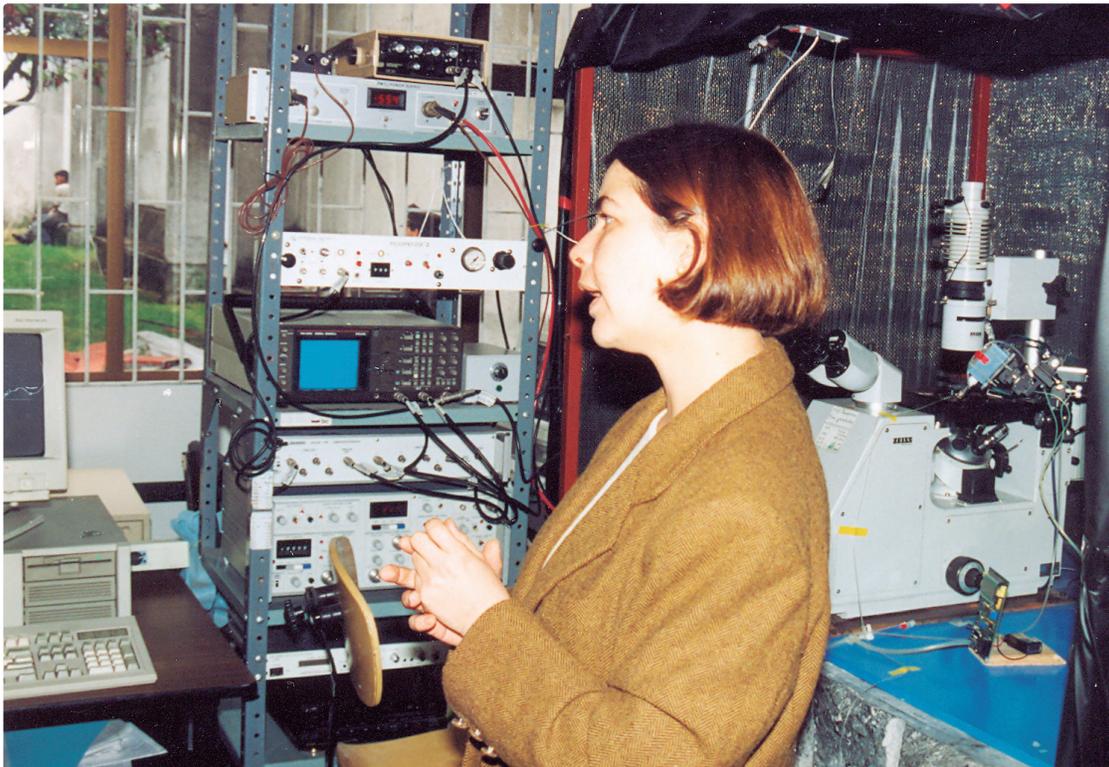
Y es en este período cuando también inicia actividades de investigación en sus instalaciones. *"Con un espacio grande y adaptado, ya no se justificaba solamente hacer cursos"*, continúa Posada.

A finales de 1986, durante el II Curso Internacional de Biofísica al que asistieron varias personalidades como Rodolfo

Llinás, Isabel Llano, Ramón Latorre y Ramon Fayad, -y que este último llamó 'La biofísica habla español'-, Posada anunció su disposición para iniciar actividades de investigación propias del CIF, dado el espacio de 1.600 metros en la Nacional.

Llinás propuso montar un laboratorio de neurociencias, y Pedro Amaya, quien había quedado encargado de la dirección de Colciencias, sugirió presentar un proyecto que sería sometido a evaluación y si lo aprobaban, se financiaría. Por sugerencia del propio Llinás, la biofísica Isabel Llano quedó encargada de escribir el proyecto, con énfasis en neurofisiología, propiedades de membranas y biología molecular.

"Mi colaboración con el CIF comenzó en el año 1987 cuando Colciencias aprobó un proyecto de investigación que presenté con el apoyo del CIF", relata Llano. *"Este proyecto permitió iniciar en el CIF la investigación básica en el área de biofísica ya que aportó los fondos*



Isabel Llano, biofísica. 1995

necesarios para la compra de equipos de base del laboratorio y montajes de registro electrofisiológico. Durante la fase de ejecución del proyecto estuve en relación constante con Eduardo Posada desde Francia, donde me instalé como investigador de planta en el Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS. Por medio de correos y de visitas frecuentes al CIF, colaboré para organizar las compras de equipos y establecer pautas para la función de laboratorio”.

Este proyecto marca un hito en la historia del CIF. “Ahí empezó a cambiar el rumbo radicalmente, porque decidimos hacer investigación, y no solo cursos. Además se estaba volviendo muy difícil financiarlos”, sigue el relato de Posada.

En 1988 el Comité Científico apoya decididamente el giro que estaba comenzando a dar el CIF, argumentando que lo que más daría créditos en el largo plazo serían las actividades de investigación. Como Isabel Llano se había radicado definitivamente en París, el CIF contrata a Luís Osses, un químico chileno que trabajaba en membranas, quien colaboró en el montaje del laboratorio.

Paralelamente se proponen dos proyectos, uno sobre corrosión de materiales metálicos con el Instituto Colombiano de Petróleo, ICP, en Bucaramanga, y otro para crear un laboratorio de microcomputadores con la TWAS.

El de Corrosión de Metales funcionaría en cooperación con la Universidad Industrial de Santander, orientando su investigación hacia los problemas de corrosión en los sectores industriales (por ejemplo de la industria petrolera) o de servicios, que tanta incidencia tienen en la economía de los países de la región. El laboratorio actuaría en estrecha coordinación con los Programas Nacionales de lucha contra la corrosión que se han establecido en casi todos los países de la región andina.

Amaya, desde Colciencias, lideraba un movimiento renovador acogiendo la propuesta de proponer y sacar adelante una ley sobre ciencia y tecnología. La entidad cumpliría 20 años en 1988 y era hora de dar un paso fuerte y decidido, para lo cual Amaya contaba con el total respaldo del presidente Barco. En el fondo, el rumbo estaba planteado para concebir a Colciencias como una entidad transversal que permeara todas las instancias del gobierno, y no solamente el campo de la educación, como hasta ahora había sido su actuar, debido a que era una entidad adscrita al Ministerio de Educación Nacional.

Todos los funcionarios de Colciencias apoyan la organización del Foro Nacional de Política de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, que tuvo lugar en octubre 8 de 1987, y que será recordado por haber logrado la participación de diez ministros del gabinete. El Plan de la entidad giraba sobre cuatro líneas de acción: a) El impulso al desarrollo científico y tecnológico del sector social, b) el fomento al desarrollo tecnológico del sector productivo y la mejora de los procesos de evaluación, negociación y asimilación de tecnología importada, c) el fortalecimiento de la capacidad institucional para el desarrollo de actividades científicas y técnicas y d) el estímulo a la difusión científica y tecnológica.

¿Cómo había evolucionado la investigación en el país? En la introducción del Plan se lee:

“En los últimos años la universidad colombiana, especialmente la oficial, ha ganado mayor presencia en la actividad investigativa. Ejecuta cerca del 30% de los recursos financieros destinados a investigación y ocupa el 45% del total de personas involucradas en esta actividad. Sin embargo, la investigación continúa siendo marginal en la educación

post-secundaria. El presupuesto destinado al desarrollo de la ciencia y la tecnología es ínfimo y no supera el 0.5% del presupuesto de las universidades. La investigación sigue concentrada en pocos centros. Menos de la quinta parte de las instituciones de educación superior realiza acciones investigativas y cerca del 90% de éstas se desarrollan en solo siete universidades”.

El CIF formaba parte de las estadísticas sin lugar a dudas, y estaba bien alineado con las directrices que planteaba el gobierno.

Algo se había avanzado desde las cifras que había presentado Otero Ruiz al cumplir la entidad diez años. Y para entonces el Comité de Ciencias de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC, que había sido creada en 1970, y al cual pertenecían los vicepresidentes de las sociedades y asociaciones científicas, -Posada entre ellos,- estaba muy activo. En 1986 lo nombran presidente de la ACAC, y conjuntamente con Nohora Elizabeth Hoyos, quien aceptó el cargo de vicepresidente, empiezan a mover la idea que Hoyos había planteado en una de las reuniones de Comité de Ciencias, sobre la necesidad de una legislación en ciencia y tecnología.

Fueron dos las conclusiones más sobresalientes y visibles del Foro: la declaración del Año Nacional de la Ciencia y la Tecnología de julio de 1988 a junio de 1989, - que por cierto también fue idea de Hoyos,- y la Misión de Ciencia y Tecnología, convocada por Luis Bernardo Flórez, director del Departamento Nacional de Planeación, DNP, y encabezada por el economista Gabriel Misas.

Posada fue muy activo en estas dos actividades y aunque siempre se ha caracterizado por ser optimista en su visión sobre la ciencia en Colombia, aprovechó

Juan Pablo Negret, Ingeniero Electrónico de la Universidad del Cauca, PhD en física de la Universidad de Purdue. Actualmente es Profesor Titular de Planta del Departamento de Física de la Universidad de los Andes.

A finales de la década de los setenta Negret se encontraba en Estados Unidos iniciando estudios de doctorado en física experimental de partículas elementales, en la misma línea de los trabajos de Abdus Salam, a quien conoce en un congreso; después de conversar sobre posibles proyectos para desarrollar esta área en Colombia, lo pone en contacto con Galileo Violini, quien ya estaba en el Departamento de Física de la Universidad de los Andes y promovía la idea de un centro que reuniera los esfuerzos de científicos en la región andina.

Por esa misma época asume Leon Lederman como director del Laboratorio Fermilab en Illinois, experimentalista también en física de altas energías y galardonado años más tarde con el Premio Nobel; el profesor Lederman acababa de llegar de Colombia muy bien impresionado por el entusiasmo de la comunidad de físicos, y con el propósito de abrir las puertas del Fermilab a América Latina. Y aquí inicia el relato de Negret:

Cuando estaba terminando estudios de doctorado, viajo a Fermilab con el propósito exclusivo de tener una cita con Lederman, y le planteo que quiero colaborar para que Colombia participe en esta apertura que él ha anunciado, a la cual ya se han adherido Brasil y México. Me remite a su director asistente, Roy Rubinstein. En ese momento se está formando la Asociación ProCentro Internacional de Física en cuyo Comité Consultivo participan Lederman y luego Rubinstein. Ambos pertenecerían al Comité Científico Internacional del CIF.

Yo veo esas coincidencias y empiezo con la idea de formular una propuesta concreta para Fermilab, pero necesitaba que una institución ya establecida en Colombia me presentara. En 1984 conozco personalmente a Galileo, le planteo mis intenciones y veo que a él

también le interesa promover esta área entre las actividades del CIF. Tan pronto como se funda en 1985, Galileo manda una carta a Fermilab diciendo que el CIF me patrocina. De esa forma se facilita mi vinculación con el Fermilab, y en octubre de 1986 empiezo mis labores en este Laboratorio, como investigador postdoctoral. O sea que en ese momento Colombia es el tercer país latinoamericano que entra formalmente a Fermilab.

Yo diría que gracias al CIF es que surge el Grupo de investigación de altas energías experimental en la Universidad de los Andes, grupo que se ha consolidado en estos 25 años y es de los más importantes, no solamente en física en Colombia, yo diría en general en ciencias.

Galileo me menciona que en Los Andes hay un profesor que había estudiado en Alemania física nuclear, Bernardo Gómez, quien podría ser un buen aliado para iniciar el grupo. Galileo, Roy y yo le hacemos una oferta irresistible a la Universidad de los Andes y a Bernardo para engancharlos en esta idea. Lederman, como director, le envía una carta a la Universidad y a Bernardo y lo invita a Fermilab en el verano de 1988 a trabajar conmigo y con Rubinstein sin ningún compromiso, todos los gastos pagos e incluso acompañado de un estudiante. Vino con su estudiante Carlos Ávila, en ese momento de 22 años, y hoy director del Departamento de Física. Por otro lado Galileo y yo organizamos el II Curso Internacional en Física de Partículas en Bogotá en agosto del 88; Roy Rubinstein consigue financiación de la National Science Foundation. Entre los conferencistas invitados estaba Bruce Hoeneisen, un chileno que vive en Ecuador, con PhD en Física de Caltech, en Estados Unidos.

El hecho de que el curso fuera latinoamericano, y sobre todo en la región andina era algo importante, y en efecto

yo escribo un artículo en el que hablo de la importancia de que un grupo de investigación actúe como catalizador de la investigación en países en los que no hay tradición de investigación en esta área. La idea es que la propuesta involucre a otros países y que el CIF puede liderarlo.

En esa época me nombran coordinador 'ad honorem' de los programas de física de altas energías del centro. Como el CIF ya está funcionando y están creciendo sus actividades, Galileo está bastante ocupado, pero él ha mantenido una posición de medio tiempo de planta en los Andes. Entonces él le dice a la Universidad que se retira porque no tiene tiempo, con la condición de que sea yo quien lo reemplace. La universidad acepta. Desde enero de 1989 estoy como profesor de planta en Los Andes.

En 1991 el grupo entró a formar parte de la colaboración D-cero D0, en Fermilab, y allí participó en 1995 en el descubrimiento del quark top, uno de los frutos indirectos del CIF.

De acuerdo con lo anterior, el CIF ha tenido que ver con el desarrollo de la física en Ecuador gracias a Bruce, hoy en día el físico más reconocido de ese país. Bruce se unió a nuestro grupo desde el comienzo. En los inicios en el experimento D0, Bruce lideró proyectos de investigación sobre estudios de asimetrías entre materia y antimateria. En el 2010, como resultado directo de este proceso de investigación, una publicación del D0 reporta que existe evidencia de un nuevo tipo de asimetría entre materia y antimateria. Esta publicación ha tenido gran resonancia en la comunidad científica internacional y este potencial descubrimiento, cuyo estudio fue iniciado y liderado por nuestro grupo, podría llegar a ser más importante que el descubrimiento del quark top.

la coyuntura para hacer un llamado contundente para que el país le pusiera más atención al tema. El periodista Jorge Lesmes de El Tiempo, uno de los participantes del Taller de Periodismo Científico de 1987 lo entrevistó a comienzos de 1988, y esto fue lo que dijo Posada:

Jueves 4 de febrero de 1988:

“(Colciencias) es una entidad que no tiene acceso a nadie. Ni al Consejo de Ministros, donde se discuten los programas de desarrollo. Ni al Conpes, donde se determina el financiamiento de esos programas. Y mucho menos al Presidente de la República, para orientarlo en las necesidades en materia de investigación. No hay conciencia nacional. Estamos aislados, sin poder tener acceso a la industria porque todo lo que se emplea en ella se trae del extranjero. La burocracia nos mata”.

Posada pedía a gritos *“masificar la ciencia y la tecnología en el país. Despertar esa conciencia nacional que nos permita garantizar el avance social y económico”*. Como director del CIF y presidente de la ACAC era una voz autorizada y escuchada. Apoyaba la idea de elevar a Colciencias a la categoría de ministerio y fueron muchas las reuniones a las que asistió para impulsar la actividad investigativa en el país.

Exactamente un año más tarde, cuando los resultados del Foro se palpaban, lo entrevista el periodista Eduardo Arias, del diario La Prensa:

Sábado 4 de febrero de 1989:

“Yo creo que la mentalidad del país está cambiando (con respecto al desarrollo de la ciencia y la tecnología)... Creo que hay que estimular antes que todo la formación de investigadores pero en el país, y sobre todo a nivel de doctorado... La investigación básica de las universidades de los países desarrollados se hace siempre a través de los trabajos

de doctorado... Yo diría que donde debe ser mayor el esfuerzo es en la formación de investigadores en ingeniería, porque el ingeniero es el que desarrolla la tecnología y aplica los conocimientos científicos... Si queremos que el sector productivo cambie y que el país comience a trabajar con su propia tecnología, hay que formar a la gente para crearla o adaptar la que se genera en otros medios a nuestras necesidades”.

Posada se convierte en referente para los medios de comunicación, ya no solamente por su labor en el CIF y su incidencia en la política científica del país, sino por el inicio de un evento de la ACAC que perdura todavía, la realización de la Expociencia – Expotecnología cada dos años, cuya primera versión tuvo lugar en 1989 del 16 al 22 de octubre, y por haber sido merecedor de una mención de honor en el área de ciencias del premio Alejandro Ángel Escobar, y después del premio como líder del grupo de bajas temperaturas de la Universidad Nacional por la investigación titulada ‘Fabricación y estudio de cerámicas superconductoras de alta temperatura crítica’. Además de Posada, los galardonados fueron los físicos Gustavo Holguín, Mauricio Esguerra, Álvaro Mariño, Guillermo Franco, Darío Rodríguez y Augusto Jiménez.

Holguín ha sido compañero y gran aliado del CIF desde siempre. Hizo parte de los físicos formados en la Nacional por la misión alemana, compartía con Posada su pasión por la física de bajas temperaturas y los materiales superconductores de cerámica, que permiten el paso de corriente eléctrica sin resistencia sin que haya fugas... investigación por demás costosa. Apoyó la realización de cursos donde, según recuerda, *“cada físico pudo organizar su seminario, su congreso y su escuela alrededor del tema”*. También apoyó al CIF desde su laboratorio en la Nacional para la puesta en

marcha de algunas investigaciones, que realizaban de manera conjunta. El CIF decidió incursionar en la investigación, dice, en buena parte *“por la incapacidad de las universidades, por un lado las públicas que tenían dinero pero no manejo, y las privadas que tenían ideas y contactos pero no presupuesto”*. Con el CIF también hizo investigación en nanotubos, financiado por Colciencias, uno de los primeros trabajos del país en nanotecnología. *“En todas mis actividades siempre tuve respaldo del CIF”*.



Las periodistas Gloria Tamayo de Echeverry y Diana Patiño, entrevistan a Mohamed Hassan.



Galileo Violini, Jorge Eliécer Ruiz, Luis Eduardo Mora, Ricardo Mosquera, Manuel Francisco Becerra, Pedro Amaya y Mohamed Hassan.

Del 30 de enero al 1 de febrero de 1989 el CIF y la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, ACCEFYN, organizan en Bogotá la reunión preparatoria de la Tercera Conferencia General de la TWAS, en cuyas memorias, dice Violini quien las redactó con el químico y exsubdirector de Colciencias José Luis Villaveces y con la bióloga Marta Lucía Guardiola, hoy jefe del grupo de investigación de biotecnología del CIF, "se muestra cómo el CIF era una fuente de ideas a nivel internacional en la región y era punto de referencia para TWAS considerando que la reunión la iban a hacer en Caracas, y aquí nosotros organizamos la preparatoria. Esto muestra que hemos tenido resultados importantes".

Los últimos años de la década del ochenta se caracterizan en Colombia por una agobiante situación de orden público debido al auge del narcotráfico con las consecuencias desestabilizadoras en una sociedad que por un lado enfocaba sus esfuerzos hacia una economía del desarrollo, y a insertarse en

el contexto global, pero se encontraba por el otro con obstáculos cotidianos representados en los sucesos trágicos que debía enfrentar el gobierno con prioridad.

Los frecuentes atentados, los asesinatos de políticos de oposición y de periodistas frenteros, las bombas, marcaron una época dolorosa en el país. Paradójicamente fue esta la época en que la comunidad científica logra la aprobación de la Ley 29 del 27 de febrero de 1990, seguida de los decretos reglamentarios que conforman el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, elevan a Colciencias a la categoría de Instituto, adscrito al DNP. También se firma el segundo crédito para la ciencia otorgado por el BID (1990-1994), por un total de 66.7 millones de dólares, de los cuales el banco comprometió 40. La ruta de la ciencia en Colombia empieza a recorrer caminos más llanos. Hay cambio de gobierno en agosto de 1994 y es el ingeniero civil Clemente Forero, nuevo director de Colciencias quien tendrá el reto de 'armar' el Sistema Nacional de

Ciencia y Tecnología y organizar a la comunidad científica del país con base en la primera ley de ciencia en el país.

Entra una nueva década que promete mucho para la ciencia colombiana. El CIF ha iniciado actividades de investigación, continúa haciendo los cursos, pero aún es importante que busque estrategias para afianzar su presencia a nivel regional. También su Consejo de Administración demanda a los directores que es necesario que el CIF se reconozca como una institución de investigación y de recurso humano en el área de la física, pero también como un organismo incubador de empresas o institutos de investigación en otras áreas del conocimiento y prestador de servicios técnicos financieros y administrativos.

También el Consejo recomendó disminuir la cantidad de cursos que no tuvieran que ver con las actividades propias del CIF y aumentar la actividad de investigación.

Se nombra nuevo consejo científico, presidido por el premio Nóbel de física 1988 Leon Lederman, complementado por Mohamed Hassan, director ejecutivo de la TWAS, y Leo Falicov, Giorgio Salvini, Victor Latorre, Giacomo Elias, Rodolfo Llinás, Marcelo Alonso, Roy Rubinstein, Leo Rinderer, Remo Ruffini y Eduardo Quel, entre otros. Por los próximos cuatro años Posada vuelve a ser director ejecutivo, y Violini, director alterno.

"En 1990 Trieste organizó una reunión de los centros que habían nacido en la década anterior bajo la influencia de Salam", relata Violini refiriéndose a las actividades internacionales. "En 1992 organizamos en Cartagena una reunión de centros latinoamericanos, donde yo insistí mucho en formalizar una red de centros de ciencia. La idea era que una red de centros iba a tener mayor capacidad y fuerza que uno solo. En cierto sentido esta idea no tiene primogenitura reales, las ideas vienen de mucha gente, muchos sitios con matices distintos, pero en cierto sentido el COMSATS⁶ es hijo de esta idea".

A raíz de las reuniones de Trieste en 1990, remata Violini, hubo acercamientos con Jamaica, Barbados y Trinidad y Tobago, en la University of West Indies, y también con la Universidad de Londres.

En 1990 también la Presidencia de la República nombra a Antanas Mockus como rector de la Universidad Nacional para quien el CIF representaba una *"especie de embajada de la comunidad internacional y circulación de científicos, sobre todo europeos, por la universidad"*. Esas conversaciones y debates de alguna manera apoyarían lo que Mockus impulsó y hoy llama su *"teoría de los doctorados desde el ángulo de la persona en formación. Son cinco o seis años de la vida de un ser humano para poner un granito de arena, cuyo sentido no es tanto el peso*

6. Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sostenible en el Sur, COMSATS.



Rodolfo Llinás, Jorge Eliécer Ruiz, Efraim Otero y Galileo Violini.

del granito, sino es la prueba contundente de que participó de manera relevante y pertinente en una conversación de la comunidad internacional".

"El CIF ayudó mucho a un tránsito de la investigación mitificada, a la investigación real, de frente, bajo las condiciones colombianas", continúa Mockus. "Llamaba la atención a los docentes de que el mundo se movía, que era dinámico".

Pero la presencia del CIF en el campus universitario molestaba a algunos, que de vez en cuando alzaban su voz de protesta y se quejaban. *"Yo recuerdo que por alguna razón el CIF le facilitaba a los profesores el fax para sus invitaciones internacionales y a pesar de que la universidad pagaba la cuenta del teléfono, era celosa porque las indulgencias se las ganaba el CIF"*. La pregunta, dice Mockus, era ¿por qué la universidad no ofrecía el servicio de fax? Era un instrumento clave, cuando aún no existía Internet. *"Frente a la llamada, y las palabras que se esfuman, el fax permitía invitar, organizar, confirmar los títulos de las conferencias"*.



Álvaro Pantoja, Fabio Chaparro, Eduardo Posada y Antanas Mokus en 1993 durante la firma del convenio entre la Universidad Nacional y el CIF.

Tal vez por eso es que hoy en día el único servicio que paga el CIF es el teléfono y los sueldos de su personal de planta. Como contraprestación el centro recibe permanentemente a los estudiantes de pregrado, maestría y doctorado de la Universidad Nacional para que lleven a cabo sus prácticas, con lo que apoya la formación de su recurso humano. El 80 por ciento de los estudiantes que ha formado el CIF son egresados de la Nacional. La relación es estrecha y de mutuo beneficio. Incluso en la papelería del CIF se lee una frase que dice 'El CIF es asociado con la Universidad Nacional'.

La llegada de Internet es otra razón por la cual el CIF comienza a dar un giro desde la formación académica hacia la investigación. "Al principio, uno de los grandes temas de la política científica era el del aislamiento", dice Violini. "Ahora el problema es diferente: Internet evita el aislamiento, pero a pesar de eso, así nos encontremos todo el tiempo en Facebook, no vamos a vernos". Ahora los problemas son otros y esto ofrece nuevas oportunidades que es necesario empezar a aprovechar.

En un ejercicio realizado por el sociólogo Hernando Gómez Buendía y el economista y entonces subdirector de programas estratégicos de Colciencias, Hernán Jaramillo Salazar, en el que recopilan las historias de vida de 37 instituciones latinoamericanas dedicadas a la investigación científica y tecnológica, al profesor de metalurgia de la Universidad del Valle, ingeniero PhD Álvaro Morales Torres⁷ le correspondió escribir la correspondiente al CIF. Dice que, de 1989 a 1993 el centro entra a la fase de creación de su infraestructura investigativa, la constitución de los grupos de investigación y el establecimiento

de proyectos de mediano y largo plazo. Y de 1993 a 1996 "se caracteriza por el diseño y el montaje de programas de orientación más aplicados a problemas y necesidades del país, con un especial enfoque de entronque con la tecnología avanzada. Se trata de ganar una inserción social y científica en otros campos del saber, manteniendo la identidad disciplinaria de la física, pero correlacionada con nuevos frentes que, desde ella, irrumpen en la vida científica moderna". Esta caracterización del período continuaría hasta finales del siglo.

¿Cuáles eran los avances del grupo de biofísica? "En el año 1991 con Walter Stühmer, investigador en el Max-Planck, en Alemania, presentamos un proyecto a la Comunidad Económica Europea, CEE, para iniciar investigaciones relacionadas con la homeostasis de los iones en microorganismos", relata Isabel Llano. Una vez aprobado, se ejecutó "como un proyecto de colaboración entre el Ecole Normale Supérieure, ENS, en París, donde yo trabajaba en esa época, el Instituto Max-Planck en Göttingen, donde trabajaba Walter, y el CIF. Este proyecto permitió iniciar los trabajos de investigación sobre el transporte de iones en microorganismos y abrió las puertas a lo que hoy en día sigue siendo el enfoque del laboratorio de biofísica".

El biofísico Stühmer es colombiano de nacimiento, pero vive en Alemania desde su adolescencia. Hoy en día dirige el Instituto Max Planck de Medicina Experimental de Göttingen y desde que apoyó a Llano en 1991 ha estado vinculado de diferentes formas con el CIF y con Colombia. Siempre está buscando desde Europa cualquier tipo de colaboración con la ciencia del país. En ese entonces "vi una oportunidad de poder colaborar con un centro destacado de ciencia en Colombia que además está haciendo una investigación muy relevante en enfermedades tropicales".

En 1993 llega al país Marcela Camacho, médica de la Pontificia Universidad Javeriana con PhD en Inglaterra, circunstancia que aprovecha Posada para ofrecerle la dirección del laboratorio de biofísica. "Entre ella e Isabel Llano decidieron que era más interesante hacia el futuro dedicarse a las enfermedades tropicales por medio de técnicas de las neurociencias, de la electrofisiología celular, y resuelven incursionar en las enfermedades parasitarias, escogiendo la leishmaniasis como modelo, cosa que era totalmente novedosa, pues en el mundo no había nadie trabajando en ese tema. Los que trabajan enfermedades tropicales no lo hacen por electrofisiología", cuenta Posada.

Buscaban establecer cómo la presencia del parásito alteraba las características eléctricas del hospedero, estudio que adelantaron con el ánimo de entender los mecanismos adaptativos de algunos protozoarios a sus células hospederas.

"Así deja de ser investigación básica para ser orientada a un problema local y específico de nuestra región que son las enfermedades tropicales. Es el tipo de investigación que debemos hacer aquí, porque en el mundo avanzado ese tipo de enfermedades no existen y a las multinacionales no les interesan mucho. El propósito es entender esas enfermedades y buscar atacarlas de manera más eficiente. Los resultados que se han logrado han sido sumamente importantes", explica Posada.

Durante la década del noventa el laboratorio desarrolló otros proyectos de investigación en biofísica del sistema nervioso y del parasitismo en plantas, como el café, trabajo en el cual se identificaron por primera vez algunas corrientes iónicas, lo que contribuyó a entender la fisiología de las células de esta planta, y en animales, como el pollo, en el que también identificaron corrientes iónicas

7. 37 Modos de hacer ciencia en América Latina. Hernando Gómez Buendía y Hernán Jaramillo Salazar, compiladores. Tercer Mundo Editores y Colciencias. Bogotá, 1997. Pág 52.

que no se habían descrito antes en la literatura científica universal.

Así se consolida el laboratorio de electrofisiología en el CIF, desde entonces competitivo a nivel nacional e internacional.

El astrofísico Sergio Torres, PhD en Virginia Tech es otro de los científicos colombianos que desde la década del ochenta se acercó al CIF e inició más tarde una línea de investigación. *“Cuando yo estudiaba física en Colombia y luego el doctorado en Estados Unidos, la comunidad de físicos en el país era bastante pequeña y como físico era imposible no conocer a Eduardo Posada y a Galileo Violini. Además, por esa época la ACIF y el CIF programaban eventos con la participación de físicos de alto calibre que salían hasta en los periódicos. En mis viajes a Colombia siempre contactaba a Eduardo y a mi regreso, en 1990, me vinculé con el CIF como investigador en el área de astrofísica con la idea de formar un grupo con estudiantes interesados en trabajar con los datos del satélite COBE de la NASA”.*

Las investigaciones desarrolladas por el grupo de astrofísica mientras estuvo activo, hasta finales de la década del noventa, aportaron nuevo cono-

cimiento relacionado con el origen del universo, principalmente a través del proyecto internacional dirigido por el astrofísico George Smoot de la Universidad de California, -quien más tarde ganaría el premio Nóbel de Física en 2006,- para elaborar el Mapa de Emisión Galáctica, GEM, a través del cual se

instaló un radiotelescopio en Villa de Leyva para hacer mediciones de la radiación cósmica de fondo, ese ruido que generó el origen del universo y que habla de su historia. El grupo trabajó además la morfología, estabilidad y distribución de estructuras galácticas, en colaboración con el profesor Remo Ruffini del Centro Internacional de Astrofísica Relativista de Roma y miembro del Consejo Científico Internacional del CIF.

El proyecto GEM produjo numerosas publicaciones y formó tres estudiantes de maestría, quienes adelantaron luego estudios de doctorado en el exterior, becados por Colciencias y respaldados por el CIF.

Bajo la dirección del grupo de astrofísica, Torres, a nombre del CIF y del departamento de física de la Universidad de los Andes, reunió en Colombia a expertos en ciencias espaciales de varios países y participó en varias reuniones y congresos internacionales.



William McGowan y Sergio Torres 1995.

“La Escuela Nacional de Astrofísica fue el primer intento en convocar la comunidad de investigadores del país en las áreas de astronomía, astrofísica y afines, para conocernos, compartir y coordinar esfuerzos. El evento fue realizado en Bogotá, en 1994, del cual salió el Acta de constitución de la red nacional de

grupos de investigación en astrofísica”. Se conformó la Red Nacional de Grupos de Investigación en Astrofísica, para responder a las necesidades del país de establecer programas de doctorados y al reto internacional de producir ciencia de primera clase.

En 1992, Marta Lucía Guardiola tiene la responsabilidad de montar la línea de investigación en biotecnología. Pero su contacto con el centro se había iniciado desde la ACIF, cuando apoyaba la organización de eventos mientras estudiaba su pregrado en la Universidad de los Andes. Desde entonces iba y venía, viajaba a Inglaterra a Italia, hacía cursos y volvía a su segundo hogar, el CIF.

“El CIF empezó a organizar cursos relacionados con biotecnología y las ciencias de la vida porque me di cuenta de la importancia de la biotecnología para el desarrollo”, dice Posada.

El grupo que empezó a montar Guardiola buscaba generar alternativas

biotecnológicas para el control y aprovechamiento de microorganismos en los sectores agrícola e industrial, bajo el esquema de un trabajo interdisciplinario de bioquímica, microbiología, biología molecular y cultivo de tejidos vegetales.

Sus líneas de investigación iniciales se refieren a los mecanismos bioquímicos de las plantas (lulo, clavel, tomate, banano y papa) para defenderse de la invasión por hongos, estudios que generaron un producto con posibilidades industriales para su aplicación en agricultura.

También trabajó en el área de la corrosión influenciada por microorganismos, en colaboración con la Corporación para la Investigación de la Corrosión, CIC, que había sido fundada con fuerte y decidido apoyo del CIF en 1994.

El grupo de física aplicada, que luego se llamaría 'física aplicada y desarrollo tecnológico' también tiene nombre propio desde entonces. Así relata Posada cómo comenzó: *"Yo había conocido a José García como estudiante de la Nacional, era un físico experimental, a quien le gustaba la electrónica, pero se fue a trabajar al Centro de Equipos Interfacultades, CEIF, que había montado la Universidad Nacional por iniciativa de Fabio Chaparro. El CEIF buscaba reunir los equipos robustos de la universidad, empezando por un microscopio electrónico, que estaba en manos de los médicos y que no habían podido poner a funcionar. Se lo trasladaron formalmente al CEIF y allí Fabio empezó a montar un grupo de físicos, diseñadores industriales, que además de ocuparse de los equipos grandes tenía el objetivo de producir equipo científico: diseñar y fabricar equipo científico como negocio para la venta. Cuando nombran a Fabio como vicerrector, José asume la dirección del CEIF. Alguna vez conversando con él, en el parqueadero del Camilo Torres, le propuse que se fuera para el CIF a montar un grupo de investigación y allá terminó. Así se inició el grupo de física aplicada"*.

En el área de física aplicada, el grupo desarrolló en esa época un microscopio de efecto túnel, dos termocicladores para técnica PCR, tres estaciones meteorológicas, varios sensores, un prototipo para un electrocardiógrafo utilizando un PC, equipos con promisorio futuro comercializable.

En el área industrial diseñó, entre otras muchas innovaciones, un sintetizador de péptidos, un sistema para la automa-

tización de curtiembres, un sistema de monitoreo para una línea de producción de nylon, varias máquinas de bobinado especiales, y se construyó un equipo para la medida del proceso de fraguado de concretos, una cámara para desinfección de herbarios y un pirómetro para la medición de altas temperaturas en hornos de carbón.

Este grupo tiene tres secretos industriales, producto de su labor creativa:

- ▶ *Diseño, desarrollo e implementación de dos sistemas de medición de caudal para la Empresa de Energía de Cundinamarca EEC – ESP.*
- ▶ *Diseño, desarrollo, implementación y adaptación al equipo Scan Power para la medición de corriente, armónicos de corriente y de potencias, de un prototipo y cuatro equipos industriales que cuentan con 15 entradas digitales y software de reportes de las variables para la medición de la calidad de la potencia.*
- ▶ *Corrección automática del 'encocado' del cartón corrugado durante el proceso de fabricación.*

"El grupo de José está muy orientado hacia las aplicaciones y a la solución de problemas industriales específicos", explica Posada. "Ha conformado un equipo con una gran versatilidad que tiene la capacidad de atacar problemas muy concretos en diferentes sectores".

"Aquí se habla mucho de la cooperación universidad – empresa, pero hay una diferencia de nivel, de información, y de objetivos entre lo que es nuestra industria y nuestra universidad", continúa Posada. "Nuestra industria es de bajo nivel tecnológico. Lo que necesita son soluciones a menudo complejas a sus problemas cotidianos adaptadas a las condiciones locales y la universidad no está diseñada para eso, trabaja a un ritmo totalmente distinto, y por tanto, no hay un interlo-

cutor adecuado".

El CIF ha promovido el vínculo de la empresa con la ciencia y la innovación tecnológica, razón por la cual Posada lideró el proyecto de la incubadora de empresas, estudio de factibilidad que financió el Fondo Nacional de Desarrollo, Fonade, y fue apoyado por la Fundación Corona.

La Incubadora de Empresas de Base Tecnológica, Corporación Innovar, la primera incubadora formal que se estableció en el país, abrió sus puertas en 1994. *"Estudiantes, docentes e investigadores desarrollaban proyectos que tenían una base científica y tecnológica y un potencial de uso comercial, pero muchos de ellos solo cumplían su propósito académico. No había un puente que conectara a la academia con el sector productivo",* dice su primer y único director, Adolfo Naranjo.

"Ese estudio llevó a mostrar la conveniencia de crear una incubadora de empresas de base tecnológica que ayudara a estos investigadores con proyectos de enorme potencial, a volverlos una realidad dentro de un esquema empresarial para que pudieran en el mercado vender ese servicio, producto o innovación que surgía del conocimiento. A pesar de que el enfoque inicial surge de la física, muy rápidamente el CIF entendió que este tema de la incubadora debería ayudar a todo tipo de empresa de base tecnológica".

Siendo aún un proyecto, en 1992, la Corporación Innovar había sido reconocida por Colciencias por el apoyo a la creación de nuevas empresas que impulsan el desarrollo tecnológico del país.

INCUBADORA DE EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA CORPORACIÓN INNOVAR

Doce años duró la Corporación Innovar prestando sus servicios a las nacientes empresas de base tecnológica del país. La idea la planteó Eduardo Posada, en cabeza del CIF, y se inició la gestación del estudio de factibilidad con Inés de Mosquera, Fabio Chaparro en representación de la Universidad Nacional de Colombia, Fundescol y el CIF, con recursos del FONADE. Gloria María Borrero se encargó de la viabilidad jurídica. Con el impulso decidido del codirector de la Fundación Corona, Guillermo Carvajalino, el proyecto también recibió el apoyo institucional de alrededor de 40 entidades entre empresas, entidades y universidades.

Nació el 28 de marzo de 1994 con el objetivo de facilitar la aplicación del conocimiento científico y tecnológico a la generación de productos y servicios comercializables y competitivos que incrementaran el valor agregado del país. Identificaba proyectos potencialmente exitosos, los incubaba ofreciéndoles apoyo en la etapa de creación de futuras empresas innovadoras y de base tecnológica, a través del desarrollo y aplicación de procesos que aceleraran sus ciclos de gestación, arranque y éxito en el mercado global.

De los 1700 contactos que atendió, 326 formularon planes de negocios o proyectos en preincubación, que su director Adolfo Naranjo presentó en comité de selección, de los cuales fueron aprobados 61, principalmente en los sectores de tecnologías de la información, biotecnología, nuevas tecnologías, servicios de salud de alta complejidad y servicios empresariales especializados.

“Era una necesidad nacional, que permitió la inclusión de esta incubadora y de las que se crearon después, en el Sistema Nacional de Innovación”, cuenta Naranjo. Colciencias y el SENA promovieron luego una red de incubadoras que acogió a varias iniciativas de este tipo en el resto del país.

“Lo más satisfactorio es ver cómo proyectos empresariales o empresas que llegaban muy pequeñas se logran consolidar y hoy son empresas sólidas”, dice con algo de nostalgia. *“Uno no puede decir, pues sería arrogante, que ese éxito se debe a Innovar, pero indudablemente Innovar puso un grano de arena para lograrlo”*.

Y recuerda algunos casos: Unos químicos farmacéuticos de la Universidad Nacional con la idea de crear una empresa que realizara pruebas en medicamentos para laboratorios farmacéuticos, y de allí hace Interfarm, hoy consolidada y proveedora de servicios a los principales laboratorios farmacéuticos. *“Innovar acompañaba, orientaba, aconsejaba, participaba en las decisiones. Ese es un caso que deja una gran satisfacción”*.

Un grupo de ingenieros electrónicos y administradores formalizaron un plan de negocios y después de unos años después consolidaron su empresa, hoy multinacional, líder en el sector de sistemas de vigilancia electrónica: Geovisión, así como otra empresa que ella misma genera, AZ Technology, *“son empresas que hoy en día ya están incluso saliendo del país vendiendo sus servicios y haciendo desarrollos de software y hardware, basados en el conocimiento de sus líderes”*, dice Naranjo.

El proyecto de Proquifar, liderado por dos mujeres profesionales, que montaron un laboratorio de química farmacéutica y lo certificaron internacionalmente para hacer análisis de biodisponibilidad de medicamentos. *“Pasaron de estar en un pequeño garaje a unas instalaciones en Innovar donde se consolidaron y hoy en día tienen una sede propia”*.

El caso también de investigadores del Instituto de Inmunología del Hospital San José que llegaron con la idea de crear una organización que hiciera capacitación, docencia, pero que también tuviera un brazo comercial. Hoy es Corpogen, una corporación de investigación muy fuerte en temas de genética con conexiones muy importantes en universidades internacionales, desarrolla tecnología de punta y hoy en día vende productos y servicios.

Innovar inspiró en su momento a representantes de esas generaciones que tenían ideas de empresas basadas en su conocimiento y les ayudó a proyectar sus vidas profesionales a través de emprendimientos

empresariales que materializaron en servicios a la sociedad, y los hicieron prósperos económicamente.

Un trabajo de grado titulado ‘Valoración del Impacto de la Corporación Innovar 1994- 2004’⁸, identificó tres elementos que fueron altamente valorados por los diferentes stakeholders cercanos a Innovar:

Es una entidad seria, con un equipo comprometido con el proceso de incubación y con un conocimiento en el tema muy valioso para el país. Cuenta con una infraestructura y unos espacios muy apropiados que los empresarios aprovechan al máximo. El portafolio de servicios ofrecidos es totalmente acorde con lo que requiere un programa de incubación. A 2004, trece empresas incubadas vendían más de \$100 millones de pesos anualmente.

Su experiencia como proyecto piloto impulsó la creación de las incubadoras de Bucaramanga y Villavicencio y sirvió de guía para la puesta en funcionamiento de otras incubadoras.



8. Proyecto de grado para Magister en Administración, Universidad de los Andes, dirigida por Juan Carlos Montes y presentada por Vinciane Servantie, Junio, 2004.

La fundación de la Corporación de Investigaciones de la Corrosión, CIC, cierra con broche de oro el año 1994, otra de las iniciativas en las que participó Posada: *"Habíamos venido buscando proyectos grandes de cooperación internacional, en particular Leo empezó a hacer contactos en Italia para tratar de montar un proyecto con apoyo internacional. Paralelamente, los alemanes de la misión técnica alemana en el departamento de física, que ya se había acabado, estaban buscando algún proyecto para continuar la misión. De todo esto surgieron dos temas: Energía solar y corrosión. En ese entonces Jorge Panqueva (director de la CIC desde que se funda) había regresado de hacer su doctorado en Alemania, se vinculó con la Universidad Industrial de Santander, UIS, y empezó a trabajar en un proyecto de corrosión, teniendo en cuenta la física de las superficies de los alemanes y de los italianos"*.

La incubadora fue financiada finalmente con recursos del DNP, canalizados a través de Colciencias, y el CIC con apoyo de Colciencias y de las petroleras, o sea fondos colombianos, porque ninguna de las gestiones internacionales prosperó. Pero al menos esas entidades tuvieron un capital semilla.

CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN EN CORROSIÓN, CIC

El 1 de noviembre de 1994 nace la Corporación para la Investigación en Corrosión, CIC, en Piedecuesta, Santander. Ubicada en el parque tecnológico Guatiguará, en la sede de investigaciones de la Universidad Industrial de Santander, UIS, la CIC se reconoce como uno de los primeros centros de desarrollo e investigación del país, orientada a brindar soluciones integrales y generar conocimiento alrededor del fenómeno de la corrosión.

Fue creada inicialmente con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación, DNP, Colciencias y la Universidad Industrial de Santander, UIS. Pronto se unió el sector privado y otras universidades y se creó un Consejo Directivo conformado por Colciencias, el SENA, el Centro Internacional de Física, Occidental de Colombia, Oxy, British Petroleum, BP, Sika Ltda, la UIS y Ecopetrol.

Pero para que el proyecto fuera una realidad se golpearon muchas puertas nacionales e internacionales y se adelantaron muchas gestiones, lideradas por Jorge Panqueva, quien ha sido siempre su director, respaldado por Eduardo Posada, colaborador incondicional desde la presentación de los primeros proyectos en la conceptualización y gestión. *"Él estaba convencido de que era un proyecto importante e interesante, que funcionaría con seguridad"*, cuenta Panqueva.

Posada y Álvaro Pantoja del CIF *"fueron mis aliados más importantes, desde el punto de vista práctico, de visión, gestión, sin desconocer por supuesto el papel de la UIS"*.

El proyecto cobra vida cuando en febrero de 1992 el DNP abre una convocatoria con el fin de recibir propuestas para definir

critérios para la inversión en ciencia y tecnología, oportunidad que aprovechan Panqueva y Posada para presentar la Corporación para la Investigación de la Corrosión, como una alianza entre la UIS, desde su enfoque académico, el CIF, desde el enfoque científico, y ECOPETROL, a través del ICP, representando al sector industrial. *"Al DNP le gustó tanto la idea que lo tomó como modelo. Ese fue un hit"*, recuerda Panqueva.

Luego se inicia la búsqueda de socios del sector privado, identificando a las empresas petroleras como potenciales beneficiarios de la investigación y los desarrollo en tecnología y en innovación que estaban en capacidad de ofrecer.

Desde entonces la CIC subsiste gracias a tres fuentes de financiación: recursos de fortalecimiento que provienen de Colciencias anualmente, proyectos de cofinanciación y proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que realiza con la industria, así como los servicios que ofrece.

La CIC resuelve los problemas de corrosión que tienen las empresas de diversos sectores productivos, entre ellos petróleo, gas, energía eléctrica, carbón, producción de recubrimientos y químicos en general, transporte aéreo, naval, marítimo y fluvial. Algunas de las empresas que se han beneficiado con sus desarrollos son Ecogas, Promigas, Cotecmar, Avianca, la Fuerza Aérea Colombiana y Transportadora de Gas Internacional, TGI.

"Yo creo que uno de los aportes importantes que ha tenido la CIC es que los físicos han llegado a la industria", dice Panqueva, quien es físico nuclear.

Algunos desarrollos de la CIC

En estos 16 años, la CIC ha generado soluciones tecnológicas, y desarrollado procesos y productos que son reconocidos nacional e internacionalmente. La Renault, por ejemplo, la certificó como laboratorio para realizar una de sus pruebas estándares, relacionada con el desempeño acelerado de los diferentes materiales, como pintura y plásticos. En Latinoamérica sólo existen dos laboratorios para hacer esas pruebas: el laboratorio de la Renault en Brasil y la Corporación Corrosión.

Uno de los últimos desarrollos es un 'marraño inteligente', que tiene la capacidad de recorrer los oleoductos y gasoductos con el fin de inspeccionar el estado en el que se encuentran. *"La tecnología de marraneo consiste en un vehículo instrumentado, dotado de diferentes sensores y dispositivos electrónicos, que es impulsado por el mismo fluido, gas o petróleo"*, explica Panqueva. Mediante técnicas de evaluación no destructiva, inspecciona el interior de cada tubo y detecta defectos y anomalías mecánicas relevantes. Si bien algunas empresas en el mundo ofrecen una tecnología similar, esta herramienta ITION recoge datos a costos razonables y el análisis de los mismos aporta al operador información valiosa que, cuando se integra a los planes de mantenimiento, permite la toma de decisiones basadas en la evidencia y se pueden identificar posibles riesgos.

Por sus desarrollos, la CIC gestiona patentes.

<http://corrosion.uis.edu.co/webcic/>

La política científica también se había movido en el país, producto de todos los esfuerzos de los años anteriores. Desde 1993 el presidente César Gaviria (1990 – 1994) había conformado la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo, conocida también como la 'Misión de Sabios', y Eduardo Posada había sido convocado para conformarla. Fueron en total diez miembros: Rodolfo Llinás, Ángela Restrepo, Fernando Chaparro, Eduardo Aldana, Marco Palacios y Eduardo Posada, a quienes ya hemos mencionado, y el escritor Gabriel García Márquez, premio Nóbel de Literatura (1982), el inmunólogo Manuel Elkin Patarroyo, conocido por sus estudios sobre malaria, el presidente del Consejo Directivo de la Organización Corona, Rodrigo Gutiérrez, y el filósofo, investigador y asesor del Ministerio de Educación Nacional, Carlos Eduardo Vasco.

Al instalar la Misión Gaviria había dicho:

"Observamos con preocupación cómo el proceso educativo no compromete la acción creadora de las personas y se agota en una enseñanza centrada en la memorización, más atenta a las fórmulas congeladas de los tratados que al desarrollo de la creatividad... Queremos que la educación, la ciencia y la tecnología nos ayuden a aumentar nuestra competitividad, ayudándonos a desarrollar la capacidad de nuestros compatriotas para comprender, dominar y crear tecnología y las bases científicas que la sustenten. Pero también buscamos fomentar la ciencia y la creatividad por sí mismas, por su contribución al desarrollo social y cultural, y al desenvolvimiento de las potencias superiores de la personalidad de los individuos".

El discurso coincidía con las actividades del CIF y de la ACAC. El aspecto que profundizó Posada fue el de la apropiación social de la ciencia y la tecnología, y, junto a su equipo de trabajo (formado por Nohora Elizabeth Hoyos, Álvaro

Pantoja y Carmen Helena Carvajal), propuso un programa para 'conformar y consolidar las bases de un proyecto cultural, ético y democrático, que permita establecer un puente entre la



Miembros de la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo, entre ellos Eduardo Posada

ciencia, el crecimiento económico, el manejo sostenible del medio ambiente y el bienestar de los colombianos⁹. Antes de finalizar el periodo presidencial, los 'sabios' entregan las recomendaciones al presidente Gaviria, quien las deja como herencia a su sucesor, Ernesto Samper Pizano (1994 – 1998). Al parecer surten efecto porque el presidente anuncia que la inversión para ciencia y tecnología durante su periodo se incrementará al uno por ciento del Producto Interno Bruto. No era la

9. Ciencia y Educación para el Desarrollo. Informe de Comisionados III. Eduardo Posada Flórez y Rodolfo Llinás. Colección Documentos de la Misión. Misión Ciencia, Educación y Desarrollo. Tomo 4. Santafé de Bogotá, D.C. 1995. Pág. 33.

primera vez que Colombia escuchaba esa promesa, pero parecía que esta vez sí era en serio, porque había sido una de las recomendaciones de la Misión y Samper había nombrado a Fernando Chaparro director de Colciencias.

En el CIF, mientras tanto, se seguían creando los grupos de investigación. El de toxinas, (1999-2000) por ejemplo, dirigido por Orlando Chaparro, PhD, y María Clara Echeverri, MSc., trabajó en el aislamiento y caracterización de neurotoxinas de serpientes de coral colombianas, con miras a conocer su veneno y combatirlo produciendo anticuerpos.

En marzo de 1992 el CIF organizó el III Encuentro Nacional de Óptica y dos talleres sobre holografía, el primero dirigido por el físico canadiense, William (Bill) McGowan, a quien había conocido Posada, y el segundo por el físico ucraniano Vladimir Markov, en ese entonces director del Centro de Holografía Aplicada de la Academia de Ciencias de Ucrania, quien fue invitado por McGowan.

El canadiense McGowan trajo a Colombia la exhibición 'Imágenes en el tiempo y en el espacio', una muestra artística de hologramas que fue presen-



Vladimir Markov, Víctor Latorre, Carlos Aguirre, José García, Alvaro Pantoja, Marta Lucía Guardiola y otros Sergio Torres, en reunión de consejo de administración, 1995.

tada en la Expociencia de 1991. Para la versión de 1993, la ACAC logró ampliar siete veces la exhibición de McGowan, y la complementó con la que trajo Markov, titulada 'Los Tesoros de Ucrania'. Como resultado del éxito del curso y del impacto causado por la exposición, Álvaro Pantoja, quien se desempeñaba como subdirector del CIF, le propuso a Markov montar un laboratorio de óptica avanzada, lo cual aceptó.

"Vladimir escribió un programa en óptica sumamente ambicioso de cinco millones de dólares", recuerda Posada, el cual no fue aprobado por Colciencias en su totalidad, pero si consiguió fondos para uno de sus componentes, el montaje del laboratorio, que hoy dirige el físico Edgar Alfonso. "Yo siento mucho que los ucranianos se hayan ido porque Markov se trajo un equipo brillante", lamenta Posada. "Desafortunadamente se fueron porque finalmente aquí no logramos conseguir una financiación estable".

Así, el grupo de óptica se inició con un proyecto financiado por Colciencias y la Universidad Nacional de Colombia que estableció el Laboratorio de Óptica en la sede actual del CIF. Markov y su grupo desarrollaron técnicas de holografía a través de diferentes proyectos para identificar las características angulares y espectrales de hologramas multicolor de capa única, crear un sistema holográfico de análisis no destructivo y del software para el análisis de las franjas, análisis de interacciones multi haz en medios no lineales y nuevos métodos coherentes de procesamiento de imágenes. Como producto de esos años de intensa actividad, el laboratorio de



Vladimir Markov, Eduardo Posada y William McGowan, entre otros, en la Expociencia en 1993

óptica formó a varios de los profesores actuales del departamento de física de la Universidad Nacional.

El equipo que trabajó en teoría de grupos (1990- 1995) centró su actividad en investigaciones relacionadas con la física del estado sólido utilizando métodos de la teoría de grupos, bajo la dirección del físico teórico neozelandés Richard Haase, con la participación muy activa del físico colombiano Gustavo Holguín. El tema en que trabajó se relacionaba con tecnologías muy avanzadas tales como la nanotecnología

o el estudio de moléculas gigantes de carbono (fullerenos). "Por una idea de Haase, cuando comenzaba a sonar la nanotecnología, me dijo: usted está en condiciones de hacer nanotubos con la tecnología que maneja en su laboratorio. Iniciamos un proyecto con apoyo de Colciencias", cuenta Holguín.

El primer proyecto que trabajó el grupo se tituló 'Método de teoría de grupos y aplicaciones en la física' y entre 1993



Vladimir Markov y Eduardo Posada, 1995

y 1994 adelantó otros dos proyectos: 'Producción e identificación de buckminsterfullerenos' y 'Dispositivos cuánticos de N electrones: aplicación de métodos de teoría de grupos a un sistema mecano-cuántico'.

El primero de ellos condujo al montaje de un equipo para montar fullerenos, equipo que posteriormente el CIF donó a la Universidad Nacional. Adicionalmente, en colaboración con el grupo de física aplicada, se fabricó el microscopio de efecto túnel, primero en el país y uno

de los primeros del continente. En ese proyecto realizó su proyecto de tesis de pregrado y de MSc. en física la ingeniera eléctrica y microelectrónica, Alba Ávila, actual profesora de la Universidad de los Andes. "El CIF fue el primero en hacer nanotecnología en el país", dice Posada.

TEORÍA DE GRUPOS

Investigaciones realizadas:

- ▶ Uso de simetrías dinámicas en el modelamiento y la descripción de propiedades de algunos sistemas cuánticos, en particular puntos cuánticos, fullerenos y algunos Hamiltonianos algebraicos integrables y cuasi-integrables.
- ▶ Cálculo algebraico de coeficientes de transformación tales como el de acoplamiento y reacoplamiento para los grupos-subgrupos unitarios y ortogonales que son necesarios para las aplicaciones detalladas que explotan las simetrías de sistemas físicos.

Artículos en revistas científicas:

- ▶ 2000. Mora A, Hasse R. Avances en la formulación de $Sp(2N, R)$ como grupo dinámico para el hamiltoniano de calogero. Revista Colombiana de Física, Vol. 31, No. 2.

Investigadores formados:

- ▶ 2000 Ayala M. Métodos de contracción para grupo de Sitter y anti-de Sitter. Trabajo de grado en Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

- ▶ 1999 Mora A. Tratamiento del Hamiltoniano de N-Cuerpos de Calogero dentro del Modelo Simpléctico. Tesis de Maestría en Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 1997 Guzman R. Sistemas Cuánticos Integrables y Cuasi-Integrables. Trabajo de grado en Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

El CIF contó con un laboratorio de microprocesadores, adecuado para brindar entrenamiento a investigadores jóvenes en el diseño de instrumentación científica e industrial, gracias a la donación del ICTP de Trieste y la Escuela Politécnica Federal de Lausana.

El grupo de física nuclear se inició investigando la estructura nuclear a altas energías de excitación y alto momento angular, especialmente en el estudio de los núcleos pesados. Lo lidera desde un comienzo Fernando Cristancho, físico y MSc. en física de la Universidad Nacional de Colombia, con PhD y postdoc de la Universidad de Göttingen y la de Pittsburg, quien había terminado su formación en 1995 y quiso regresar al país. Lo acoge el CIF, le da un escritorio, luego una oficina, y hoy en día tiene además sus laboratorios en las instalaciones del

centro, equipado gracias al reciente aporte mayoritario de la Agencia de Energía Atómica de Viena, capaz de desarrollar trabajos en espectroscopia de neutrones y de gamas. "El grupo de Fernando se empezó a armar en el CIF, su sede está en el CIF, pero en papeles finalmente se trasladó a la Nacional", explica Posada.

Lo primero que hizo Cristancho, a partir de un escritorio y un teléfono, fue mantener el contacto con el exterior, principalmente en las universidades de Gottingen y la de Pittsburg. "El pequeño evento que organizaron nuestros colegas venezolanos, inicialmente centrado en la física que se puede hacer con colisiones de iones pesados vino a ser lo que se llama hoy en día el Simposio Latinoamericano de Física Nuclear y sus Aplicaciones". Cristancho es responsable en

buena medida de la institucionalización de este evento, a través de la organización de su tercera versión en 1999 en Colombia, con todo el apoyo del CIF y de Álvaro Pantoja. "El era el profesional en organizar eventos".

El grupo de física nuclear ha apoyado la formación de 23 estudiantes de pregrado, diez de maestría y cuatro de doctorado. Cristancho considera que su paso inicial por el CIF fue una semilla que ha germinado ahora bajo el liderazgo de la Universidad Nacional, donde la producción científica de su grupo cada vez está más consolidada.

Por esa época de los años noventa el CIF participaba además en la estructuración del doctorado en física de altas energías de la Universidad de los Andes.

GRUPO DE FÍSICA NUCLEAR

Proyectos de investigación adelantados con el CIF

Puesta a punto de un método para detectar sustancias extrañas en el despacho de diversos productos

Los métodos nucleares permiten la detección con una alta sensibilidad de sustancias determinadas mezcladas con otras de naturaleza diferente, métodos que están comenzando a ser utilizados para la detección de explosivos, armas, estupefacientes, en aeropuertos, puertos marítimos, retenes, plantaciones. Este trabajo utiliza la gran experiencia del CIF, principalmente la del grupo de física aplicada y desarrollo tecnológico, en el diseño, ensamblado, construcción y prueba de instrumentación electrónica para las actividades de desminado humanitario, con el apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica.

Investigación de la estructura discreta y continua de núcleos alrededor de $A=60$

Publicaciones con el CIF:

ARTÍCULOS EN REVISTAS CIENTÍFICAS

- ▶ 2009 Cortes ML, Cristancho F. Estudio de la retrodispersión de rayos gamma en un medio multielemental. *Rev. Col. Fís.* 41, 491
- ▶ 2009 Cruz AH, Cristancho F. Simulación de la interacción neutrónica en un medio como paso a la detección de materiales orgánicos. *Rev. Col. Fís.* 41, 499
- ▶ 2007 Forero NC, Cruz AH, Cristancho F. Simulation of Neutron Backscattering applied to organic material detection. *AIP Conference Proceedings* 947, 71
- ▶ 1998 Cardona J, Cristancho F. Order statistics as a tool for analyzing continuum gamma decay spectra. *Heavy Ion Physics* 7, 305
- ▶ 1995 Cristancho F. Energy-ordered spectra in continuum gamma decay studies. *Analytical perspectives. Heavy Ion Physics* 2, 299

Congresos en representación del CIF

MEMORIAS

- ▶ 2010 Cortés ML, Melo LM, Cristancho F. Influence of humidity on the scattering of γ -rays in soil. *AIP Conference Proceedings* 1265, 395
- ▶ 2010 Melo LM, Cortés ML, Cristancho F. Buildup and multiple Compton scattering. *AIP Conference Proceedings* 1265, 453
- ▶ 2010 Fajardo E, Nader MF, Cristancho F, Gerl J. The photographic capacity of a gamma Compton backscattering device. *AIP Conference Proceedings* 1265, 449
- ▶ 2007 Use of Nuclear and Non-nuclear Techniques for Humanitarian Demining and Explosives Detection. *Proceedings of an IAEA Technical Meeting.* IAEA-TM-32936

CONFERENCIAS

- ▶ 2007 Cristancho F, Blanco WJ, Merchan E, Cortes ML, Gerl J, Ameil F. Landmine detection: on the Role of Soil Composition in the Imaging Capabilities of Gamma-ray Compton Backscattering. *Technical Meeting on Explosives and Mine Detection*

Dos proyectos tecnológicos e industriales, al estilo *spin off*, se constituyeron con la participación del CIF y el apoyo financiero en forma de créditos de capital semilla de la línea Colciencias – IFI (Instituto de Fomento Industrial): la empresa Rexco para la producción de revestimientos metálicos y semiconductores especiales por evaporación en alto vacío, con el equipo más completo y más grande que existía en Bogotá para ese fin, y la empresa Holocol, dedicada a la producción de sellos holográficos de seguridad para la protección de cheques, títulos y holografía artística. Además en ese entonces se terminó el estudio de factibilidad correspondiente a la Empresa Tec Laser, especializada en el servicio de corte por láser, y se están dando los primeros pasos para la creación formal de dicha empresa.

A partir de la creación de los diferentes grupos de investigación y las iniciativas empresariales, el CIF creó una oficina para dar apoyo en la elaboración de los proyectos y en sus relaciones con el sector productivo, también con funciones de proveer capacitación interna y externa en este campo. Como no había capacidad para pagar a todos los investigadores, los proyectos empezaron a asumir esos costos.

El año 1995 llega cargado de buenos augurios porque además se firma el crédito BID III (1995-1998) por un total de 219 millones de dólares de entonces, 100 del BID y 119 de contrapartida nacional. De ese total, 40 serían destinados al programa de formación de recursos humanos, de acuerdo con el entonces subdirector de programas estratégicos

de Colciencias, Hernán Jaramillo¹⁰, teniendo en cuenta que solo el 2.3% del profesorado universitario tenía título de doctorado.

El BID III incluyó además los siguientes componentes: Incrementar la inversión en CT&I, que en ese año se calculaba en 0.25% del PIB, fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, fomentar la innovación y el apoyo al sector empresarial, incluidos los Centros de Desarrollo Tecnológico, CDT¹¹,

10. Colciencias 30 años: memorias de un compromiso. Martha Luz Ospina Bozzi. Nov 1998. Pág 327.

11. De acuerdo con Colciencias, un Centro de Desarrollo Tecnológico, CDT, es una organización dedicada a desarrollar tecnología, proyectos de innovación tecnológica, proyectos de apropiación pública de la ciencia o de transferencia de tecnología en el marco de un proyecto de innovación, dotada de administración y de recursos

el establecimiento de Incubadoras y la financiación de proyectos de innovación en empresas, construir un Sistema Nacional de Información e integrar la ciencia y la tecnología a la cultura colombiana.

La selección de los componentes respondía a la manera como se había desarrollado la reflexión sobre política científica de los últimos años, con base en el Año Nacional de la Ciencia y la Tecnología, la Misión de Ciencia y Tecnología, la Ley 29 de 1990, los decretos reglamentarios, pero además trató de incluir las recomendaciones de la Misión de Sabios de 1994.

El componente de innovación vino acompañado de la institucionalización del Sistema Nacional de Innovación en 1995, concebido como 'un espacio creativo de aprendizaje social para la generación e intercambio de flujos de información y conocimiento entre los diversos agentes nacionales y regionales, en búsqueda de incrementar la productividad y la competitividad de los sectores productivos, la generación de empleo y el mejoramiento de la calidad de vida de la población'¹².

Se inició el apoyo decidido a incubadoras, CDT y Centros Regionales de Productividad, CRP, lo cual se articuló a través del concepto de redes, fuertemente impulsado en la dirección de Fernando Chaparro en Colciencias. Si en 1994 existía solamente una incubadora, la del CIF, actualmente hay 22 incubadoras de empresas que atienden todo tipo de emprendimientos.

Con estas acciones, es a mediados de la década del noventa cuando

financieros, humanos e infraestructura, destinada al desarrollo de este objeto. Resolución 504 de 2010.

12. Apoyo a Centros Tecnológicos. Seminario del Banco de Proyectos Exitosos, COLCIENCIAS. Bogotá, Octubre 22 de 2002.

Colombia empieza a generar políticas para consolidar a la ciencia y la tecnología como pilares de su economía y de su internacionalización, a través de la generación de nuevo conocimiento que fortaleciera su industria nacional, y se diseñan estrategias de productividad con miras a ser competentes en el marco mundial. La investigación al servicio de las empresas permitió un acercamiento entre la universidad y el sector productivo, la incubación y la creación de nuevas empresas, apoyo internacional, y formación de jóvenes emprendedores. De acuerdo con Colciencias, a 2002 el CIF había atendido a 15 empresas, tenía 25 proyectos de I&D, había promovido la creación de tres empresas innovadoras, trabajaba con seis universidades colombianas y diez universidades internacionales, y tenía dos patentes en trámite.

"El CIF fue pionero en Colombia porque así se concibió desde hace más de 25 años. Jugó ese papel altamente excepcional, buscando ese vínculo con la empresa desde el inicio", dice Fernando Chaparro. "El CIF ha logrado establecer una serie de alianzas estratégicas bien interesantes aplicando conocimiento de punta, derivado de la física contemporánea, a procesos de producción, y a mejorar, por ejemplo, la exactitud y precisión de instrumentos y de equipos de producción en la industria".

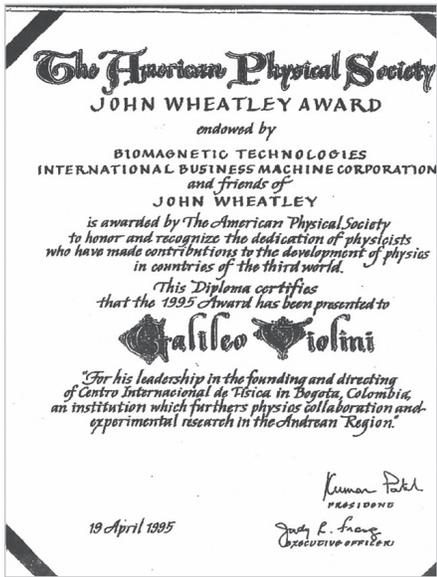
Comparten esta opinión varios miembros de la comunidad científica colombiana: *"(El CIF) ha tenido un desarrollo interesante, pues puso la física en el campo de la aplicación industrial y de los procesos productivos, que era una cosa muy rara, especialmente porque las carreras de ciencias físicas, exactas y naturales casi siempre se limitan al ámbito académico", según el físico-químico Luis H. Blanco. "En el caso del CIF se demostró que el resultado de las investigaciones y de los procesos eran aplicables y muy benéficos".*

Y el boliviano Carlos Aguirre, experto en construir capacidades en innovación en los países en desarrollo dice: *"Cuando hablamos de innovación hemos perdido un poco la noción del esfuerzo científico. Vemos la tecnología como la necesidad de usar la innovación para atacar los problemas económicos, la pobreza, pero nos olvidamos que la base sigue siendo la ciencia. Ojala pudiéramos retomar esta concepción de la necesidad de desarrollar las ciencias básicas como los elementos de sustento de cualquier proceso de desarrollo tecnológico y de innovación. Si no la desarrollamos, poco vamos a poder hacer innovación en el futuro. En el caso del CIF la idea siempre fue estar un poco más cerca de la empresa, de la innovación, de las demandas que eventualmente pudieran existir en la industria y en el sector de la producción, sin olvidar la base científica".*

El físico Gustavo Holguín opina, por su parte, que *"el CIF rompió con el mito de que la relación academia – industria es muy difícil. En eso influyó mucho Eduardo Posada".*

Fueron varios los reconocimientos que recibió el CIF al cumplir diez años de actividades. En abril de 1995 Violini es galardonado con el Premio John Wheatley, entregado por la Sociedad Americana de Física, que reconoce a los físicos que han hecho contribuciones para el desarrollo de la física en los países del tercer mundo. En el caso de Violini, por 'su liderazgo en la fundación y dirección del Centro Internacional de Física en Bogotá, Colombia, institución que apoya la colaboración en física y en investigación experimental en la región andina'. A finales del año, en una reunión extraordinaria del Consejo de Administración del CIF se nombra a Galileo Violini como director emérito del centro, dada su decisión de retirarse.

En 1996 el CIF fue catalogado por Colciencias como Centro de Investiga-



ción de Excelencia¹³ junto con el CIDEIM, la CIB y Fedesarrollo, como resultado de la convocatoria a grupos y centros de investigación, a la cual se presentaron 204 y se seleccionaron 57. Curiosamente ninguno de ellos era universitario. Además fue seleccionado por Colciencias como uno de los 16 centros de desarrollo tecnológico multisectorial, lo que significó su entrada automática a la Red de Innovación Tecnológica del Instituto¹⁴.

Fue reconocido por la Academia de Ciencias del Tercer Mundo, TWAS, como Centro de Excelencia del Tercer Mundo, lo que le permitió ingresar al COMSATS, organización inter-gubernamental con sede en Islamabad, Pakistán, creada

13. Según la definición de Colciencias, un Centro de Investigación de Excelencia se entiende como una red nacional de grupos de investigación del más alto nivel, articulada alrededor de una agenda concertada de trabajo, en un área científica y tecnológica considerada como estratégica para el desarrollo del país. Cada uno de los grupos que hacen parte de un Centro de Investigación de Excelencia, desarrolla investigación básica y aplicada, se encuentra en permanente contacto con entidades pares internacionales, apoya la formación de recursos humanos en los niveles de maestría y doctorado, dada su articulación con los programas de doctorado a nivel nacional y apropia y transfiere el conocimiento generado a los sectores académico, productivo y a la sociedad en general.

14. CIF, excelencia del tercer mundo. El Tiempo, página 2A, jueves 21 de diciembre de 1995.

en 1994 para promover la cooperación Sur-Sur por medio del uso de la ciencia y de la tecnología como una herramienta clave para el progreso sustentable en el mundo en desarrollo. El profesor Abdus Salam fue uno de los motores para la creación del COMSATS, cuya actividad gira en torno a la red de 21 centros de excelencia en ciencia y tecnología de países en desarrollo.

Pero para lograrlo fue necesario pasar un complejo proceso de evaluación que incluyó la visita de dos expertos internacionales de renombre, el físico cubano Marcelo Alonso y el físico colombiano Walter Stühmer.

La evaluación calificaba como la mayor fortaleza del centro la calidad de su personal científico y la experiencia en organizar proyectos de investigación, así como seminarios y cursos cortos.

El relativamente pequeño grupo de investigadores senior y la falta de asistentes de investigación fue la debilidad identificada por el estudio. Pero la más grave, que el CIF no tenía los recursos necesarios para mantener un mínimo de personal científico permanente, independientemente de los proyectos de investigación, que le permitiera una operación y actividades de planeación permanentes, y para completar los salarios del personal científico cuando el 'overhead' de los proyectos era insuficiente. El estudio también lamentaba la falta de apoyo directo de los consejos de investigación de la región, lo que de alguna manera lo subsanaba la Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello, SECAB.

Entre las recomendaciones de la evaluación sobresalía la importancia de obtener capital de base o fondos institucionales estables para el funcionamiento fluido y permanente del CIF. La evaluación le permitió ser elevado a la categoría de centro de excelencia de la TWAS.

El CIF fue nombrado como nodo regional del Centro de la Ciencia y la Tecnología de los Países No- Alineados y otros en Vía de Desarrollo (NAM S&T Centre), cuya sede principal está en Nueva Delhi, que tiene el objetivo de promover actividades de investigación científica y tecnológica en sus países miembros, que en la actualidad son 44.

La actividad de investigación en el CIF continuaba en su sede. Desde 1999 el grupo de Fundamentos Clásicos de la Física está dirigido por el ingeniero químico, PhD en física de reactores nucleares Héctor Múnera, quien trabajó en el IAN, ha sido profesor de la Universidad Nacional y desde mediados de los noventa ha sido investigador asociado del CIF. "Ha montado experimentos exóticos en los cuales ha sido exitoso", dice Posada.

El grupo de Ciencia de Materiales lo dirigen hoy en día entre Posada y el físico Edgar Alfonso. "Yo he mantenido una relación estrecha con la Universidad de Laussane, en Suiza, a donde iba con frecuencia a trabajar", recuerda el primero. "Cuando mi director de tesis, Leo Rinderer, falleció, y la actividad en el tema de la superconductividad empezó a disminuir porque los nuevos investigadores y el director del departamento estaban orientados hacia otros temas, gran parte del equipo que había comprado, muy valioso, se quedó sin uso. Logré que le donaran a la Universidad Nacional un licuador de helio y una serie de equipos de uso general que están instalados en el departamento de Física".

Pero además consiguió otra donación que si fue para el CIF directamente, la que promovió la creación del grupo de materiales, específicamente una máquina para producir películas delgadas.

"El departamento de física (de la Universidad Nacional) y el CIF tienen

espacios de colaboración y vínculos muy importantes entre las dos instituciones”, dice Rafael Hurtado, mencionando a los profesores Héctor Múnera, Edgar Alfonso, Fernando Cristancho, Marcela Camacho y al propio Posada. De hecho en los laboratorios del CIF se llevan a cabo varias tesis de maestría y de doctorado de estudiantes de la Nacional y algunos de los profesores aprovechan también la infraestructura para realizar sus investigaciones.

Por toda la actividad de investigación que se impulsaba en el CIF desde comienzos de los años noventa, la realización de cursos bajó enormemente. “El CIF sí se volvió un centro de investigaciones, con una característica bastante particular, que hace al mismo tiempo investigación básica y muy aplicada. En ese sentido no hay muchos en el país”, remata Posada.

Desde la perspectiva de Nohora Elizabeth Hoyos, quien desde la dirección de la ACAC y de Maloka ha sido testigo de las transformaciones en las organizaciones, el cambio de rumbo del CIF respondió a una necesidad del país: “Como siempre que uno sueña con crear una organización que no tiene un parámetro similar en nuestro país, en la medida en que la va creando van surgiendo acotaciones y reorientándose hacia necesidades y desarrollo de potencialidades. Y por eso, siendo muy importante el tema de ser una organización internacional justamente por esas relaciones con los científicos del más alto nivel mundial, en los temas de investigación en física nos fuimos dando cuenta de la trascendencia de empezar a crear estos núcleos de investigación básica y aplicada que tanta urgencia teníamos de conformar”. Lo que hace el CIF, siguiendo a Hoyos, es “recoger las experiencias de esas relaciones internacionales para concretarlas y transformarlas en una realidad absolutamente contundente y supremamente

útil que ha permitido generar productos y servicios del más alto nivel con características internacionales de aporte al conocimiento y al desarrollo tecnológico”.

A partir de 1998, con un país que estaba forjando su sistema nacional de innovación y a raíz de los productos innovadores desarrollados en el CIF era imprescindible analizar el tema de la propiedad intelectual y de las patentes. Posada aduce a que como el CIF fue el que inició la gestión de proyectos cofinanciados entre la empresa y la comunidad científica ha tenido que pagar las consecuencias de los novatos. El caso del equipo para medir el fraguado del concreto es muy ilustrativo.

La obtención de patentes en países como Colombia significa un proceso largo y costoso. Teniendo en cuenta la aplicabilidad de los productos que genera el CIF, han sido varios los intentos por patentarlos: el del equipo para monitoreo dinámico de estructuras, utilizado principalmente en los puentes de Bogotá, (Radicación No 01067481. Superintendencia de Industria y Comercio, en Colombia), y el dispositivo para determinar las proporciones volumétricas de las fases sólida, líquida, y gaseosa que constituyen la estructura interna de un determinado volumen de material compuesto por medio de la cuantificación energética y de presiones de un frente de ondas sónicas que lo atraviesa, correspondiente al equipo de medición de fraguado (Radicación No. 98852439. Superintendencia de Industria y Comercio, en Colombia).

El grupo de Óptica tramitó el método para establecer la secuencia temporal de dos trazos cruzados de tintas liposolubles de diferente color aplicando pulsos de luz. (Radicación No. 00098552. Superintendencia de Industria y Comercio, en Colombia).

La única que si prosperó fue la que tramitó el grupo de biotecnología: “Procedimiento de preparación de un elicitor de origen fúngico y el producto derivado de dicho procedimiento”, (Radicación No. 070.959 del 19 de septiembre del 2000. Superintendencia de Industria y Comercio, y elicitor natural de resistencia sistémica inducida (a través de PCT Oficina de Marcas y Patentes del Departamento de Comercio de los Estados Unidos (Patent and Trademark Office – United States Department of Commerce)).

Se trata de una ‘vacuna’ que se aplica a las plantas para defenderlas de plagas por hongos y se ha convertido en una alternativa al uso de fungicidas. Las pruebas de campo se hicieron en cultivos de papa en Tenjo, Cundinamarca, durante tres años consecutivos. La efectividad de los elicitores se determinó tanto en términos de la eficiencia para controlar la gota de la papa (*Phytophthora infestans*) así como el efecto sobre las poblaciones rizosféricas acompañantes de *Solanum tuberosum* y la enzimología de los suelos.

El CIF trató de aprovechar esta patente vendiéndola a multinacionales, pero las negociaciones no llegaron a feliz término. “Hemos descubierto, luego de invertir millones de pesos, que en ciertos casos, particularmente en electrónica, es mucho más rentable sacar productos nuevos muy rápidamente que ponerse a patentar. Una patente internacional toma cuatro años y cuesta treinta o cuarenta mil dólares”, dice Posada.

Al final de la década de los años noventa, Colombia se olvida de su ciencia. Si en 1996 la apropiación final del presupuesto de inversión de Colciencias se había incrementado en 35 mil millones de pesos, llegando a ser de \$143.858 millones, (en 1995 había sido \$108.864 millones), y la comunidad científica

SUED, EQUIPO QUE TOMA 'ECOGRAFÍAS' AL CONCRETO

En 1996 se unen Sika Andina, Colciencias y el CIF para desarrollar un equipo capaz de medir las variables en el proceso de fraguado de las mezclas de un tipo de concreto, el Concreto Compactado con Rodillo, CCR, utilizado en la construcción de represas¹.

La idea original estaba consignada en un trabajo de doctorado del ingeniero argentino Marcos Bollati, radicado en España, sobre el principio de energía ultrasónica, que más que contentarse con medir tiempos, permite conocer todos los detalles y en este caso era necesario que midiera las propiedades térmicas del material, el tiempo que permite la manejabilidad (desde que se hace la mezcla hasta que se coloca en el sitio definitivo), el tiempo de fraguado para hacer las 'juntas', el desempeño de los aditivos que se le adicionan al concreto, las propiedades mismas del concreto como su peso, su densidad y su permeabilidad. No era una tarea fácil, pero tampoco imposible.

El ingeniero Carlos Arcila, de Sika Andina, busca a José Enrique García, del CIF, le habla de la necesidad de su empresa, y lo conecta con Bollati. *"En ocho días les armé el prototipo, lo llevé a la oficina, les pregunté si era lo que querían y dijeron que sí"*. Posada

1. Equipo de energía ultrasónica para tomar ecografías al concreto. Scientific American Latinoamérica, Año 1 No. 3. Agosto 2002. Páginas 24 - 30

propuso presentar la propuesta a Colciencias, con el respaldo de Sika, aprovechando la nueva línea de financiación del Instituto para apoyar proyectos de riesgo compartido y fue aprobado.

El CIF queda a cargo del desarrollo del equipo. A partir de una idea, según Germán Hermida, jefe del laboratorio de ensayo de materiales de Sika Andina, *"(el CIF) la multiplica, la hace evolucionar, la hace crecer, hay aportes de su propia cosecha y nace el Sued, Sika Ultrasonic Energy Device"*.

El aporte intelectual del CIF, continúa Hermida, es el desarrollo de un software propio que permitió manipular las cuatro variables que mide el equipo: energía, temperatura, deformación y pérdida de peso.

Este equipo permite determinar con precisión el grado de fraguado de un concreto durante el proceso de endurecimiento. Para lograrlo mide la energía ultrasónica transmitida a través de una muestra. Adicionalmente el equipo mide simultáneamente otras variables de interés para los ingenieros civiles como son el calor de hidratación, la contracción del concreto y la pérdida de peso por evaporación de agua. Este equipo es capaz de realizar cuatro experimentos simultáneos lo cual acelera los procesos de estudio de las muestras.

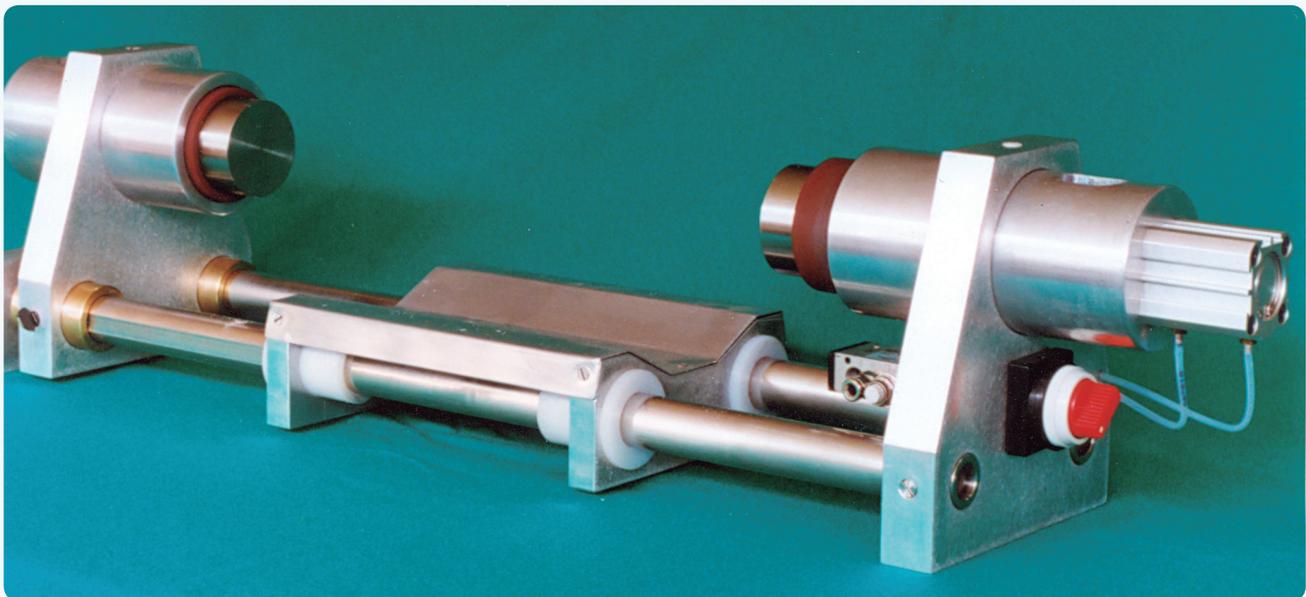
Del equipo ya han salido cuatro versiones. El CIF estuvo involucrado en las tres primeras y en 1998 el equipo obtuvo el 'Premio a la investigación profesional', durante el Encuentro Nacional de Ingenieros.

La última versión mide otras variables, tiene un nuevo software, ha disminuido en tamaño, lo que lo hace más fácil de transportar, y aumentado en capacidad, es más versátil, con más funciones. *"Hoy en día la versión del equipo es increíble, trabaja por internet, es decir, desde la casa uno lo puede instalar y manejar"*, concluye Hermida.

Potencial de aplicación: Las grandes obras civiles requieren permanentemente de procesos de monitoreo del concreto. En la actualidad los métodos existentes solo permiten conocer la calidad de los concretos 28 días después de ser aplicado. Con este equipo es posible conocer el estado del mismo a las pocas horas de colocado. Permite también medir los efectos de los aditivos, la calidad de los cementos, arena y agregados. También tiene aplicaciones en la medida de yesos y nuevos materiales como resinas y composites.

En el año 2002 Sika trató de patentarlo en doce países, pero le resultaba muy costoso. Tampoco le interesó producirlo para venderlo. Actualmente el equipo y su valor intelectual son de Sika y solo Sika lo podría vender. El CIF no.

Por su logro, García fue considerado por la revista Cromos como 'un duro en concreto'.



estaba positiva y optimista con la nueva apuesta del gobierno de Samper Pizano, a partir de 1997 y hasta el año 2000 los presupuestos disminuyen vertiginosamente:

1997	Col\$115.221
1998	Col\$69.677
1999	Col\$55.429
2000	Col\$37.100 ¹⁵

A eso se suma el que los créditos BID se terminaron, y a pesar de que hubo intento de renovarlos, e incluso aprovechar mecanismos planteados por el Banco Mundial, como el que resultó en Chile, denominado la Iniciativa del Milenio (1998), otras fueron las prioridades del gobierno de Andrés Pastrana Arango.

La ciencia en general, pero los centros de investigación en particular, incluso los que habían sido destacados como 'de excelencia', empezaron a sufrir crisis económicas que casi los llevan a la desaparición total. El hecho de que esos centros no pertenecieran al sistema universitario les creó problemas con las universidades. "Todo el mundo se sorprende y se arma un lío porque se decía que la investigación que se hacía en Colombia se hacía en la universidad", según Miranda, en ese entonces director administrativo del CIDEIM.

De acuerdo con William Rojas, de la CIB, en su discurso durante la celebración de los 40 años de la Corporación, en julio de 2010, en la década de los noventa Colombia sufrió una de las mayores recesiones económicas que influyó de manera 'catastrófica' en las finanzas de este centro de investigaciones. Así es su versión:

"Si en estas cuatro décadas hemos tenido importantes logros, también

hemos tenido grandes frustraciones. Cuando Colciencias declaró que el CIDEIM, FEDESARROLLO, el CIF y la CIB eran los cuatro centros de excelencia en investigación, los directores de éstos, Francisco Miranda, Juan José Echavarría, Eduardo Posada y mi persona acordamos aunar esfuerzos para buscar la estabilidad de nuestras instituciones. Francisco Miranda gestó una gran idea, emitir bonos que al ser comprados por empresas, éstas recibieran una exención tributaria y los centros una sólida financiación. El doctor Ramiro Márquez, hoy gerente del Metro de Medellín y en ese entonces Secretario General del Ministerio de Hacienda, elaboró un decreto y convenció al Ministro, doctor Juan Camilo Restrepo apoyar la idea. Pero increíblemente, Planeación Nacional obstaculizó el desarrollo de la investigación. Cuando Jaime Ruiz Llano ocupó ese cargo tuvo como uno de sus programas bandera acabar con Colciencias, porque para Colombia, decía él, "era mas económico importar innovación y tecnología que tratar de crearla en casa". Casi logra su objetivo de liquidar a Colciencias. Milagrosamente ésta se salvó porque él, en buena hora se retiró de Planeación. Pero por extraño que parezca, hubo mas en contra de la investigación por parte de Planeación Nacional que se negó a dar una carta de intención para que el Banco Mundial pudiera desembolsar cinco millones de dólares que había reservado para fortalecer en Colombia los centros de excelencia en investigación. El doctor Gustavo Bell, entonces Vicepresidente de la República convocó a varios empresarios y a altos funcionarios del estado para buscar fórmulas de financiación para los centros de investigación mencionados.

Los empresarios manifestaron estar dispuestos a colaborar si había una participación del estado. Como ésta no se dio, la ayuda empresarial no se pudo concretar".

Fueron varios los intentos por salvar a los centros, además del fallido programa Millenium para Colombia o la emisión de bonos propuesta por Miranda. También se barajó la idea de crear una asociación de centros que en principio uniera los esfuerzos del CIF, el CIDEIM, la CIB y la recién creada Corporación para la Investigación de la Corrosión, CIC, idea que quedó congelada hasta cuando nombran a Miranda como director de Colciencias, que toma impulso de nuevo y en el 2010 es una realidad.

El CIF se endeudó fuertemente y sus funcionarios e investigadores sufrieron las consecuencias de una entidad que continuó trabajando a pesar de las dificultades por falta de fondos. Hubo apoyos de personas como Giuseppe Gigli e incluso los exbecarios se unieron en alguna ocasión para aportar una módica suma de dinero al centro. La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC, de la cual Posada era (y aún lo es) su presidente, no permite que el CIF piense siquiera en cerrar sus puertas y en dos ocasiones le ofrece una cuantiosa ayuda en calidad de préstamo que le permite salir adelante. "Los proyectos y la investigación que lleva a cabo el CIF son aterrizados a las necesidades del país", dice hoy su directora ejecutiva Carmen Helena Carvajal. "No son investigaciones de globos y de anaqueles. Es una investigación muy pensada hacia las necesidades concretas que tienen las empresas". Por eso ni ella, ni la Junta Directiva, dudaron en apoyar al CIF en esos momentos difíciles. Esa ayuda fue fundamental para evitar el colapso del CIF como ocurrió con otros centros similares.

15. Colombia 2005 Indicadores de ciencia y tecnología. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, OCYT. ISBN: 958-33-8984-6. Bogotá.

Adentro, en el CIF, todos recuerdan este período con un poco de terror, pero lo interesante es que varios de ellos siguen aún en el CIF, incluso algunos se fueron y volvieron, como fue el caso de Marta Guardiola.

La actividad mermó, pero los ánimos para seguir presentando proyectos no. A octubre de 2001 el portafolio de trabajos que realizaban los investigadores e innovadores del CIF era amplio: se hablaba del diseño de un sistema LIDAR móvil para el monitoreo de la calidad del aire en el eje cafetero, del desarrollo de un sistema automático de dosificación en los equipos para producir frenos, con Incolbestos, de la corrección automática 'encocado' del cartón corrugado durante el proceso de fabricación, con Cartón de Colombia, y el sistema de inmersión temporal, herramienta para la propagación masiva de plantas, con el apoyo del Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA.

También estaban activos en ese año otros proyectos como el desarrollo de un método para estudiar el envejecimiento y el comportamiento en casos extremos (temblores) de estructuras de concreto armado, el estudio de la resistencia inducida en plántulas de café, el sistema de control, medición y manejo de un reactor de plasma para el tratamiento de hidrocarburos y sus derivados, la adecuación y puesta en funcionamiento del laboratorio túnel del viento del centro de estudios aeronáuticos, el estudio de la permeabilidad de promastigotes de *Leishmania amazonensis*, la biología de las membranas de los parásitos infecciosos y sus células hospederas, estudios de la permeabilidad iónica del sistema de tres membranas de la relación entre la *Leishmania* y el macrófago y la resistencia sistémica inducida (ISR) con microorganismos de Rhizosfera para control de gota (*Phytophthora infestans*) en cultivo biológico y convencional de papa, el clonaje y caracterización de x-neurotoxinas de

serpientes del género *micrurus*, el estudio de problemas de protección catódica del oleoducto, el desarrollo de un sistema de biocompetencia para control de corrosión biológica, las alternativas biotecnológicamente limpias para el control de la antracnosis en ñame.

En el 2002 la empresa Holocol, que producía holografías tuvo que cerrar porque el mercado no le permitió competir para sobrevivir. Industrias Rexco, que nació originalmente para regenerar o reconstruir tambores para fotocopiadoras, se dedicó a la metalización por evaporación en alto vacío. *"Fue un aprendizaje interesante de los errores que uno puede cometer"*, dice Posada. *"La empresa sigue andando pero con dificultades"*. Y Tec Laser se consolidaba, bajo la gerencia de Álvaro Pantoja, como una empresa dedicada por varios años ya al corte de precisión mediante el uso de láseres de alta potencia y de chorros de agua a alta presión, siendo la primera en el país en ofrecer este servicio a la industria.

Los grupos de investigación proponen y desarrollan los proyectos para los cuales han obtenido financiación, bien sea por las convocatorias de Colciencias, el Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, o de otras entidades nacionales e internacionales, así como por el acercamiento que hacen industrias como Grival, de Corona, Cartón de Colombia, Emgesa, Tratar S.A., Instituto de Desarrollo Urbano, IDU, INVIAS, entre otras. (Ver capítulo 2)

Pero el déficit financiero que el CIF, así como otros centros de investigación en el país, arrastra desde finales de siglo no se ha superado aún y por tanto no permite fluidez económica y estabilidad laboral. Es 2004 y tanto el Consejo de Administración como los propios empleados, investigadores e innovadores formulan diversas propuestas, algunas de las cuales se ponen en práctica y el CIF empieza a superar los tiempos difíciles.

Posada no deja escapar oportunidad alguna para atraer proyectos y financiación para los mismos. El CIF tiene relación con las fuerzas militares de Colombia desde mediados de la década, principalmente con la Armada, luego con la FAC, y finalmente con el ejército y la policía para realizar proyectos. En la FAC, bajo la dirección de ciencia y tecnología, a cargo de la física y teniente coronel Deisy Garcés, el CIF aporta su experiencia en software para meteorología.

Gracias a su participación en el Comité Universidad – Empresa del distrito, los medios vuelven su mirada de nuevo al CIF en diciembre del 2006, cuando reportan que "crece el número de alianzas para mejorar la productividad del país: 'U' y empresas, en el mismo negocio", y mencionan los resultados del proyecto del CIF para monitorear los puentes de la ciudad de Bogotá, del método de medición de calidad de la energía eléctrica para la Empresa de Energía de Cundinamarca y de Cartón de Colombia.

En 2007 se propone la evaluación de métodos nucleares para la detección de minas antipersona por métodos nucleares, apoyado por el ejército y el Organismo Internacional de Energía Atómica. Ese mismo año el CIF anuncia la creación de una nueva empresa, la Sociedad Colombiana de Investigaciones para el Desarrollo Científico y Tecnológico S.A., AIDETEC, entidad enfocada a solucionar necesidades empresariales para el mejoramiento de la competitividad a través de la investigación e implementación de proyectos de última tecnología.



Del martillo y el cincel al corte de gran precisión con láser

La idea de crear Tec Laser nació como todas las ideas: Hacía falta en Colombia un servicio de corte de precisión para la industria, lo que preocupaba a José García para la fabricación de cajas para sus desarrollos, y tampoco había especialistas formados en el tema, ni dinero para comenzar. Lo que sí había era una experiencia en el laboratorio de óptica y en el campo administrativo en el CIF y en el departamento de física de la Universidad Nacional de Colombia, donde trabajaba como investigador y docente el físico Paulo Orozco liderando los estudios en láseres, quien además había apoyado en el CIF el montaje del laboratorio de hologramas.

Álvaro Pantoja, entonces subdirector del CIF y Orozco se sumergen un par de años trabajando en un estudio de factibilidad para crear un spin-off, un proyecto generado desde el CIF, basado en las necesidades de la industria en el tema de los láser.

“Seleccionamos 80 empresas que había en Bogotá de diferentes sectores económicos, diseñamos una encuesta, la probamos primero con diez empresas y luego con las 80 buscando saber si la gente necesitaba o no corte de láser en el mercado”, recuerda Orozco.

El resultado fue un poco desalentador: los empresarios no conocían la tecnología, no estaban dispuestos a arriesgar, pensaban que era demasiado costoso y que no sería exitoso en Colombia.

El físico Fabio Chaparro, gerente general de la Empresa de Energía de Bogotá (1995 – 1996), docente de la Nacional y gran aliado del CIF, fue clave por sus aportes en la conceptualización de la empresa y hubiera sido socio de Tec Laser de no ser por el lamentable accidente aéreo que cobró su vida. Su ausencia se sintió fuertemente en las discusiones que continuaron los gestores.

Eran momentos difíciles económicamente, y aun así, el 24 de diciembre de 1997 se constituyó la empresa. Sus socios han sido desde entonces el CIF, Eduardo Posada, José García y el propio Pantoja, Paulo

Orozco y José Fernando Isaza, en ese momento presidente de la Compañía Colombiana Automotriz, hoy rector de la Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Era necesario conseguir un socio clave que diera la puntada final para que fuera posible iniciar labores, y apareció por pura casualidad: en un viaje por Europa, Eduardo Posada conoce a un personaje que resulta ser el dueño de la empresa de corte de láser más grande de Suiza, Techniques Laser, quien además le comenta sus intenciones de montar una empresa fuera de su país. Meses más tarde, Fritz Aeschbach aterrizaba en Bogotá y sin dudar se convertiría en ese socio estratégico que buscaba Tec Laser.

“Al comienzo lo que queríamos era construir láseres y venderlos para hacer producción”, recuerda Orozco. “Eso terminó aclarándose muchísimo con la visita de Eduardo a Suiza. Terminamos comprando un láser industrial de potencia y arrancamos la empresa”.

Aeschbach *“hizo una operación que para él no significaba mucho pero para nosotros sí”, cuenta García. “Nos ofreció una máquina vieja, a un precio muy bajo, con tal de hacer parte de la empresa”.* También ofreció enseñar a manejar la tecnología, y asesorar en su funcionamiento y en la venta del producto. *“Si no nos hubiera enseñado cómo cotizar el corte, habría sido aún más difícil para nosotros salir adelante”.*

La empresa hoy

Tec Laser es una empresa dedicada al corte de precisión y marcado mediante el uso de láseres de alta potencia y de chorros de agua a alta presión, líder en el país, la primera que ofreció este servicio a la industria en general, con aplicaciones en los sectores de metalmecánica, publicidad, artístico, arquitectura, electrónica, transportes, de carrocería, automotriz en general, plásticos, maderas, por mencionar solo algunos de ellos.

Si bien según Orozco Tec Laser hasta ahora solo ha llegado al 20% de los clientes potenciales, más de 2.500 se han beneficiado con sus servicios de corte

y marcado con láser, tanto nacionales como internacionales, de acuerdo con su gerente general, Álvaro Pantoja, explicando que lo hacen en materiales que van desde lo más fino y delicado, hasta lo más fuerte y sólido, por ejemplo:

En modistería: una fábrica de ropa interior femenina usa el corte con láser para evitar la fileteada.

En la construcción, para corte de tuberías, madera, aluminio, mármol, granito. En la joyería, y en el diseño en general, para cortes precisos de las figuras.

En el arte: para hacer reproducciones en miniatura de esculturas de grandes artistas.

Tec Laser ofrece altos estándares de calidad en sus cortes, lo que ha conseguido con la experiencia, una exitosa administración y un grupo de colaboradores y empleados del más alto nivel. *“Se ha convertido en un aliado estratégico de la industria colombiana porque contribuye a elevar sus niveles de productividad y competitividad en los mercados globales”, remata Pantoja.*

Aeschbach sigue siendo socio, consigue máquinas y ayuda a montarlas, provee repuestos, asiste a la empresa técnicamente, transfiere sus conocimientos y continúa formando a los técnicos.

Por tener ese fuerte vínculo con el centro de investigación y con las universidades, Tec Laser abre sus puertas a grupos de estudiantes de ingeniería y de diseño industrial para mostrarles la experiencia en tecnología e innovación y llevarles además un mensaje: es posible.

Tec Laser ha sido exitosa porque sus impulsores conocían la tecnología láser, tenían sólida formación científica y tecnológica y estaban preparados para hacer su inmersión en la industria. *“Yo creo que haber hecho proyectos en la universidad fue muy importante. Eso nos dio pistas de cómo hacer y llegar a un proceso industrial”, dice Orozco.*

Por otro lado, la experiencia *“nos permite entender por qué desde la universidad es difícil generar industria. Eso todavía es una ilusión en Colombia”, dice.* El trampolín del CIF permitió que se montara la empresa, incluso a pesar de algunos colegas que no ven con buenos ojos que se utilice el conocimiento para producir dinero. *“El conocimiento es la fuente sublime de riqueza hoy en el mundo; no son las materias primas sino el conocimiento”, remata.*

www.tec-laser.com

Sociedad Colombiana de Investigaciones para el Desarrollo Científico y Tecnológico S.A., AIDETEC

Una empresa que construye y comercializa los desarrollos del CIF

Aidetec S.A. se constituye como empresa en el año 2006, pero nace por la necesidad de atender a los clientes que se acercaban al CIF a solicitar sus servicios de soporte y desarrollos tecnológicos.

Dirige la empresa desde entonces el ingeniero de sistemas Luis Rivera, quien ha estado vinculado al CIF desde el año 2000 participando en el diseño, construcción y montaje de algunos de los equipos más sobresalientes del centro, como el equipo de ultrasonido para SIKA y el acelerómetro para medir vibraciones de los puentes, en el diseño de software para otros desarrollos e incluso en la coordinación de algunos proyectos.

Aidetec soluciona necesidades empresariales para el mejoramiento de la competitividad a través de la investigación e implementación de proyectos de última tecnología. Lo hace en permanente contacto con el CIF, no solamente para el diseño de los desarrollos, sino para la producción en serie y la comercialización de los equipos.

Del acelerómetro Rivera muestra con orgullo lo que él llama el Museo de la Evolución de los aparatos, donde a simple vista cada vez son más compactos, mas sofisticados, mejor presentados y más modernos, pero para quien realmente conoce, desde el punto de vista tecnológico cumplen muchas más funciones que la versión inmediatamente anterior.

Aidetec quedó con la responsabilidad del contrato con el IDU para monitorear los puentes vehiculares. "Es una tecnología totalmente preventiva, no correctiva", dice Rivera. Es un sistema de alerta que garantiza la recepción de datos a tiempo y en el momento que el cliente los necesita. "Los equipos son revisados y controlados periódicamente para verificar su funcionamiento correcto". Aidetec se encarga de hacer el

mantenimiento de la red de monitoreo de puentes.

Los diez empleados de Aidetec están permanentemente diseñando los prototipos y construyendo los equipos ya probados, que tienen aplicación en diferentes sectores:

Agropecuario	- Automatización de riegos - Monitoreo de humedad y estados del suelo - Sistemas de trazabilidad - Estaciones meteorológicas
Salud	- Monitoreo de vacunas y medicamentos - Soluciones en electromedicina
Construcción	- Monitoreo de procesos de fraguado del concreto - Análisis de calorimetría en los compuestos materiales
Transporte	- Monitoreo de cadenas de frío - Logística - Courier - Almacenamiento
Industrial	- Control de pérdidas - Optimización de la materia prima - Control de calidad - Automatización de procesos

Minero y energético

- Monitoreo en la calidad de energía eléctrica
- Detección de fugas en acueductos, gasoductos, oleoductos
- Canister

Aidetec también se encarga de los contratos del Scan Power, equipos que están siendo instalados en el departamento de Cundinamarca. La empresa tiene capacidad para producir 50 equipos al mes.

La empresa ofrece además continuidad en el mantenimiento de los equipos y las reparaciones que sean necesarias.



A finales del año 2008 las finanzas están más saneadas, y hay un nuevo empuje a los proyectos, entre ellos el de investigación satelital, Colciencias sigue apoyando las líneas de investigación del grupo de biofísica, y el Ministerio de Agricultura, la Corporación Autónoma Regional, CAR y la Empresa de Energía de Cundinamarca cofinancian un proyecto de reforestación productiva en tres municipios del departamento y Emgesa contrata la fabricación de un biofiltro al grupo de biotecnología.

La actividad en nanopartículas y nanotecnología la retoma el propio Posada por sugerencia del Ministerio de Agricultura, con el apoyo de la Universidad de los Andes y Corpoica, en el desarrollo de una técnica para combatir la polilla guatemalteca utilizando nano y microtecnología. Con este proyecto el director del CIF busca impulsar de nuevo la línea de investigación en nanotecnología.

Con el lema de 'la unión hace la fuerza' los centros de investigación inician conversaciones para volver a crear una asociación con el fin de unir esfuerzos, infraestructura y laboratorios, conocimiento adquirido, líneas de investigación y así fortalecer y consolidar sus propuestas y la capacidad para ofrecer su experiencia y sus servicios al país, y esta vez se invita a la Corporación para la Investigación en Corrosión, CIC. La asociación fue creada formalmente en el 2010. En ese aspecto ha sido útil la experiencia alemana, cuyo sistema nacional de ciencia y tecnología incluye organizaciones como la Fraunhofer, Max Planck, Helmholtz y Leibniz, que se evidencian un alto potencial para lograr más resultados conjuntamente, abarcando además la propuesta de centralizar la gestión administrativa en esa asociación y profundizar la relación entre personal administrativo e investigativo, pero también es una motivación para la firma de convenios de cooperación que permitan realizar proyectos conjuntos.

Inicia el CIF además un convenio con la Universidad del Rosario para apoyar el doctorado en ciencias biomédicas, con el cual amplía su portafolio de publicaciones y fortalece la investigación.

En el 2009 el CIF aprueba nuevos estatutos, donde se define como "una entidad de derecho privado, sin ánimo de lucro, que tiene por objeto ser una entidad para el desarrollo tecnológico, industrial y científico".

Así, atendiendo a su vocación tecnológica, el CIF amplía su portafolio de actividades, realizando no solamente investigación, sino ofreciendo sus servicios a la industria.

Las alianzas del CIF incluyen hoy en día entidades de renombre como el Centro Nacional de Investigaciones del Café, Cenicafé, la Agencia Nacional de Hidrocarburos, ANH, la Empresa Electricadora del Meta, EMSA, Aviomar, el Archivo Distrital, Ingeominas, Codensa, Cerrejón, Smurfit Kapa Cartón de Colombia, Fedepalma y Cenipalma, ISA, IDEAM, Ingeominas, Maloka, entre otras.

Con el Ingeominas trabaja actualmente en elevar la potencia del reactor nuclear, la adecuación de los laboratorios, gracias a un proyecto que incluye el componente de investigación y transferencia. Se propone reactivar el tema con sectores como el floricultor y el fruticultor para irradiación nuclear, con el fin de exportar productos con certificados adicionales de calidad.

En el año 2010 Posada es elegido como presidente del Consejo de Coordinación de la Red de Centros de Excelencia de Ciencia y Tecnología del COMSATS, para lo cual se organiza una gran reunión en el año 2011, a la cual asistirán todos los representantes de los 16 centros de excelencia que hacen parte del COMSATS, y los 21 países que tienen membresía.

Con un equipo administrativo altamente calificado, grupos de investigación básica consolidados y reconocidos a nivel nacional e internacional, y un portafolio de servicios que ofrece en el que se hace realidad una fructífera relación entre la comunidad científica y los empresarios, el CIF cuenta actualmente con seis unidades de investigación que operan en sus instalaciones, colabora con grupos de investigación externos que utilizan sus laboratorios permanentemente para la realización de sus estudios, es socio de tres spin-offs que están activos y analiza la creación de otros dos, ofrece un amplio portafolio de servicios tecnológicos que le permite competir no solamente en el país, sino con productos del extranjero.

A lo largo de sus años de existencia, el Centro ha desarrollado una sólida capacidad científica, tecnológica y de innovación, algunos de cuyos resultados se presentan en el siguiente capítulo. El Centro está en capacidad de continuar realizando su actividad científica y la formación de investigadores a una escala superior a la actual, a través de la ejecución de convenios con otras universidades y centros del país y del continente. Dado el alto nivel científico de los trabajos realizados en el CIF, los investigadores formados en sus laboratorios adquieren una experiencia de alto nivel y se desempeñan con éxito en otras instituciones nacionales, al igual que en países extranjeros.

El gran número de convenios internacionales que tiene el CIF con laboratorios y universidades de prestigio en países avanzados, favorece también el intercambio de científicos y la realización de pasantías de investigación en esas instituciones.

Por otra parte, el CIF ha adquirido una gran experiencia en la relación con empresas industriales de diferentes sectores, lo cual le ha permitido desarro-

llar exitosamente soluciones tecnológicas. Teniendo en cuenta el carácter privado del CIF, los contratos con la industria se pueden ejecutar con una gran agilidad y eficiencia, lo cual constituye una importante carta de presentación ante el sector productivo nacional. Las universidades que establecen convenios con el CIF pueden beneficiarse de esas posibilidades, vinculándose a proyectos de carácter aplicado, en los cuales pueden participar sus profesores y estudiantes.

Dice José García que el CIF adquirió la personalidad que tiene hoy en día gracias al empuje, la dedicación y la perseverancia de todos aquellos colaboradores que no renunciaron y permanecieron a pesar de los años difíciles por los que tuvo que pasar el Centro. 25 años de vida conquistando al sector industrial demuestran hoy que bien ha valido la pena aprender sobre esa difícil ruta reco-

rrida. Hoy en día es el sector productivo el que contacta al grupo de física aplicada y desarrollo tecnológico para encontrar soluciones en sus procesos y productos.

La voz de Posada se escucha en todos los rincones del país, ya no solamente trazando derroteros de política científica y convenciendo a su auditorio sobre la importancia de la ciencia, la tecnología y la innovación en un discurso teórico, sino que sus argumentos se demuestran con hechos reales que son, hoy en día, los logros del CIF.

Prototipos, máquinas y soluciones industriales, publicaciones internacionales y conocimiento nuevo, aportes a la sostenibilidad del ambiente desde la biotecnología, son resultado del esfuerzo, la entrega y lo que les enseñó las épocas de carencias y dificultades.

Y lograron continuar, además gracias al apoyo de todos aquellos que sin ser investigadores o innovadores, pero con una función administrativa y de apoyo permanente no han permitido que el CIF muera: Teresa Bonilla, César Ramos, Irma Rugeles y Libia Carbonell; Soya Garavito, Arley Daza y María Isabel Martínez, Claudia Ávila, Adelaida Carrillo, Berenice Burgos y Gustavo Amézquita.

El actual director del ICTP de Trieste, el físico guatemalteco Fernando Quevedo visitó recientemente el CIF: "Me voy muy impresionado con lo que ha hecho el centro en estos 25 años. Quiero ver la posibilidad de que este concepto de instituto se pueda ampliar a otros países de Latinoamérica", dijo.



Reunión del consejo coordinador de COMSATS Beijing, 2008.

MISIÓN:

Promover la generación de conocimiento, formación de investigadores y el cambio tecnológico a través de actividades de investigación básica y aplicada que posibiliten la solución de problemas y contribuyan al avance y desarrollo del país y de la región.

VISIÓN:

El CIF es un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de nivel internacional, cuyas capacidades científicas y tecnológicas son de carácter transversal y le permiten liderar la transformación productiva del país y la región así como la investigación en áreas de alto impacto.

RECONOCIMIENTOS Y DISTINCIONES:

Equipo para el estudio del fraguado del concreto mediante ultrasonido

- ▶ José Enrique García, jefe del grupo de Física Aplicada y Desarrollo Tecnológico, fue nominado al Premio de Innovación Tecnológica, de la Corporación Andina de Fomento, CAF (2000).
- ▶ MEJOR PRODUCTO INNOVATIVO, declarado fuera de concurso. Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, Francisco José de Caldas, COLCIENCIAS (1998).
- ▶ EXCELENCIA EN CONCRETO A LA INVESTIGACIÓN PROFESIONAL 'ALEJANDRO SANDINO'. Asociación Colombiana de Productores de Concreto (1998).

Scan Power

- ▶ José Enrique García, jefe del grupo de física aplicada y desarrollo tecnológico, fue declarado Inventor del Año 2007 por parte de la Organización Mundial de Propiedad Intelectual, OMPI.
- ▶ José Enrique García, recibió un exaltación de su Alma Mater, la Universidad Nacional de Colombia, por "su aporte al desarrollo tecnológico e industrial del país".
- ▶ El CIF fue catalogado fuera de concurso en la categoría de pequeña empresa del Premio Colombiano a la Innovación Tecnológica Empresarial para las Mipymes-Innova (2007).

Centro Internacional de Física - CIF

- ▶ Presidente de COMSATS, red de Centros de Excelencia de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo (2010).
- ▶ Aceptado como miembro de COMSATS, red de Centros de Excelencia de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo (1997).
- ▶ Designado como Nodo regional del Centro de Ciencia y Tecnología de los Países No-Alineados (1999?).
- ▶ Elevado a la categoría de Centro de Excelencia a nivel Nacional. Instituto Colombiano para el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas, COLCIENCIAS (1996).
- ▶ Declarado fuera de concurso en el Premio a la Innovación Tecnológica que tuvo lugar durante Expociencia 1993.

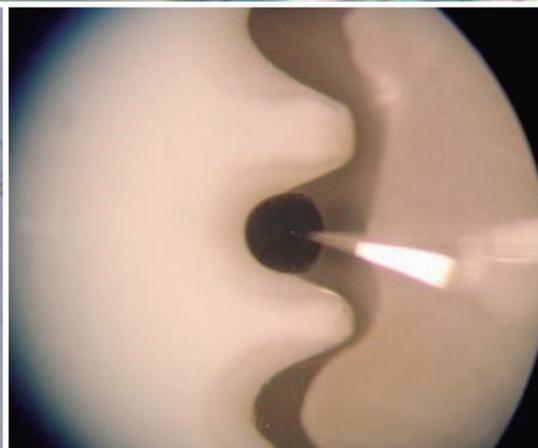
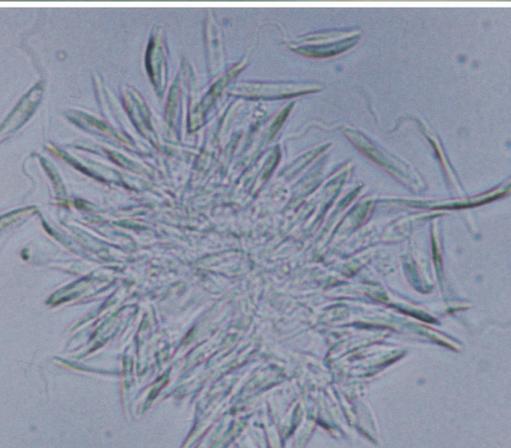
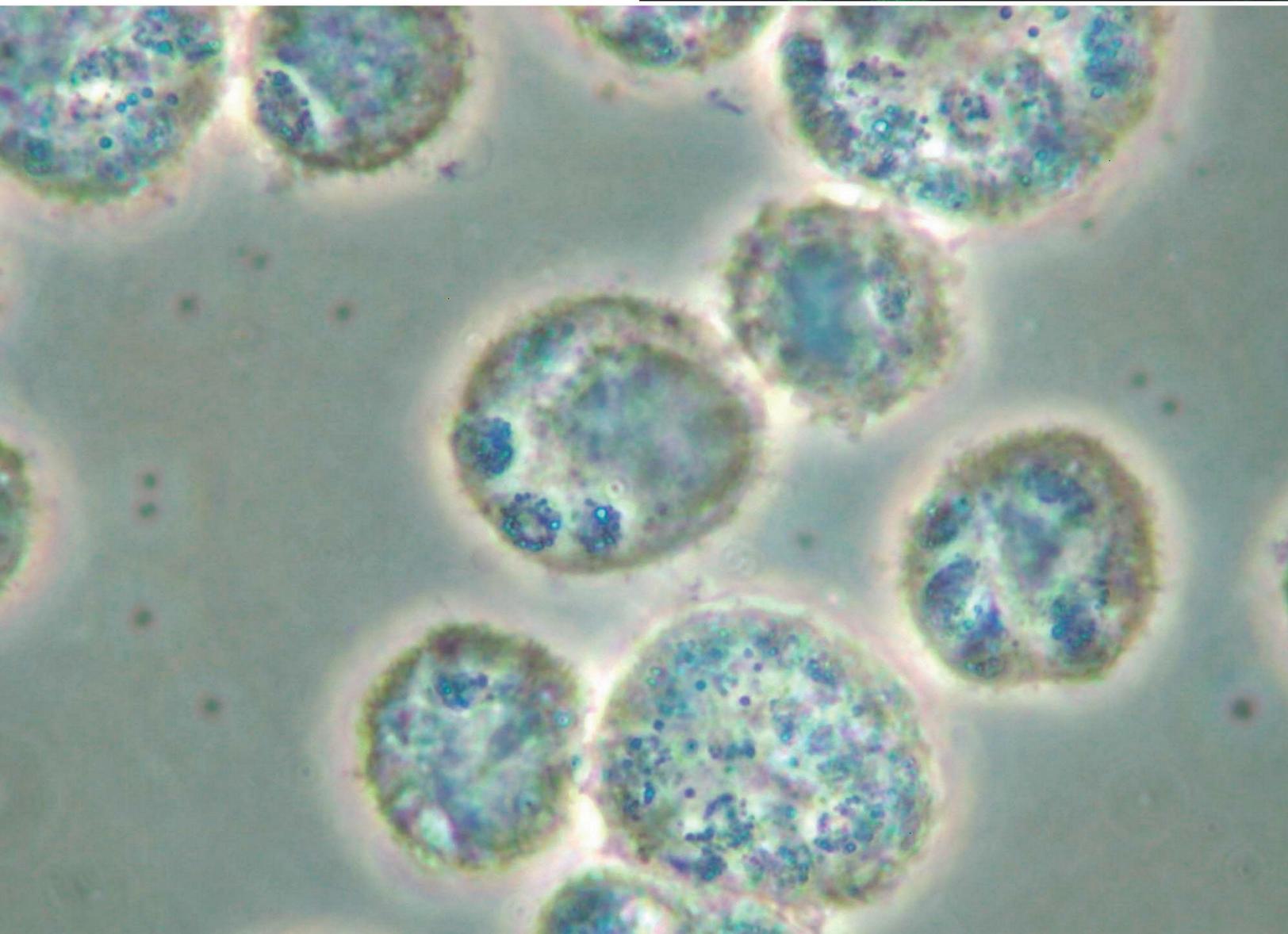
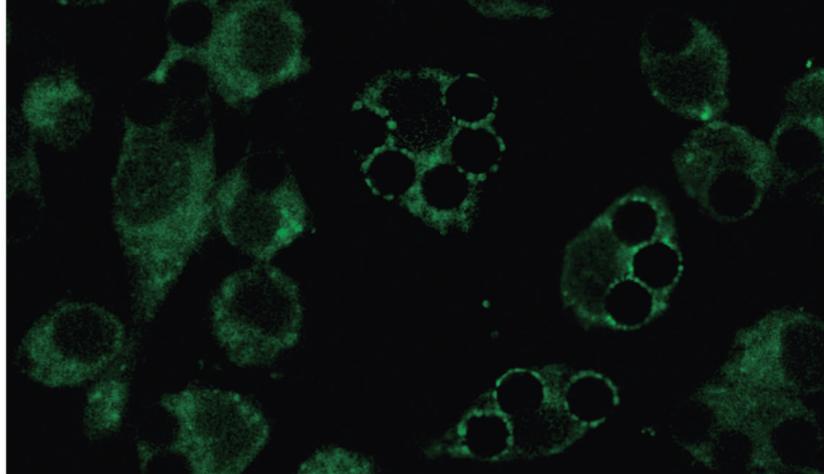
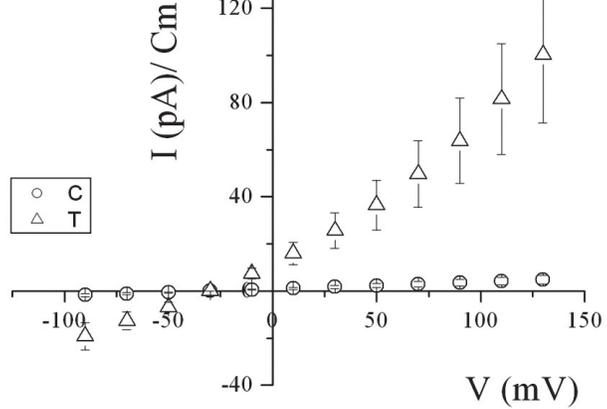
CONSTRUCCIÓN DE CAPACIDADES Y GENERACIÓN DE NUEVO CONOCIMIENTO

En las siguientes páginas el CIF describe su actividad científica, innovadora y formativa, a través de los grupos y unidades de investigación y desarrollo tecnológico que lo componen.

Aun cuando todos fueron mencionados en el capítulo anterior, los relatos que encontrará el lector cuando dé vuelta a la página están basados en los testimonios mismos de quienes hoy son sus directores, pero que han sido además sus creadores y les han dado la identidad por la que hoy son reconocidos.

Cada unidad describe su historia y su esencia, el camino recorrido, cómo fueron creciendo y consolidándose, algunos de los investigadores que han pasado por sus laboratorios, las líneas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en las que se han especializado, los logros obtenidos, el impacto generado en el país y más allá de sus límites, la formación de investigadores y la proyección hacia el futuro.

Además, para cada unidad hemos incluido los listados de proyectos, publicaciones, patentes, participación en eventos, trabajos de tesis adelantados en los laboratorios del CIF, e investigadores formados, por considerar que este libro condensa e incluye en un solo espacio toda la historia de su producción científica.

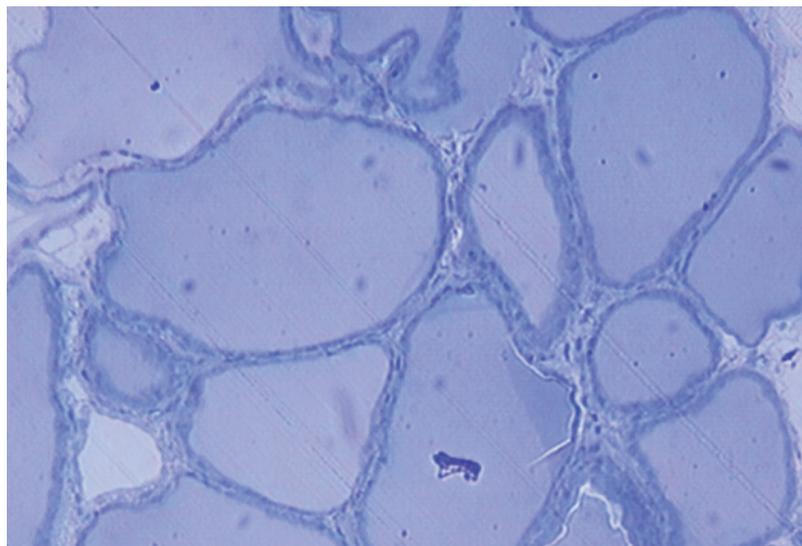


BIOFÍSICA

LA FÍSICA APLICADA A LA BIOLOGÍA

En Colombia es difícil encontrar un grupo de investigación que trabaje en enfermedades tropicales, por ejemplo en *leishmaniasis*, utilizando herramientas generadas desde la física y la electrofisiología. “Son modelos que se derivan de la física y los aplicamos a problemas biológicos”, dice la médica Marcela Camacho, PhD en biología, actualmente vinculada en el Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia, líder del Laboratorio de Biofísica del CIF desde 1996 y directora de la línea de investigación ‘Propiedades de membrana en el modelo *Leishmania-macrófago* y otros modelos’.

“Los modelos biológicos ponen a pensar a la física”, Marcela Camacho, líder del laboratorio de biofísica.



Corte semifino de tiroides de cerdo en coloración azul de toluidina a través de microscopio óptico.

Cuando se creó, a finales de la década de los años ochenta, se llamaba grupo de biofísica. Surgió como iniciativa del neurofisiólogo Rodolfo Llinás con el objetivo de trabajar en neurociencias y biología molecular. Colciencias apoyó financieramente el montaje del laboratorio de electrofisiología celular y en 1987 inició actividades. (Ver Capítulo 1 – Página 31).

La primera investigación versó sobre la homeostasis de los iones en microorganismos, proyecto en el que colaboraron tres instituciones: el CIF, el Instituto Max Planck en Göttingen, Alemania, con el neurofisiólogo Walter Sthümer, PhD y el *Ecole Normale Supérieure*, ENS, en París, donde trabajaba la biofísica Isabel Llano, PhD en fisiología de la Universidad de California, quien fue la primera directora

del laboratorio. Con este proyecto se iniciaron los estudios sobre el transporte de iones en microorganismos, así como con los estudios de las propiedades de las membranas en el proceso de infección de las hojas del café por parte del hongo *Hemileia vastatrix*, cuyas primeras publicaciones empezaron a ser visibles en la década de los años noventa.

El trabajo inicial sobre protoplastos de café buscaba caracterizar la planta antes y después de haber sido afectada por la roya para detectar cuál sería el blanco terapéutico más idóneo. El grupo identificó por primera vez algunas corrientes iónicas, hallazgo que aportó nuevo conocimiento sobre la homeostasis iónica de células de plantas y permitió una mejor comprensión de la fisiología de las células del café. La química María Elisa Forero se integró a este grupo de investigación desde entonces y aún sigue vinculada al CIF.

"Algo muy positivo fue la estadía de Stephanie Dieudonné en el laboratorio durante más de un año", cuenta Isabel Llano. "Stephanne, estudiante de doctorado del ENS en esa época (hoy investigador de planta en el ENS), y María Elisa Forero llevaron a cabo con éxito un proyecto sobre el transporte de iones en protoplastos de las hojas de las plantas de café. Este proyecto dio lugar a la primera publicación del laboratorio en una revista internacional con revisión por pares, The Journal of Membrane Biology (1997). Esta publicación fue un logro importante para los que participamos en el nacimiento del laboratorio de biofísica y nos afirmó la convicción de que si es posible realizar investigación de alto nivel en el CIF".

Paralelamente a este trabajo, el grupo realizó estudios en canales de calcio en células de Purkinje de cerebelo de pollo en donde identificaron también corrientes iónicas que no se habían descrito anteriormente.

En el laboratorio de biofísica se han realizado además estudios sobre el efecto de la actividad de los electrones (potencial redox) en corrientes de entrada de potasio de una rana africana (*Xenopus laevis*) que aportan nueva información a este modelo ampliamente utilizado en expresión heteróloga.

El bioquímico Luis Osses, PhD, hoy investigador de la Universidad Nacional, apoyó el montaje del laboratorio y actuó como investigador de planta hasta cuando se vinculó como profesor de la Universidad Nacional. El médico Herman Moreno, actualmente investigador del departamento de fisiología y farmacología del SUNY Downstate Medical Center, ha estado, como muchos otros científicos, en calidad de investigador visitante: *"Montamos un equipo para medir corrientes eléctricas en huevecillos de ranas, los cuales sirven para expresar muchas proteínas que nos interesaba evaluar. Pudimos al final encontrar que ciertos parásitos causan una alteración eléctrica en ciertas células de los humanos (células de defensa--macrófagos) y esto es parte del mecanismo de la infección".*

En 1995, cuando Camacho terminaba su doctorado en Inglaterra, tenía la intención de regresar al país. *"Yo he trabajado toda la vida con enfermedades parasitarias, pero desde la investigación básica. La idea es entender porqué estos parásitos son parásitos para el hombre, y para hacerlo he estado trabajando con moléculas que tienen que ver con transmisión nerviosa, enzimas y canales iónicos".* ¿Qué mejor lugar para hacerlo que el CIF? Posada le abre las puertas y Camacho decide volver a terminar sus investigaciones en el país. *"Cuando regreso, mi primer interés es explorar un parásito hermano del que yo venía trabajando (Schistosoma), pero realmente era complicado porque son parásitos que viven en la vasculatura de los seres humanos, no se pueden cultivar*

in vitro y tiene uno que tener modelos animales. Aquí en el CIF acababan de terminar un proyecto piloto en leishmaniasis, entonces resolví acogerme a ese modelo".

Bajo la dirección de Camacho, el objetivo principal del laboratorio de biofísica – grupo de biofísica y biología de membranas-, ha sido el estudio de membranas biológicas en modelos que tengan relevancia en Colombia. El laboratorio se ha concentrado en aspectos de la homeostasis iónica de parásitos intracelulares, como *Leishmania*, que produce una enfermedad considerada problema de salud pública en Colombia y otros países. La investigación ha tenido el apoyo de la Universidad Nacional de Colombia, Colciencias y de la agencia británica The Wellcome Trust.

Mediante el estudio de la biofísica y la biología celular de membranas de la infección por *Leishmania* en macrófagos, la línea de investigación -Propiedades de membrana en el modelo *Leishmania*-macrófago y otros modelos- ha logrado aportar conocimiento nuevo sobre el impacto de este parásito intracelular en su célula hospedera con el fin de diseñar mejores estrategias para el control de la enfermedad.

Durante sus estudios de maestría, la química Forero realizó por primera vez estudios de caracterización de la membrana plasmática de macrófagos infectados por *Leishmania*. *"Este tipo de trabajo, en el que empleamos la electrofisiología para estudios de parasitología, se publicó años más tarde como primer reporte en 1999".*

El enfoque del grupo en las enfermedades tropicales, principalmente leishmaniasis, desde la óptica de las neurociencias y de la biofísica, se destaca por su originalidad, lo cual ha sido una ventaja –son muy pocos los que trabajan en este tema y por tanto sus resultados

han sido realmente impactantes-, pero también, y justo por eso, en una desventaja, puesto que, sobre todo al comienzo, no había contraparte con quién discutir las ideas. El grupo *"tiene una identidad, nos hace diferentes e interesantes afuera, no solo en Colombia"*, dice Camacho. *"Al principio éramos como 'aliens'; cuando vamos al congreso de medicina tropical somos rarísimos, cuando vamos al congreso de física, no entienden por qué trabajamos con parásitos. Nunca*

Durante las investigaciones el grupo ha observado diferencias entre células hospederas no infectadas y células hospederas infectadas y busca determinar si estas diferencias son específicas de la infección o de otros procesos celulares.

"En esta década", continúa Camacho, "ha habido una transición muy interesante, primero porque la mayoría de animales no tienen linfocitos T, sólo los

cumplir su función, sino que lo utiliza como nicho para su reproducción. Ese es nuestro gran proyecto: mirar cuál es la estrategia molecular y cuáles son las consecuencias fisiológicas de una invasión por este parásito denominado Leishmania", explica.

El grupo llegó a la conclusión de que realmente el parásito sí retrasa la entrada del macrófago en apoptosis, *"o sea no le permite autodestruirse; hace que se*

"El macrófago, en términos de ese amplio repertorio de respuestas que ostenta, es una célula impresionantemente interesante, increíblemente sofisticada y tenemos evidencia para demostrar cómo es la relación Leishmania - macrófago, y cómo es su comportamiento",
Marcela Camacho, líder del laboratorio de biofísica.

estamos en el sitio exacto, y así fue como por una década. Pero en este momento los raros empiezan a ser comprensibles".

El grupo se concentra en estudios de biofísica, lo que significa aplicar principios físicos para entender relaciones biológicas. *"En leishmaniasis comenzamos a mirar aspectos muy básicos de la relación huésped patógeno desde una visión que absolutamente nadie está haciendo en el mundo: desde la biofísica y la biología celular. Exploramos canales iónicos en la membrana del compartimiento donde vive el parásito, -este es un parásito que vive dentro de una célula del sistema inmune-, un compartimiento que se llama vacuola parasitófora, y estudiamos el impacto que esta infección tendría sobre el macrófago"*, explica Camacho.

A través de los últimos años el grupo se ha enfocado principalmente en el estudio de las membranas involucradas en la relación hospedero-patógeno con el ánimo de entender los mecanismos adaptativos de algunos protozoarios a sus células hospederas y aportar a la comprensión de la forma como estos parásitos se adaptan a su hospedero.

macrófagos logran hacer respuestas inmunes totalmente coherentes: comienza a verse que el macrófago es una célula bastante más interesante, indispensable en todo lo que son procesos de cicatrización correcta y regeneración de tejidos, y se empieza a mirar que tiene un repertorio muy bonito en términos de respuesta inmune. Y nosotros somos los únicos que tenemos una lectura eléctrica de todo ese repertorio de respuestas, una cantidad enorme de información eléctrica del macrófago, que hace diez años no se sabía. En este momento tenemos un estado del arte en términos de propiedades eléctricas del macrófago que ningún otro grupo puede hacer".

María Elisa Forero ha actuado como investigadora asociada en varios proyectos, entre ellos el que buscó caracterizar los procesos de apoptosis – suicidio celular programado-, en macrófagos infectados, dirigido por Camacho. *"El macrófago es la célula especializada en destruir cualquier material de origen externo al cuerpo. Todo lo que entra al organismo, él lo tritura y lo arroja. Pero la Leishmania no le permite al macrófago*

mantenga para multiplicarse, lo que se convierte en una invasión mortal". Los investigadores lograron además de una prueba visual, ver el parásito en la burbuja que desarrolla dentro del macrófago y desentrañar su fisiología, a través de mediciones en tiempo real. *"Es como tomarle a un cuerpo los signos vitales"*.

Al año de estar trabajando en el CIF, Marcela Camacho se presenta a la convocatoria de los 125 años de la Universidad Nacional y sale elegida. Inicia la docencia y con ella empieza a atraer estudiantes hacia la actividad de investigación, el laboratorio crece y empieza la producción científica en forma. *"La inversión en estudiantes de pregrado es grande y el retorno es poco. Hacemos inversión en estudiantes de maestría y después de doctorado. Hay un convenio de cooperación entre la Universidad y el CIF, el trabajo se hace en el laboratorio totalmente, yo lo dirijo como docente de la U. Es un convenio interesante porque desde el punto de vista académico tenemos el respaldo de la Universidad Nacional, que en los últimos años ha tomado el liderazgo que se merece"*.

Este grupo de *leishmaniasis* se ha visto fortalecido con la labor de otra línea de investigación, -Análisis teórico de corrientes iónicas-, en la que trabajan dimensiones fractales y modelos fraccionales, grupo dirigido por Darío Domínguez, de la Universidad Militar Nueva Granada, y Mariela Marín, del CIF.

A partir del 2002 con la vinculación de la bióloga, con PhD en ciencias médicas, Clara Spinel, actualmente vinculada con el Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias en la Universidad Nacional de Colombia, se inició una segunda línea de investigación en el área neuroendocrina, - Cultivos celulares y tridimensionales con y sin matriz extracelular -, con la cual se fortaleció el laboratorio de biofísica.

Uno de los objetivos de esta línea es lograr el desarrollo de prótesis neuronales -bioprótesis-, teniendo en cuenta que los humanos, y en general los mamíferos, no pueden regenerar algunos tejidos. Para el caso del nervio periférico, y comprobada la eficacia de las células de Schwann para regeneración de tejidos, el grupo ha logrado purificar cada uno de sus componentes celulares, con un 98% de pureza. "Nos demoramos cinco años en obtener las células purificadas de los diferentes tipos que conforman el nervio", dice Spinel, haciendo énfasis en la importancia de obtenerlas con máxima pureza. "La literatura demuestra que no es posible en cultivos primarios ni secundarios, entonces han empezado a hacerlo por transfección, es decir, incorporando genes específicos de células de Schwann a células mesenquimatosas, para garantizar que el cultivo que se utilice sea cien por ciento puro".

La literatura científica decía que no era posible propagar las células de Schwann sin factores mito-genéticos, y tampoco podían crecer si no se les ayudaba

con un soporte especial. "A nosotros nos crecieron en diferentes soportes, vidrio, plástico; nos dimos cuenta que el problema no era el cultivo sino como se obtenían las células y el tiempo en lograrlo, porque son muy delicadas. También encontramos que los fibroblastos endoneurales son mucho más delicados que cualquier otro tipo celular de nervio y necesitan más consentimiento para poder cultivarlos", continúa Spinel.

El grupo, en concreto, logró la purificación de fibroblastos endoneurales, células perineurales y células de Schwann tanto del nervio como en el ganglio de la raíz dorsal.

"Logramos la caracterización morfológica y la purificación, y demostramos que los marcadores no son específicos a la morfología. Ahora estamos aplicando ese nuevo conocimiento a los cultivos tridimensionales y hemos demostrado que se pueden tener los geles de colágeno del mismo diámetro del nervio ciático y dentro, saber la cantidad y calidad de las células que tenemos, es decir su viabilidad y el porcentaje preciso. Lo tenemos en fluorescencia marcados con su distribución. Hemos metido mil células de Schwann por 200 fibroblastos que mantiene el gel sin contracción".

Todo este trabajo tiene un objetivo: ser capaces de producir prótesis neuronales, lo que hasta ahora ha sido imposible por la falta de información sobre la

"Donde ha patinado la física siempre ha sido en biología. Cuando esas leyes gigantes de la física empiezan a mirarse en modelos biológicos, siempre le generan excepción", Marcela Camacho, líder del laboratorio de biofísica.

estructura interna de prótesis artificiales y porque el desarrollo de la regeneración de las neuritas en su interior son limitantes para mejorar su desempeño. "Nuestro grupo de investigación está estudiando el comportamiento y estructura interna de bioprótesis para proponer mejoras de diseño y rendimiento. Ya tenemos la prótesis y en este momento, a nivel práctico vamos a empezar a hacer cirugías en ratón, para lo cual nos unimos con el grupo de veterinaria, que maneja el bioterio experimental de la universidad".

Del mismo modo, el grupo ha logrado desarrollar modelos de cultivos tridimensionales para estudiar la estructura de folículos de tiroides y de acinos de glándulas salivales a nivel morfológico. Han montado un sistema para poder estudiar la tiroides *in vitro*. "Lo lindo que tenemos es el modelo de cultivo de folículos tiroideos sin matriz extracelular. La microdissección que le hacemos nos ha permitido tener todos los resultados de cultivos, inéditos completamente. Tenemos el cultivo tridimensional que no lo tienen nadie", dice Spinel.

Si hace cinco años este grupo mandaba su primer trabajo internacional sobre tiroides, en el año 2010 envió seis. "Es que un artículo publicado internacionalmente es un barrido de por lo menos 10 o 15 años", explica.

El CIF cuenta con uno de los mejores laboratorios de electrofisiología celular de Colombia para llevar a cabo registros funcionales de canales iónicos a través de la utilización de técnicas electrofisiológicas (path-clamp) y de fluorometría.

En sus laboratorios se llevan a cabo investigaciones en neurociencias, parasitología, principalmente en *leishmaniasis*, y mecanismos de interacción hospedero-patógeno en plantas. Estos son:

► **Laboratorio de cultivo de células**, equipado con

incubadoras, cabinas de flujo laminar, centrifugas y equipos anexos.

- ▶ **Laboratorio de electrofisiología celular**, equipado con dos setups completamente equipados para la técnica de patch-clamp y uno para el método de voltage clamp, al igual que con los equipos para la fabricación de micropipetas, micromanipuladores y todos los aditamentos requeridos para la determinación de corrientes iónicas a través de la membrana plasmática de las células.
- ▶ **Laboratorio de biología molecular**, equipado para llevar a cabo procesos de extracción y caracterización de material genético, de macrófagos y *Leishmania*, que se requieren para la preparación de experimentos en electrofisiología y otras técnicas.
- ▶ **Laboratorio de lavado y esterilización de materiales.**

Actualmente cuenta con la colaboración de investigadores de la Ecole Normale Supérieure de París, el Instituto Max Planck de Medicina Experimental de Göttingen (Alemania) y la Universidad de Nueva York en los Estados Unidos.

Recientemente, dos colombianos en la Universidad de Boston deciden regresar al país y el laboratorio de biofísica del CIF les cede parte de sus instalaciones para que ubiquen sus equipos, ante las dificultades que implica la importación de un laboratorio usado por parte de una entidad del estado como lo es la Universidad Nacional, y aprovechando la flexibilidad de una entidad privada como el CIF. Enrico Nasi, trae parte de su laboratorio de neurociencias que tenía instalado en el Instituto Oceanográfico Woods Hole, en Estados Unidos. "Al abrirle puertas a Enrico y a María del Pilar Gómez, ellos abren físicamente su laboratorio y eso les da un nicho a partir del cual proponen la creación de sus propios grupos de investigación", dice Camacho. Además, facilita su inserción como

docentes de la Universidad Nacional, colaboración institucional que ratifica los beneficios de la alianza entre la Universidad y el CIF. Nasi formaliza su grupo de biofísica de la señalización celular y Gómez el de neurofisiología celular, ambos reconocidos por el CIF, y actúan también como asesores nacionales en los proyectos que lidera Camacho. Así, "se han convertido en unos interlocutores que enriquecen las discusiones de los grupos que conforman el Laboratorio de Biofísica". Además los estudiantes tienen ahora la oportunidad de viajar a Woods Hole a realizar pasantías y adelantar allí sus investigaciones.

Camacho dice que el CIF tiene la gran ventaja de permitir la multi-institucionalidad y la interdisciplinariedad. "Eso da un marco de pensamiento muy abierto. Al mismo tiempo tenemos una independencia económica y financiera interesante, que no tiene la U porque es muy burocrática. Eso es básico en términos de ejecución de proyectos. Tenemos todo el respaldo académico y de laboratorios de la Universidad, pero con la agilidad y la independencia administrativa y financiera que el CIF nos ofrece".

La línea de investigación -Microbiología y macromoléculas- está dirigida por la microbióloga Martha Lucía Posada, quien se vinculó al CIF inicialmente en marzo de 1993, y, apoyada por el Centro, viajó a adelantar su doctorado en microbiología en España, donde se graduó con una tesis en genética molecular de hongos.

Regresó al CIF en 1999, pero en el 2001 vuelve a emprender vuelo para realizar su postdoc en Estados Unidos, donde reside seis años haciendo investigación. Inicialmente trabaja con patógenos vegetales que no están presentes en ese país, "un laboratorio muy especial que tiene un nivel de seguridad muy alto", dice. "Esto implicó la dificultad para publicar los primeros años, porque el patógeno con el que yo trabajaba

estaba en una lista especial: así como hay patógenos humanos que están en una lista negra como agentes biológicos de guerra, hay unos que afectan la agricultura, también considerados agentes biológicos de guerra, porque pueden afectar la economía de un país".

En Estados Unidos continuó su trabajo en genética de hongos, específicamente en la roya de la soya; inició la secuenciación del genoma y realizó estudios de expresión génica, tanto del patógeno, como de la planta infectada.

Con toda la experiencia adquirida y sin haberse desvinculado nunca del CIF, desde el 2008 Posada está al frente de esta línea que trabaja actualmente en un proyecto en bioprospección de hongos filamentosos para la conservación y restauración del acervo documental del Archivo de Bogotá. Está trabajando en la identificación molecular de los agentes biológicos (hongos y bacterias) que promueven el deterioro, para luego determinar las condiciones óptimas de producción, extracción y caracterización de enzimas relacionadas con los procesos de biodeterioro de los documentos. "La idea es usarlas para limpiar restos de pegante, grasa, exceso de cola, cinta pegante, en lugar de comprarlas internacionalmente pues son muy costosas", explica.

Actualmente el laboratorio de biofísica se encuentra instalando y poniendo a funcionar un microscopio electrónico donado por el neurofisiólogo Llinás.

El Grupo de investigación de biofísica y biología de membranas obtuvo la clasificación más alta de Colciencias: A1.

Camacho hace énfasis en el viraje que ha dado la investigación en el laboratorio que dirige, en buena parte debido al profesionalismo y las experticias de sus investigadores, pero también porque se han beneficiado de los avances internacionales. "Cuando se hace la secuenciación completa del genoma de *Leishmania mayor* y de *Leishmania*

braziliensis, empezamos a aprovechar esas herramientas que están disponibles y hacemos un giro inmenso para ir a buscar los canales directamente en el genoma", dice.

En la actualidad el laboratorio cuenta con una familia de canales de cloro de *Leishmania*, que podrían explicar su

adaptación en la vacuola parasitófora ácida en una célula del sistema inmune. "Ese tipo de canales explicarían la capacidad que tiene el parásito de adaptarse y automáticamente se convierten en blancos terapéuticos potenciales", remata.

INTEGRANTES DEL LABORATORIO DE BIOFÍSICA

María Marcela Camacho Navarro, médica cirujana de la Pontificia Universidad Javeriana, PhD en biología de *Schistosoma* de la Universidad de Londres y Postdoctorado en las universidades de Londres, de Leeds y el Weizman Institute of Science.

Clara Matilde Spinel Gómez, bióloga de la Universidad de los Andes, PhD en ciencias médicas de la Universidad Católica de Lovaina.

Martha Lucía Posada Buitrago, bióloga de la Universidad Nacional de Colombia, PhD en microbiología de la Universidad Complutense de Madrid, y postdoctorado en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, y en el Joint Genome Institute del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

María Elisa Forero Vivas, química de la Universidad Pedagógica Nacional, MSc en bioquímica de la Universidad Nacional de Colombia.

Colaboradores nacionales:

Darío Domínguez, matemático de la Universidad Javeriana, MSc. en ciencias económicas de la misma universidad.

Mariela Marín, licenciada en ciencias de la educación – física de la Universidad Pedagógica Nacional, con especialización en ciencias físicas y MSc. en biofísica de la Universidad Nacional de Colombia.

Gladys Cortés, licenciada en bacteriología de la Pontificia Universidad Javeriana, especialización en inmunología celular en el Instituto Nacional de Salud del Japón y MSc. en microbiología de la Universidad Javeriana.

Zulma Dueñas, bióloga y química de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC, con MSc. en ciencias fisiológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, PhD en neurobiología de la misma universidad y postdoc en la Universidad de California, Irving, Estados Unidos.

Claudio Gómez, bioquímico de la Universidad Santiago de Chile, PhD en ciencias de la Universidad Alcalá de Henares, España, y Postdoc PD de la Universidad de California en Los Angeles (UCLA), en el National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS, NIH), y en la Universidad de Alabama en Birmingham, Estados Unidos

Eduardo Romero, médico de la Universidad Nacional de Colombia, MSc. en ingeniería eléctrica de la Universidad de los Andes, PhD en ciencias biomédicas de la Universidad Católica de Lovaina, en Bélgica, y Postdoc de la misma universidad belga y de la Autónoma de Barcelona.

María del Pilar Gómez, médica de la Universidad de Caldas, MSc y PhD en fisiología de la Universidad de Boston, Estados Unidos, PhD, y postdoc de la Escuela de Medicina de la Universidad de Boston y del Marine Biological Laboratory.

Enrico Nasi, psicólogo y matemático de la Universidad de los Andes, MSc en psicología experimental del Bryn Mawr

College, PhD en psicología experimental y matemática de la misma universidad y postdoc de la Universidad de Boston.

Nubia Matfa, bacterióloga de la Universidad Nacional de Colombia, con MSc. en genética humana de la misma universidad y PhD en biología parasitaria en el Instituto Oswaldo Cruz, Brasil.

Colaboradores internacionales:

Walter Stühmer, físico, PhD en la Universidad Técnica de Munich, Alemania, y postdoc del departamento de fisiología y biofísica en la Universidad de Washington, Seattle, Estados Unidos.

Mauricio Hoyos, licenciado en física de la Universidad Pedagógica Nacional, MSc. y PhD de la Universidad de París.

Thierry Pourcher, bioquímico de la Universidad de Niza, en Francia, con PhD en farmacología de la misma universidad y postdoc en la Universidad de Galvestone, en Texas, Estados Unidos.

Isabel Llano, MSc. en Fisiología de la Universidad del Valle, PhD en Fisiología de la Universidad de California, y Posdoctorado en el Departamento de Fisiología de la Universidad de Pensilvania.

LOGROS E IMPACTO

El laboratorio de biofísica cuenta con facilidades únicas en el país, atractivas para futuros investigadores en sus diferentes líneas de estudio. Este laboratorio tiene además el interés de abrir puertas a otros grupos de investigación, justamente aprovechando las instalaciones especiales con que cuenta y continuar fortaleciendo sus equipos.

Uno de los logros que identifica su líder es justamente la formación de recurso humano. *"Toda la gente que ha pasado por el laboratorio está ubicada laboralmente o ha continuado estudios de postgrado en el exterior con muchísimo éxito"*, dice. En los últimos cinco años el grupo del laboratorio ha aumentado notablemente, entrenando estudiantes de maestría y de doctorado.

Camacho hace énfasis además en que uno de los logros de su equipo es demostrar que es posible hacer investigación de punta en el país, y formar parte de la comunidad internacional. *"El 90% de nuestras publicaciones ha sido en revistas internacionales con las evaluaciones y el reconocimiento de la comunidad internacional"*, dice.

Así mismo, el grupo ha demostrado que se puede hacer investigación básica de biofísica y de biología celular en estos modelos parasitarios, por fuera de las tendencias mundiales de epidemiología e inmunología.

En cuanto a publicaciones, el grupo no solo publica, sino lo hace con el reconocimiento internacional. *"Al principio la evaluación y la corrección tomaban tiempo. Hoy en día hay revistas donde mandamos nuestros artículos y en tres meses están aceptados"*, dice y añade que esas mismas revistas ya han comenzado a solicitar evaluaciones por parte de ella misma, lo que demuestra un reconocimiento como autora y como evaluadora.

PROYECCIÓN EN EL PAÍS Y EL MUNDO

El laboratorio de biofísica prevé proseguir los trabajos de investigación que ha venido consolidando en estos años de actividad. En *Leishmania*, pionero a nivel mundial por el original enfoque de su investigación, espera establecer la especificidad de los cambios encontrados o sugerir los cambios en las propiedades de la membrana y el tráfico vesicular que suceden en un macrófago como consecuencia de la fagocitosis de volúmenes grandes. Se espera determinar hasta qué punto la desactivación y disminución en la respuesta inmune de macrófagos, es consecuencia de un tráfico vesicular alterado. Además, se espera generar información apoyando la hipótesis de que la salida del parásito de su célula hospedera está precedida por un proceso de fusión de membranas.

En lo que se refiere al tema de cultivos tridimensionales, continuarán los estudios de la función de los folículos en ratón, cerdo y humanos y a largo plazo el efecto de péptidos sintéticos de la hormona tirotrópica (TSH) humana, así como la expresión de

las transportadoras de yoduro en tiroides y glándulas salivales.

Continuará combinando las técnicas de electrofisiología y biología celular y molecular para estudiar estructuras y funciones de las células (para el estudio estructural y funcional de las células).

En líneas generales, el proyecto es consolidar el reconocimiento ganado en términos de la calidad de los estudiantes egresados, de los proyectos presentados y los resultados generados.

Camacho además señala que es necesario convencer a los tomadores de decisión que *“las medidas de acción en términos de salud pública, pasan por el hecho de que hay que tener respeto por lo que se hace en investigación básica. Es importante que entiendan que si bien es cierto las aplicaciones inmediatas pueden no verse, no necesariamente es cierto en un par de décadas. Si ese hubiera sido el criterio en muchos países habría innovaciones tecnológicas que nunca se hubieran dado porque en su momento la investigación básica no*

permitía siquiera concebir que eso era aplicable”.

Y por supuesto, publicar más, porque en el actual Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, el reconocimiento se da por la calidad y la cantidad de publicaciones. *“En este momento tenemos resultados que no hemos publicado; haremos un esfuerzo especial para publicar muchos resultados que ya sabemos y que nos daría más posicionamiento”*, remata Camacho.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Son en total cinco, y si bien tienen su propia institucionalidad, se alimentan unas a otras, comparten laboratorios e investigadores.

El grupo de biofísica y biología de membranas trabaja en cinco líneas de investigación. A continuación, la producción de cada una de ellas:

1. PROPIEDADES DE MEMBRANA EN EL MODELO LEISHMANIA-MACRÓFAGO Y OTROS MODELOS

Coordinador: Marcela Camacho, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Laboratorio de Biofísica, Centro Internacional de Física

Esta línea de investigación ha trabajado en la actividad eléctrica de las tres membranas del sistema de infección por leishmania: la del macrófago, la de la vacuola parasitófora y la de *Leishmania*.

Los primeros trabajos se concentraron en la membrana del macrófago, donde el grupo pudo establecer cambios en sus propiedades eléctricas que son específicas de la infección, pero encontraron además que no todo es resultado de la infección. Posteriormente estudiaron la vacuola parasitófora y en los últimos dos años el trabajo del grupo se ha enfocado en los canales iónicos de *Leishmania*, porque las herramientas que hay disponibles les permiten llegar a resultados más rápidamente.

El grupo busca determinar el papel de los canales CIC para *Leishmania*, su importancia fisiológica y su potencial terapéutico. Así mismo, identificar los canales iónicos a cargo de las corrientes de cloruro y potasio detectadas en la membrana de la vacuola parasitófora de *Leishmania*.

Proyectos

1. 2010 Camacho M, Sánchez M, Gómez MP, Stuhmer W. **Estudios de la membrana de la vacuola parasitófora de Leishmania**. Colciencias.
2. 2010 Camacho M, Nasi E, Posada ML, Stuhmer W **Canales iónicos de cloruro de Leishmania, blancos terapéuticos potenciales**. Colciencias.
3. 2010 Camacho M, Posada ML; Carreño M **Estudio de un canal de cloruro CIC en amastigotes de Leishmania braziliensis** Convocatoria apoyo a semilleros de investigación sede Bogotá.
4. 2009 Camacho M, Rojas A **Estudios de secreción de IL-12 en macrófagos de la línea celular J774A.1** Apoyo a tesis de posgrado.
5. 2009 Camacho M, Posada ML **Estudios de canales de cloruro en amastigotes de Leishmania**.
6. 2009 Camacho M, Posada ML, Parada O **Estudio molecular y bioinformático de un Canal Iónico en Leishmania braziliensis** Convocatoria apoyo a semilleros de investigación sede Bogotá.
7. 2009 Camacho M, Ramírez MH, Niño C **Cuantificación de la expresión de canales de potasio Kir 2.1 en macrófagos infectados con Leishmania**. Convocatoria apoyo a semilleros de investigación sede Bogotá.
8. 2009 Camacho M, Posada ML **Estudios de canales de cloruro en amastigotes de Leishmania**.
9. 2009 Camacho M, Rojas A **Estudios de secreción de IL-12 en macrófagos de la línea celular J774A.1** Apoyo a tesis de posgrado.
10. 2008 Camacho M, Montoya G. **Factor de Necrosis Tumoral alfa (TNF- α) en el modelo Leishmania-macrófago**. Convocatoria Apoyo a Tesis de Programas de Posgrado.
11. 2008 Camacho M, Nasi E, Quintana P **Estudio del proceso de salida del parásito Leishmania amazonensis de su célula hospedera**. Convocatoria Apoyo a Tesis de Programas de Posgrado.
12. 2008 Camacho M, Dueñas Z, Gómez C, Segura C, Lagos L. **Canales de cloruro de Leishmania como blancos terapéuticos contra Leishmaniosis**. Colciencias,
13. 2008 Forero ME, Matta N, Gómez C, Clavijo LM, Camacho M. **Leishmania previene la apoptosis y favorece la supervivencia del parásito en la célula infectada**.
14. 2008 Cortés G, Forero ME, Wisner M, Gómez C, Pérez C, Quintana MP, Camacho M. **Papel de la membrana de la vacuola parasitófora de Leishmania y Plasmodium en la permeabilidad, ruta secretoria y salida de estos parásitos**.
15. 2006 Camacho M, Grupo Biofísica y Biología de Membranas Universidad Nacional de Colombia.
16. 2006 Camacho M, Cortés GT, Dueñas Z, Gómez C **Impacto de los cambios en las propiedades de macrófagos infectados por Leishmania en habilidad para activarse y hacer apoptosis**. Universidad Nacional de Colombia.
17. 2006 Fajardo C, Camacho M **Estudios sobre el impacto de la infección por Leishmania braziliensis en las propiedades de membrana de macrófago murino**. Universidad Nacional de Colombia. Apoyo a tesis de maestría.

18. 2006 Niño A, Camacho M **Efecto de la fagocitosis, la infección por *Leishmania amazonensis* y *Leishmania braziliensis* sobre la traducción y localización intracelular de la enzima óxido nítrico sintetasa inducible en macrófagos murinos.** Universidad Nacional de Colombia. Apoyo a tesis de maestría.
19. 2005 Camacho M **Convocatoria para modernización de laboratorios** Sede Bogotá, CEIF, Universidad Nacional de Colombia.
20. 2005-2006 Camacho M. **Impacto del volumen del fagosoma de *Leishmania* en el tráfico vesicular y propiedades de membrana del macrófago.** Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.
21. 2004-2006 Camacho M, Llano I, Hoyos M, Domínguez D **Estudios sobre la especificidad de las alteraciones en la permeabilidad iónica en macrófagos infectados con *Leishmania*,** Colciencias.
22. 2005 Lagos L Istituto di Biofisica, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Genova, Italia, asesoría de Oscar Moran, European Molecular Biology Organization a través del programa: Short Term Fellowship.
23. 2004 Lagos L **Transporte a través de membranas: de la estructura a la fisiopatología.** Instituto de Estudios Avanzados IDEA, Caracas, Venezuela, 12-16 julio 2004. Beca
24. 2004 Lagos L **Curso Teórico – Práctico “Molecular Biology of *Leishmania*.** International Centre for Genetic, Engineering and Biotechnology, co-sponsored by CEI-Central European Initiative. Trieste, Italia, 25-28 octubre 2004. Beca
25. 2003-2004 Camacho M **Estudios sobre la especificidad de las alteraciones en la permeabilidad iónica en macrófagos infectados con *Leishmania*,** Colciencias.
26. 2002 Vargas R **IUPAB**, XIV International Biophysics Congress, Buenos Aires, Argentina, Abril 27 - May 1. Beca
27. 2001 Camacho M, Lagos L Convocatoria Colciencias- International Bureau of the BMBF. **Pasantía en el laboratorio del Dr. Walter Stuhmer** como parte de una colaboración programada dentro del marco del proyecto Membrane Biology of infections parasites and their host cells presentado a la International Bureau of the BMBF por el Laboratorio de Biofísica en colaboración con el Dr. Stuhmer y la Dra. Isabel Llano.
28. 2001 Torres Y Convocatoria de pasantías de entrenamiento para estudiantes y jóvenes investigadores diseñada para mejorar el recurso humano dedicado a Biofísica en Latino América bajo el auspicio de la International Union for Pure and Applied Biophysics (IUPAB) y la UNESCO.
29. 2001 Camacho, M., Llano, I. & Moreno H **Studies on the ion permeability of the three membrane system of the *Leishmania-macrophage* relationship** Colciencias.
30. 2000 Díaz JC, Camacho M **Salida de *Leishmania*. Seguimiento de la salida de amastigotes de *Leishmania amazonensis* de macrófagos murinos.** Apoyo a estudiantes.
31. 2000 Rodríguez N, Camacho M **Entrada de *Leishmania*. Impacto del calcio en la invasión de *Leishmania amazonensis* a macrófagos murinos J774.1.** Apoyo a estudiantes.
32. 2000 Morales P, Camacho M **Modelamiento de canales iónicos, análisis de corrientes totales de salida en macrófagos control e infectados,** Apoyo a estudiantes.

33. 2000 Hernández J, Camacho M **Permeabilidad de la membrana de la vacuola parasitófora. Permeabilidad de membrana del compartimiento que contiene a *Leishmania mexicana amazonensis* en macrófagos J774.1.** Apoyo a estudiantes.
34. 2000 Camargo ME, Camacho M **Determinación de la producción de óxido nítrico en macrófagos activados J774.1 como respuesta al tamaño de la carga fagocítica de partículas de látex y *Leishmania amazonensis*.** Apoyo a estudiantes.
35. 2000 Martínez-Wittinghan F **Permeability studies in the membrane of *Leishmania amazonensis* 2000** Competition for the Lewis A. Tyler Trustees Fund.
36. 1999 Camacho M **Estudios de la permeabilidad de la membrana del protozoario *Leishmania amazonensis*** Banco de la República.
37. 1997-2000 Camacho M **Membrane Biology of Parasitic Trematodes**, CIF-Department of Biology, University of Leeds, Leeds, Gran Bretaña. Tutor: Alison Agnew. Research Development Award in Tropical Medicine, Wellcome Trust.
38. 1996-1999 Camacho M, Llano I, Moreno H **Ion homeostasis of parasitic agents of tropical diseases and their host cells-Phase II.** Colciencias.
39. 1994 Llano I **Homeostasis iónica en parásitos tropicales y sus células hospederas** Colciencias.
40. 1989-1991 Llano I, Stuhmer W **Characterisation of ionic currents present in in *Coffea arabica* protoplasts.** European Community.

Publicaciones

Artículos en revistas científicas

1. 2010 Quintana MP; Camacho M. **Mecanismos de salida de su célula hospedera de parásitos intracelulares**, Acta Biológica Colombiana. 15(3):
2. 2010 Quintana E, Torres Y, Alvarez C, Rojas A, Forero ME, Camacho M. **Changes in macrophage membrane properties during early *Leishmania amazonensis* infection differ from those observed during established infection and are partially explained by phagocytosis.** Experimental parasitology. 124:258-264
3. 2008 Camacho M, Forero ME, Fajardo C, Niño A, Morales P, Campos H. ***Leishmania amazonensis* infection may affect the ability of the host macrophage to be activated by altering their outward potassium currents.** Experimental Parasitology 120:50-56.
4. 2007 Lagos L, Moran O, Camacho M. ***Leishmania amazonensis*: Anionic currents expressed on oocytes upon microinjection of mRNA from the parasite.** Experimental Parasitology 116:163-170
5. 2006 Cortázar T, Hernández J, Echeverri MC, Camacho M. **Papel de la vacuola parasitófora de macrófagos de ratón infectados por *Leishmania amazonensis* en la adquisición de moléculas.** Biomédica 26:26-37

6. 2005 Niño A y Camacho M. *Leishmania braziliensis* replication rates in vitro culture rely on folic acid availability. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 100(3): 309-310
7. 2004 Vargas R. A., Botero L, Lagos L, Camacho M *Bufo marinus* oocytes as a model for ion channel protein expression and functional characterization with electrophysiological studies. Cellular Physiology and Biochemistry, 14(4-6):197-202.
8. 2003 Chaves H, Villalba C, Lagos L, Vargas R, Martínez-Wittinghan F, Clavijo C, Camacho M **Expresión de canales de potasio voltaje dependientes en ovocitos de *Xenopus laevis* (amphibia)** Acta Biológica Colombiana, 8(1):59-67
9. 2003 Niño A, Camacho M **Impacto del volumen del fagosoma en la producción de óxido nítrico por parte de macrófagos murinos activados.** Biomédica 23(S1):50
10. 1999 Forero ME, Marín M, Corrales A, Llano I, Moreno H, Camacho M *Leishmania amazonensis* infection induces changes in the electrophysiological properties of macrophage-like cells Journal of Membrane Biology, vol 170: 173-180
11. 1997 Dieudonne S, Forero ME, Llano I. **Two different conductances contribute to the anion currents in *Coffea arabica* protoplasts.** J Membr Biol. 159(1):83-94.
12. 1997 Tarrab-Hazdai, R., Camacho, M., Mendelovic, F., & Schechtman, D **An association between activity of the Na/K-pump and resistance of *Schistosoma mansoni* towards complement-mediated killing.** Parasite Immunology, 19:395-400

Artículos de divulgación

1. 2009 Camacho M **Las jugadas eléctricas de *Leishmania*.** UN periódico. No. 124 Julio 12 p 12
2. 2000 Camacho M *Leishmaniasis: en busca de la droga efectiva.* UN periódico, No. 13 Agosto 13
3. 1998 Camacho M. **Estrategias de Adaptación de los Esquistosomas** Innovación y Ciencia, 7 (3): 12-17

Congresos

Afiches

1. 2010 Montoya G, Camacho M. large phagocytic loads decrease tumor necrosis alpha secretion in murine macrophages by altering its intracellular distribution. ASCB 50TH Annual Meeting poster notification.

Conferencias

1. 2010 Camacho M, Posada ML; Parada O. **Estudio molecular y bioinformático de un canal iónico de cloruro en *Leishmania braziliensis***. XXIX Congreso Latinoamericano de Química XVI Congreso Colombiano de Química - VI Congreso Colombiano de Cromatografía. Centro de Convenciones Julio Cesar Turbay Ayala, Cartagena de Indias, Colombia, del 27 de septiembre al 01 de octubre
2. 2009 Lozano YY, Gómez C, Posada ML, Camacho M. **CLC channels of the protozoa *Leishmania***. 49th American Society for Cell Biology Annual Meeting in San Diego, CA, December 5-9. 687365
3. 2009 Clavijo L, Forero ME, Matta NE, Camacho M. **Macrophage plasma membrane hyperpolarization associates with protection against apoptosis of *Leishmania* infected macrophages** 49th American Society for Cell Biology Annual Meeting in San Diego, CA, December 5-9. 687349
4. 2009 Rojas AP, Montoya GE, Chacon N, Camacho M. **Large Phagocytic Loads Explain Altered Cytokine Secretion And Cytoskeleton Distribution In Macrophages Infected With *Leishmania***, 49th American Society for Cell Biology Annual Meeting in San Diego, CA, December 5-9, 2009. 687385

Memorias

1. 2009 Lozano Y, Gomez C, Posada ML, Camacho M **Canales de cloruro CLC de *Leishmania***. XIV Congreso Colombiano de Parasitología y Medicina Tropical, Medellín octubre 8-11. Biomédica. 29(S)184.
2. 2009 Chacón N, Camacho M **Efecto de la fagocitosis y la infección por *Leishmania* sobre el citoesqueleto de macrófagos**. XIV congreso colombiano de parasitología y Medicina Tropical, Medellín octubre 8-11. Biomédica. 29(S)347.
3. 2009 Rojas A, Camacho M **¿Existe relación entre el volumen de la VP en infección por *Leishmania* y la respuesta secretora del macrófago?** XIV congreso colombiano de parasitología y Medicina Tropical, Medellín octubre 8-11. Biomédica. 29(S)187.
4. 2009 Montoya GE, Camacho M **Expresión, síntesis y secreción de factor de necrosis tumoral alfa en macrófagos infectados con *Leishmania***. XIV congreso colombiano de parasitología y Medicina Tropical, Medellín octubre 8-11. Biomédica. 29(S)187.
5. 2009 Quintana MP, Camacho M **Estudio del proceso de salida del parásito *Leishmania amazonensis* del macrófago**. XIV congreso colombiano de parasitología y Medicina Tropical, Medellín octubre 8-11. Biomédica. 29(S)347-348.
6. 2009 Clavijo LM, Forero ME, Matta NE, Camacho M **Impacto de la infección de *L. (V.) braziliensis* sobre apoptosis y propiedades eléctricas de macrófagos**. XIV congreso colombiano de parasitología y Medicina Tropical, Medellín octubre 8-11. Biomédica. 29(S)351.
7. 2009 Pérez C, Stuhmer W, Camacho M **Canales de cloruro y potasio en la membrana de la vacuola parasitófora de *Leishmania amazonensis***. XIV congreso colombiano de parasitología y Medicina Tropical, Medellín octubre 8-11. Biomédica. 29(S)193-194.

8. 2009 Garzón C, Stuhmer W, Camacho M **Corrientes aniónicas de *Leishmania* expresadas en ovocitos de *Xenopus laevis* luego de la inyección de mRNA.** XIV congreso colombiano de parasitología y Medicina Tropical, Medellín octubre 8-11. Biomédica. 29(S)177-178.
9. 2008 Quintana E, Torres Y, Alvarez C, Rojas A, Forero ME, Camacho M. **Macrophage membrane properties of early *Leishmania amazonensis* infection are similar to phagocytosis but different to those of established infection.** Theoretical and Practical Course "Molecular Biology of Leishmania", 23-26 de octubre, Trieste, Italia
10. 2007 Fajardo C, Forero ME, Villota Y, Rojas A, Camacho M. ***Leishmania* induces deactivation and may reduce apoptosis in infected macrophages.** 47th Annual Meeting, The American Society for Cell Biology, Washington DC, diciembre. Program #: 528.
11. 2007 Niño A, Lagos L, Vega-Castro N, Camargo ME, Rojas A, Camacho M. **Large phagocytic loads promote macrophage desactivation and this may result from altered nitric oxide synthase intracellular location.** 47th Annual Meeting, The American Society for Cell Biology, Washington DC, diciembre Program #: 527.
12. 2007 Niño A, Lagos L, Vega N, Camacho M. **La infección por *Leishmania amazonensis* induce una localización anormal de la enzima óxido nítrico sintasa inducible pero no una disminución en los niveles de mRNA o proteína de la enzima.** Biomédica. 2007; 27(S2):145.
13. 2007 Fajardo Carolina, Villota Yesid, Forero María Elisa, Camacho Marcela. **La infección por *Leishmania* promueve desactivación del macrófago y esto se ve reflejado en las propiedades eléctricas de la célula hospedera.** Biomédica. 2007; 27(S2):146.
14. 2007 Lagos L, Fajardo C, Camacho M. **Efecto de inhibidores del transporte de cloruro en el crecimiento y diferenciación in vitro de *L. amazonensis* y *L. braziliensis*.** Biomédica. 2007; 27(S2):215-216.
15. 2007 Perez C, Hoyos M, Camacho M. **Aislamiento de la vacuola parasitófora que contiene al parásito *Leishmania amazonensis* mediante la técnica SPLITT.** Biomédica. 27(S2):144-145.
16. 2007 Cortés GT, Caldas ML, Camacho M, Wiser MF **The release of the malaria parasite and the transfer of the diic(16) (3) from infected erythrocytes to intracytoplasmatic membranes.** Recent Advances in Live Cell Imaging meeting.
17. 2006 Arroyo R, Camacho M. **Generación de una colonia de *Bufo marinus* como fuente de ovocitos para estudios electrofisiológicos.** Tema Zoocría. II Congreso colombiano de zoología, Santa Martha, noviembre 26-diciembre 1.
18. 2006 León S, Díaz JC, Corrales A, Cortés GT, Caldas ML, Camacho M **Protozoan parasite exit may be preceded by fusion between the parasitophorus vacuole membrane and the host-cell membrane.** 48th Annual Meeting, The American Society for Cell Biology, San Diego, California, USA, diciembre.
19. 2005 Fajardo C, Lagos L, Dueñas Z, Camacho M **Microtransplantación de membranas en ovocitos de anfibios para la caracterización de canales iónicos.** Suplemento Iatreia 2005;18(4):78-79.
20. 2005 Rodríguez I, Lozano Y, Torres Y, Forero ME, Camacho M **Los cambios en las propiedades de membrana de macrófagos infectados por *Leishmania* en las primeras horas postinfección (<12 horas) son similares al proceso de fagocitosis.** Biomédica 2005;25(S1):172.

21. 2005 Lagos L, Arroyo R, Camacho M **Identificación de canales iónicos del parásito *Leishmania***. Biomédica 2005;25(S1):170.
22. 2005 León S, Díaz JC, Corrales A, Camacho M **La salida de *Leishmania amazonensis* de su célula hospedera está asociada con procesos de fusión de membranas**. Biomédica; 2005;25(S1):173.
23. 2005 Niño A, Lagos L, Camacho M **La disminución de óxido nítrico asociada a volúmenes grandes de fagosoma no se acompaña de alteraciones en el nivel de mensajero de la óxido nítrico sintasa**. Biomédica 2005;25(S1):171
24. 2004 Quimbaya M, Camacho M y Ishitani M **Establecimiento de un examen de selección fenotípico para la identificación de genes de tolerancia al aluminio usando a *Arabidopsis thaliana* como modelo biológico**. Acta Biológica Colombiana, 9(2):96-97.
25. 2004 Niño A y Camacho M **Impacto del volumen del fagosoma en la producción de óxido nítrico por parte de macrófagos murinos activados**. Acta Biológica Colombiana, 9(2):94-95.
26. 2004 Lagos, L; Vargas, R; Chaves, H; Camacho, M. **Ovocitos de anfibios como técnica en la caracterización de canales iónicos**. IV Seminario Internacional de neurociencias y III Simposio Colombiano de Neurociencias, Bucaramanga, Colombia. 29, Octubre.
27. 2003 Niño A, Camacho M **Impacto del volumen del fagosoma en la producción de óxido nítrico por parte de macrófagos murinos activados**. XI Congreso Nacional de Parasitología y Medicina Tropical. Cali, Colombia, Oct 30 al Nov 2.
28. 2003 Lagos L, Camacho M **Cambios en la permeabilidad de membrana de ovocitos tras la microinyección de ARNm de *Leishmania amazonensis* como posible resultado de la expresión de canales iónicos del parásito**. Biomédica 23(S1):58
29. 2003 Lagos L & Camacho M **Ion currents in *X. laevis* oocytes induced by *Leishmania amazonensis* mRNA**. Abstracts V Ibero American Congress of Biophysics, Rio de Janeiro, Brasil, Octubre 13. abstract 161.
30. 2003 Camacho M. **Impacto de la infección por *Leishmania* en las propiedades de membrana de macrófagos** XX Congreso Nacional de Física. Armenia sep 1-5.
31. 2002 Hernández J **Permeabilidad de membrana del compartimiento que contiene a *Leishmania mexicana amazonensis* en macrófagos J774.1**. Acta Biológica Colombia, Vol 6 No. 1, p 56
32. 2001 Rodríguez N **Invasión de *Leishmania*. Impacto del calcio en la invasión de *Leishmania amazonensis* a macrófagos murinos J774.1**. Acta Biológica Colombia, Vol 6 No. 1, p57
33. 2001 Camacho M Forero ME, Morales P, Llano I, Domínguez D, Palacio LE (1) ***Leishmania amazonensis* infection of macrophages appears to alter outward current pattern** Journal of Biophysics, vol 79 No. 1, p 445a
34. 2000 Camargo ME **Determinación de la producción de óxido nítrico en macrófagos activados J774.1 como respuesta al tamaño de la carga fagocítica de partículas de látex y *Leishmania amazonensis***. Resumen, Acta Biológica Colombiana, vol 5 No. 1 p.
35. 2000 Corrales A, Camacho M, Forero ME, Llano I & Agnew A ***Leishmania amazonensis* entry and exit from macrophages** Biophysical Journal, vol 78 (1): p 179A

36. 2000 Camacho M, Forero ME, Marín M, Corrales A, Llano I, Agnew A & Moreno H ***Leishmania amazonensis* infection induces changes in potassium permeability of macrophage-like cells** Biophysical Journal, vol 78 (1) p: 347A
37. 2000 Forero, ME **Perturbaciones de la permeabilidad de la membrana plasmática de macrófagos murinos (línea J774) como consecuencia de la infección por *Leishmania amazonensis*** Revista Colombiana de Química
38. 2000 Forero ME, Morales P, Llano I, Camacho M **Macrophage membrane permeability alterations as a result of *Leishmania* infection** Laboratorio de Biofísica, Centro Internacional de Física, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia Arbeitsgruppe Zelluläre Neurobiologie, Max Plack Institut für Biophysikalische, Göttingen, Germany. XV International Congress of Tropical medicine and malaria, Cartagena, agosto, Abstract Th0S6-9
39. 2000 Camacho M, Forero ME, Cortázar T, Camargo ME, Agnew A **Macrophages have trouble distinguishing their phagocytic load by their nature.** Laboratorio de Biofísica, Centro Internacional de Física, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia School of Biology, University of Leeds, Leeds, UK, XV International Congress of Tropical medicine and malaria, Cartagena, agosto, Abstract Th0S6-7
40. 1999 Forero ME & Camacho M **La infección por *Leishmania amazonensis* induce cambios en el área, potencial de reposo y permeabilidad a potasio en una línea celular de macrófagos** Congreso Nacional de Física, Reunión de Biofísica, Bogotá, Colombia, Revista Congreso Nacional de Física, D1-1 p15
41. 1999 Corrales-H, A. & Camacho M. **Diferenciación y replicación intracelular de *Leishmania amazonensis* en macrófagos J774.1.** XXXIV Congreso Nacional de Ciencias Biológicas, Cali: 135
42. 1998 Bentley G, Jones A, Oliveros W, Camacho M, Agnew A **Structure and function of nictonic acetylcholine receptors on the surface of parasitic trematode: *Schistosoma*.** Reunión de primavera, Sociedad Británica de Parasitología
43. 1997 Camacho M, Forero ME **Homeostasis iónica en el modelo *Leishmania*-J774** International Congress, Investigación y Salud, Instituto Nacional de Salud, Bogotá, Colombia
44. 1997 Forero ME, Dieudonne D, Llano I. **Dos conductancias diferentes contribuyen a las corrientes aniónicas de protoplastos de *Coffea arabica*.** Laboratorio de Biofísica, Congreso Nacional de Física, Reunión de Biofísica, Medellín, Colombia, Revista Colombiana de Física

Tesis y trabajos de grado

Doctorado

- ▶ Rojas AP (En curso) **Impacto del volumen del fagosoma en la liberación de citoquinas por parte de macrófagos** Doctorado en Química, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ Lozano Y (En curso) **Estudio de un canal de cloruro de *Leishmania*** Doctorado en Farmacia, Departamento de Farmacia, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ Cortés GT (En curso) **Caracterización e identificación de las proteínas de *Plasmodium falciparum* Pf68Kd, Pf44/22Kd, Pf45Kd relacionadas con el retículo endoplasmático** Doctorado en Biotecnología, Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional de Colombia.

- ▶ 2010 Montoya GE **Factor de Necrosis Tumoral alfa (TNF- α) en el modelo *Leishmania-macrófago***. Doctorado en Química, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

Maestría

- ▶ Quintero N (En curso) **Estudio funcional de un canal de cloruro de *Leishmania* (LbrM32_V2.3670), caracterización electrofisiológica y molecular** Maestría en Biología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ García L (En curso) **Evaluación del proceso de salida del parásito *Plasmodium falciparum*** Maestría en Bioquímica, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ Parada O (En curso) **Estudio funcional de un canal de cloruro de *Leishmania* (LbrM33 V2.1260), caracterización electrofisiológica y molecular** Maestría en Bioquímica, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2010 Chacón N **Efecto de la fagocitosis, la infección por *Leishmania amazonensis* y *Leishmania braziliensis* sobre la distribución de filamentos de actina y microtúbulos en macrófagos murinos**. Maestría en Bioquímica, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2010 Quintana MP **Estudio del proceso de salida del parásito *Leishmania amazonensis* de su célula hospedera**. Maestría en Bioquímica, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2009 Clavijo LM **Evaluación del impacto de la infección de *Leishmania* (*leishmania*) *amazonensis* y *Leishmania* (*viannia*) *braziliensis* sobre la apoptosis en la línea celular de macrófagos J774.A1**. Maestría en Biología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2008 Pérez C **Estudio de corrientes iónicas de la membrana de la vacuola parasitofora que contiene al parásito *Leishmania amazonensis*** Maestría en Bioquímica, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2007 Niño A **Efecto de la fagocitosis, la infección por *Leishmania amazonensis* y *Leishmania braziliensis* sobre los niveles de RNA mensajero y proteína de la enzima óxido nítrico sintetasa inducible en macrófagos murinos**. Maestría en Bioquímica, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2007 Fajardo C **Estudios sobre el impacto de la infección por *Leishmania braziliensis* en las propiedades de membrana de macrófago murino** Maestría en Bioquímica, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2005 Cortázar T **Caracterización bioquímica e inhibición de la topoisomerasa II de ADN de *Leishmania* (*Viannia*) *panamensis* y de su homóloga en macrófagos humanos** Maestría en Bioquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2004 Lagos L **Caracterización de corrientes en ovocitos de *Xenopus laevis* luego de la inyección de mRNA de *Leishmania amazonensis*** Maestría en Bioquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2000 Chávez H **Permeabilidad de la membrana de *Leishmania*. Expresión heteróloga de RNA de *Leishmania amazonensis* en ovocitos de *Xenopus laevis***. Ciencias-Biología, Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de los Andes.
- ▶ 1999 Forero, ME **Perturbaciones en la membrana de macrófago secundarias a infección por *Leishmania amazonensis*** Maestría en Bioquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Directora: Marcela Camacho, Mención Meritoria.
- ▶ 1995 Montes M **Estudio de conductancias iónicas y determinación de la concentración de calcio en macrófagos murinos infectados por *Leishmania amazonensis*** Maestría en Microbiología, Programa interfacultades, Universidad Nacional de Colombia.

Pregrado

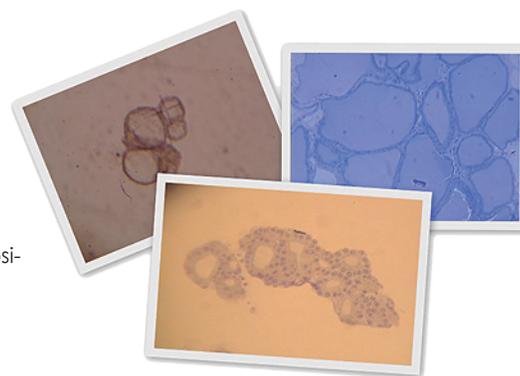
- ▶ 2010 Carreño M **Estudio de la expresión génica de dos canales de cloruro CIC en amastigotes de *Leishmania braziliensis*.** Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Director: Marcela Camacho, Co-director: Martha Lucía Posada
- ▶ 2010 Parada Parra OJ **Estudio molecular y bioinformático de un canal iónico en *Leishmania braziliensis*.** Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2010 Niño Riveros CH **Cuantificación de la expresión de canales de potasio Kir 2.1 en macrófagos infectados con *Leishmania*** Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Director: María Helena Ramírez, Co-director: Marcela Camacho
- ▶ 2010 Toledo Valencia DM **Detección selectiva de radical hidroxilo y superóxido generados por macrófagos activados, expuestos a carga fagocítica de partículas de látex e infectados por *Leishmania amazonensis* utilizando una prueba fluorescente** Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Universidad del Quindío.
- ▶ 2009 Quintero N **Identificación de un canal de cloruro de *Leishmania braziliensis*** Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2009 Dorado C **Estandarización de un protocolo para cuantificar la concentración de calcio libre intracelular de macrófagos murinos.** Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2008 Garzón-Coral C **Expresión heteróloga de RNAm ($\alpha+$) y microtransplantación de membranas de *Leishmania braziliensis* (Trypanosomatidae) en ovocitos de *Xenopus laevis*** Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2007 Carvajalino JM **Condiciones experimentales para la obtención de registros electrofisiológicos de ovocitos de anfibios con la técnica *Path clam*.** Departamento de Biología, Universidad del Magdalena.
- ▶ 2006 Corredor L **Estudios sobre la integridad del tráfico vesicular de macrófagos** Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2005 León S **Acercamiento al estudio de la interacción y salida de *Leishmania amazonensis* en un modelo in vitro con macrófagos murinos de la línea celular J774A.1** Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2005 Arroyo R **Expresión heteróloga de ARNm poli(A)+ de *Leishmania* (Trypanosomatidae) en ovocitos de anfibio (*Bufo*)** Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2005 Rodríguez I **Determinación de las propiedades eléctricas de membrana de macrófagos J774.1 con un fagosoma de volumen similar al ocasionado por *Leishmania amazonensis*** Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2005 Lozano Y **Impacto de la carga fagosomal (f3) sobre las propiedades eléctricas de membrana de macrófagos murinos de la línea celular J774.1** Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2004 Quimbaya M **Establecimiento de un protocolo de selección fenotípico para la aproximación a la identificación de genes de tolerancia al aluminio usando a *Arabidopsis thaliana* como modelo biológico de selección.** Co-director: Manabu Ishitani, CIAT. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia
- ▶ 2003 Niño A **Impacto del volumen del fagosoma en la producción de óxido nítrico por parte de macrófagos murinos activados.** Departamento de Farmacia, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Mención Meritoria.
- ▶ 2002 Díaz, JC **Liberación de amastigotes de *Leishmania amazonensis* de macrófagos murinos** Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2001 Rodríguez N **Impacto del calcio en la invasión de *Leishmania amazonensis* a macrófagos murinos J774.A1** Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2001 Álvarez C **Especificidad de cambios observados en infección: Impacto de la activación en las propiedades de membrana de macrófagos J774.1** Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes.

- ▶ 2001 Hernández J **Permeabilidad de membrana del compartimiento que contiene a *Leishmania mexicana amazonensis* en macrófagos J774.1** Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Mención Meritoria
- ▶ 2000 Camargo ME **Determinación de la producción de óxido nítrico en macrófagos activados J774.1 como respuesta al tamaño de la carga fagocítica de partículas de látex y *Leishmania amazonensis*** Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Mención Meritoria.
- ▶ 2000 Cortázar T **Estudios de permeabilidad del fagosoma que contiene al protozoario *Leishmania amazonensis***, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 1998 González J **Homeostasis de Calcio en el modelo *Leishmania amazonensis*- J774** Internado especial, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia.

2. CULTIVOS CELULARES Y TRIDIMENSIONALES CON Y SIN MATRIZ EXTRACELULAR

Coordinador: Clara Spinel, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias

Esta línea de investigación realiza la caracterización de los componentes celulares del nervio y sus interacciones en prótesis biológicas y trabaja para lograr una prótesis biológica para la regeneración de nervio periférico. Realiza además estudios funcionales en cultivos de tiroides, glándulas salivales y acino pancreáticos. El grupo ha logrado aislar la estructura funcional, cultivarla *in vitro*, comportándose funcionalmente como se comportaría *in vivo*, lo cual abre la posibilidad de hacer estudios funcionales y estudios farmacológicos.



Proyectos

1. González F, Spinel C. (En proceso) **Sistema distribuido de anotación automática y recuperación semántica de imágenes de histología.** Renata, Representación y clasificación de grandes colecciones de imágenes médicas; Colciencias 1101489225577-Centro internacional de Física, Convocatoria 489.
2. Spinel C, Terrier P (En proceso) **Efectos de medicamentos similares a las hormonas tiroides sobre el tejido tiroides *in vivo* e *in vitro*.** Programa Ecos-Nord (Francia. Colombia 2009), COLCIENICAS convocatoria 488 código C10S02
3. 2008 González F, Spinel C. **Sistema para la recuperación por contenido en un banco de imágenes médicas.** Colciencias-Centro internacional de Física, Ministerio de Educación Nacional y Universidad Nacional de Colombia.
4. 2008 Spinel C. **Análisis morfológico y funcional de la tiroides en nuestro modelo *in vitro* que es homologable al tejido *in vivo*.** Colciencias y Universidad Nacional de Colombia.
5. 2008 Spinel C. **Análisis morfológico y funcional del efecto del yoduro sobre folículos de cerdo y ratón.** Universidad Nacional de Colombia.

6. 2007 Spinel C. **Construcción de un cultivo tridimensional de células de nervio periférico como prótesis y su caracterización morfológica.** Banco de la República y Universidad Nacional de Colombia.
7. 2005 – 2007 Spinel C, Terrier P **Caractérisation moléculaire et tissulaire des transporteurs NIS et AIT de la thyroïde et sa dynamique dans la fonction de l'organisme.** ECOS-Nord Evaluation-Orientation de la Coopération Scientifique.
8. 2006 – 2008 Spinel C, Camacho M, Chica C. Centre of Cell Biology, Universidad Nacional de Colombia - Centro Internacional de Física. **Cooperación del Max Plank para la obtención de 28 equipos para biología celular y cultivo celular.**
9. 2006-2007 Spinel C **Caracterización tisular de los transportadores NIS y AIT de la tiroides en diferentes sistemas del organismo.** Universidad Nacional de Colombia.
10. 2006-2007 Ondo A, Spinel C **Determinación tisular de los transportadores de yoduro NIS y AIT de la tiroides expresados en los diferentes tejidos del organismo.** Universidad Nacional de Colombia. Apoyo a tesis de doctorado.
11. 2005-2006 Spinel C. **Estudio *in vitro* de la función y morfología de folículos tiroideos.** Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.
12. 2005-2006 Spinel C **Construcción *in vitro* de una prótesis para la regeneración del nervio ciático.** Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología, Banco de la República.
13. 2004-2005 Spinel C **Construcción *in vitro* y caracterización morfológica de una prótesis de geles tridimensionales recubiertos con una envoltura perineural.** Universidad Nacional de Colombia.

Publicaciones

Libros

1. 2004 Notas de Clase, prácticas de Laboratorio: Biología celular. Editores Teresa González, Clara Spinel, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
2. 2002 Spinel C. **Biología molecular de la célula eucariótica animal.** Biogénesis Fondo Editorial, Medellín, 1-420. Re-impresiones: 3 de 1'000.000 ejemplares cada una.

Capítulos de libro

1. 2003 Spinel C **Seguimiento del ciclo estral** En: Notas de Clase. Fisiología Animal. Editores: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, 58-68.
2. 2006 Spinel C, Geydan T, & Yioldiz I. **Síntesis, modificación y control de la calidad de las proteínas. Papel esencial del retículo endoplasmático y el complejo de Golgi.** En: Biología de la Célula, Editores: Pablo Javier Patiño; Juan G McEwen; Jorge Ossa. Biogénesis Fondo Editorial, Medellín, 193 – 206.

Artículos en revistas científicas

1. 2010 Ondo-Mendez A, Flachon V, Lindenthal S, Graslin F, Franken Ph, Guglielmi P, Abdel-Dayem M, Gérard M, Vejux A, Marsault R, Darcourt J, Spinel C, Pourcher T. **SLC5A8's sensor activity mediates anti-proliferative effect and thyroid regulation as confirmed in mice.** Journal of Clinical Investigation, reference: 49433, En prensa.
2. 2010 OCHOA C, PERDOMO S, MORENO CM, VIVAS O, LEAL L, SPINEL C. **Cultivos de células de nervio ciático y de ganglio de la raíz dorsal de ratón adulto.** Acta biol Colomb, 2010;15(1):65-88.
3. 2010 González F, Caicedo JC, Cruz A, Camargo J, Spinel C. **A system for accessing a collection of biomedical images using content-based strategies.** Acta biol Colomb.,. En prensa.
4. 2009 Victoria M, Herrera M, Cuervo L, Spinel C. **Ultrastructural study of acini of submandibular gland of mouse in culture.** Acta microscopica ISSN 0798 – 4545, en prensa.
5. 2009 Herrera M, Rivera J, Curtidor H, Ondo A, Spinel C. **Cultivo tridimensional sin matriz extracelular de glándula tiroides.** No. 21: 72-85, 2009. ISSN 0120-4173
6. 2009 González F, Caicedo J, Cruz A, Camargo J, Romero E, Spinel C, Seligmann D, Forero J. **A Web-Based System for Biomedical Image Storage, Annotation, Content-Based Retrieval and Exploration.** Microsoft eScience Workshop 2009. October 15-17th. Pittsburgh. PA.3
7. 2008 Herrera M, Ondo A, Spinel C. **Estudio morfológico del cultivo a largo plazo de folículos aislados y cerrados de firoides de cerdo.** Acta biol Colomb 2008;13(1): 49-60.
8. 2008 Cruz A, Spinel C, Seligmann D, Romero E, González F, Diaz G, Forero J, Caicedo JC, Revelo N. **Sistema para la recuperación por contenido en un banco de imágenes médicas.**
9. 2007 Herrera M, Ondo A, Spinel C. **Culture of follicles isolated and closed in the long term of thyroid pig and its morphologic study.** Acta microscópica, Vol 16(1-2), Supp 2: 315-316
10. 2007 Victoria M, Spinel C. **Isolation and culture of acini of submandibular gland of mouse.** Acta microscópica, Vol 16(1-2), Supp 2: 342-343
11. 2005 Delgado G, Parra-López C, Spinel C, Patarroyo ME (2005). **Phenotypical and functional characterization of non-human primate Aotus spp. dendritic cells and their use as a tool for characterizing immune response to protein antigens.** Vaccine, 23. 3386–3395
12. 2004 Leal L, Perdomo S, Spinel C. **Aislamiento y cultivo de fibroblastos endoneurales.** Acta Biológica Colombiana 9(2):57-65.
13. 2003 Delgado G., CA. Parra-López, LE. Vargas, R. Hoya, M. Estupiñán, F. Guzmán, A. Torres, C. Alonso, ID. Vélez, C. Spinel & ME. Patarroyo. **Characterizing cellular immune response to kinetoplastid membrane protein-11 (KMP-11) during Leishmania (Viannia) panamensis infection using dendritic cells (DCs) as antigen presenting cells (APCs).** Parasite Immunology, 25:199–209.
14. 2002 Calderón. Martínez D, Garavito Z, Spinel C, Hurtado H. **Schwann cell-enriched cultures from adult human peripheral nerve: a technique combining short enzymatic dissociation and treatment with cytosine arabinoside (Ara - C).** Journal of Neuroscience Methods, 114: 1-8

Resúmenes en revistas indexadas

1. 2008 Peyrottes I Navarro V, Marcellin D, Bellanger L, Attore F, Ondo A, Lindenthal S, Spinel C, Pourcher. **Immunanalysis indicates that the sodium iodide symporter is not overexpressed in intracellular compartments in thyroid and breast cancers.** Horm Internal J Endocrinol Metab. 7(Suppl 1); 12.
2. 2007 Victoria DM, Herrera M, Ondo A, Spinel CM. **Morphological analyses of close follicles in the long term of thyroid pig.** Regular Abstracts The American Society for Cell Biology's 47th Annual Meeting, Washington, 320.
3. 2007. Victoria DM, Cuervo L, Spinel CM. **Morphological analysis of acini closed in the long term of submandibular gland mouse.** Regular Abstracts. The American Society for Cell Biology 47th Annual Meeting, Washington, 320.
4. 2007 Quintana M del P, Pinzón A, Spinel C. **Papel de los macrófagos en la patogénesis de la arteriosclerosis.** Acta biol Colom, 12(Suppl 1); 115-116.
5. 2007 Bernal E, Leal L, Rojas D, Revelo N, Spinel CM. **Primary cultures of the Schwann cells are not homologue between the dorsal root ganglia and the sciatic nerve.** Regular Abstracts the American Society for Cell Biology 47th Annual Meeting, Washington, 323.
6. 2007 Bernal E, Leal L, Perdomo S, Spinel C M. **Three-Dimensional culture similar to a neuronal prosthesis.** Regular Abstracts the American Society for Cell Biology 47th Annual Meeting, Washington, 324.
7. 2006 Vivas O, Spinel C. **Cultivo en monocapa de células perineurales de nervio ciático de ratón.** Acta biol Colom. 11(1):150-151
8. 2006 Moreno Moreno C, Spinel C. **Cultivo purificado de células de Schwann provenientes de ganglios de la raíz dorsal de ratón adulto.** Acta biol Colom, 2006; 11(1): 148.
9. 2006 Geydan T, Spinel C. **La onda de calcio en células vegetales. Señalización celular.** Acta biol Colom. 11(2):114.
10. 2006 Bernal E, Spinel C. **Estudio inmunohistoquímico de dos co-transportadores de la familia SLC5 em el sistema digestivo.** Acta biol Colom. 11(2):102.
11. 2006 Bernal E, Moreno CM, Vivas O, Spinel C. **Purified Schwann and Perineurial Primary Cell Cultures.** 48th Annual Meeting The American Society for Cell Biology, San Diego-California, USA.
12. 2005 Patrón S, Spinel C. **Rutas de señalización celular involucradas en la plasticidad post-sináptica inducida por la activación de los canales de glutamato tipo NMDA en el hipocampo.** Acta biol Colom. 10(1):96-98
13. 2005 Leal L, Moreno CM, Vivas O, Perdomo S, Caldas ML, Spinel C. **Cultivo tridimensional como prótesis neurales.** IATREIA Suppl. 18(4): S42.
14. 2005 Cabezas R, Spinel C. **Estudio morfológico de los tirocitos de ratón en cultivos bidimensionales y tridimensionales.** Acta biol Colom 10(1): 96.
15. 2004 Bermúdez O, Bravo MM, Spinel C. **Estudio del perfil de anticuerpos contra Helicobacter pylori producidos por pacientes con diferentes patologías.** Acta biol Colom 9(2): 108-109.

16. 2004 Barba O, Moreno P, Spinel C. **Desarrollo de técnicas para determinar mutaciones del gen K-ras de pacientes con cáncer de pulmón.** Acta biol Colomb, 9(2): 115 – 116.

17. 2002 Leal L, Caldas ML, Spinel C, **Distribución espacial de fibroblastos endoneurales en cultivo tridimensional en geles de colágeno tipo I.** Acta biol Colomb, 7(2): 61-2.

Notas de actualización

1. 2010 Garzón-Coral C, Geydan T, Fajardo C, Spinel C **Dinámica del complejo del poro nuclear.** Nota de Actualización. Acta Biológica Colombiana. Acta biol Colomb, 2010;15(1):245-252.

2. 2007 Geydan Td; Spinel C. **La onda de calcio en células vegetales.** Acta Biológica Colombiana. 12(S-1):115 – 119.

3. 2004 Perdomo S, Spinel C. **La célula de Schwann.** Acta Biológica Colombiana 9(2):25-34

Otras publicaciones

1. 2009 La red CLARA (Red de Internet Avanzada de América Latina que reúne 17 países) ha seleccionado 4 proyectos importantes de Colombia para publicar como proyectos emblemáticos, entre ellos **Sistema para la Recuperación por Contenido en un Banco de Imágenes Médicas,**

Congresos

Afiches

2008 Ochoa Cabezas D, Revelo Nuncira N, Spinel C. Cultivo tridimensional en matrices de colágeno de células de Schwann y fibroblastos endoneurales de nervio ciático de ratón. XLIII Congreso Nacional de Ciencias Biológicas, del 7 al 10 de Octubre, Yopal Casanare, Fundación Universitaria Internacional del Trópico Americano – UNITROPICO.

Conferencias

1. 2008 Herrera M, Rivera J, Curtidor H, Ondo A, Spinel C. **Cultivo tridimensional sin matriz extracelular de glándula tiroides.** XLIII Congreso Nacional de Ciencias Biológicas, del 7 al 10 de Octubre, Yopal Casanare, Fundación Universitaria Internacional del Trópico Americano – UNITROPICO. Trabajo de Investigación.

2. 2007 Victoria DM, Herrera M, Ondo A, Spinel CM. **Morphological analyses of close follicles in the long term of thyroid pig.** Regular Abstracts The American Society for Cell Biology's 47th Annual Meeting, Washington, 320,

3. 2007 Victoria DM, Cuervo L, Spinel CM. **Morphological analysis of acini closed in the long term of submandibular gland mouse.** Regular Abstracts. The American Society for Cell Biology 47th Annual Meeting, Washington, 320,

4. 2007 Bernal E, Leal L, Rojas D, Revelo N, Spinel CM. **Primary cultures of the Schwann cells are not homologous between the dorsal root ganglia and the sciatic nerve.** Regular Abstracts the American Society for Cell Biology 47th Annual Meeting, Washington, 323.
5. 2007 Bernal E, Leal L, Perdomo S, Spinel CM. **Three-Dimensional culture similar to a neuronal prosthesis.** Regular Abstracts the American Society for Cell Biology 47th Annual Meeting, Washington, 324.
6. 2007 Delgado G, Parra-López C, Spinel C, Patarroyo ME **Células Dendríticas (CDs) como adyuvantes naturales en la evaluación de la inmunogenicidad de vacunas basadas en péptidos (Vacunas sintéticas).** Artículo en las Memorias II Encuentro de la Investigación en Postgrados, ENIP, ID: 29



7. 2006 Bernal E, Moreno CM, Vivas O, Spinel C **Purified Schwann and Perineurial Primary Cell Cultures.** 48th Annual Meeting The American Society for Cell Biology, San Diego-California, USA.
8. 2005 Cabezas R, Ondo A, Arias J, Spinel C **Isolation and culture of closed thyroid follicles in mouse, pig and man.** XIII Congreso Internacional de Tiroides. Buenos Aires, Argentina, 31 Octubre – 4 Noviembre.
9. 2004 Spinel C **Presentación de la línea de investigación de cultivos.** En el Seminario de Investigación. Doctorado en Salud Pública. Universidad Nacional de Colombia, Abril
10. 2004 Moreno C, Spinel C **Cultivo de células capsulares.** IV Seminario Internacional de neurociencias y III Simposio Colombiano de Neurociencias, Bucaramanga, Colombia. 29, Octubre.
11. 2004 Vivas O, Spinel C **Manejo del nervio ciático del ratón para obtener células perineurales.** IV Seminario Internacional de neurociencias y III Simposio Colombiano de Neurociencias, Bucaramanga, Colombia. 29, Octubre.
12. 2004 Leal L, Spinel C **Nuevos modelos de cultivo de células de origen nervioso.** 4 Seminario Internacional de Neurociencias. III Encuentro Nacional Neurociencias. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 28 – 30 Octubre.

Tesis y trabajos de grado

Doctorado

- ▶ Zapata C (En curso) **Estudio morfológico y funcional de acinos serosos de páncreas de ratón.** Ciencias Biológicas. Pontificia Universidad Javeriana.
- ▶ 2010 Ondo A **Caracterización molecular y tisular de los transportadores NIS y AIT de la tiroidea y su dinámica en la función del organismo.** Doctorado en Ciencias – Química. Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Doctorado en Ciencias de la Vida y de la Salud. Facultad de Medicina, Universidad de Nice Sophia Antipolis, Francia. Directores en Colombia Clara SPINEL y en Francia Thierry POURCHER. En Francia: Recibió felicitaciones de los jurados respectivos. En Colombia: Mención Meritoria.
- ▶ 2010 Ondo A **Cultivo de folículos tiroideos de ratón y la expresión de los transportadores NIT y AIT.** Doctorado en Química, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Cuarto año.
- ▶ 2005 Delgado D **Células dendríticas (CDs) como adyuvantes naturales en la evaluación de la inmunogenicidad de vacunas basadas en péptidos (vacunas sintéticas).** Tesis de Doctorado, Departamento de Farmacia, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Mención Laureada.

Maestría

- ▶ Rivera JE (En curso) **Análisis de la función de folículos de tiroidea de cerdo cultivados a largo plazo.** Maestría en Bioquímica, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia. Inicio I semestre 2009.
- ▶ Victoria M (En curso) **Análisis morfo-funcional de acini de glándula parótida de ratón en cultivos tridimensionales y en presencia de yoduro.** Maestría de Bioquímica. Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ Herrera M (En curso) **Determinación morfológica para predecir el estado funcional de folículos de tiroidea de cerdo en cultivo tridimensional.** Maestría en Bioingeniería, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ Ochoa DC (En curso) **Estudio del colágeno para el desarrollo de cultivos celulares en monocapa y tridimensionales.** Maestría en Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2010 Bernal E **El transporte del yodo hacia el lumen del folículo tiroideo: efecto de la amiodarona.** Maestría de Bioquímica, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2007 Leal LY. **Efecto de los fibroblastos endoneurales en el crecimiento in vitro de neuritas de neuronas de ganglios de la raíz dorsal de ratón.** Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.. (1.1 L435d 2007).

Pregrado

- ▶ 2010 Guerrero C. **Estandarizar la separación celular por Splitt para purificar células de Schwann y corroborarlo por medio del contador Coulter.** Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2010 González A. y Ortiz M **Efecto de diferentes concentraciones de yoduro en folículos de tiroidea aislados y cerrados en cultivo tridimensional de cerdo (*Sus domesticus*) y rata (*Rattus norvegicus*).** Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada.
- ▶ 2009 Ochoa C **Estudio del colágeno para el desarrollo de cultivos celulares en monocapa y tridimensionales.** Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
- ▶ 2008 Rivera J **Efecto de diferentes concentraciones de yoduro en folículos de tiroidea aislados y cerrados en cultivo tridimensional de cerdo (*Sus domesticus*) y rata (*Rattus norvegicus*).** Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
- ▶ 2008 Herrera M **Caracterización morfológica de folículos tiroideos en cultivo.** Departamento de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada.

- ▶ 2008 Rojas DP **Estudio de la distribución de células de Schwann en cultivos tridimensionales y tipificación por citofluometría.** *Biología, Departamento de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada.*
- ▶ 2008 Revelo N **Caracterización inmunocitoquímica y tipificación por citofluometría de células en monocapa de origen de nervios periféricos.** *Biología, Departamento de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada.*
- ▶ 2008 Cuervo L **Estudio inmunocitoquímico de transportadores en las membranas de acinus de glándulas salivales en cultivo a largo plazo.** *Biología, Departamento de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada.*
- ▶ 2006 Victoria M **Aislamiento y cultivo de acinus mucosos y serosos de la glándula sub-mandibular de ratón.** *Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.*
- ▶ 2006 Bernal E **Estudio inmunocitoquímico de dos co-transportadores de la familia SLC5 el sistema digestivo de ratón.** *Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.*
- ▶ 2005 Vivas O **Cultivo en monocapa de células perineurales de nervio ciático de ratón.** *Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.*
- ▶ 2005 Moreno C **Cultivo en monocapa de células de Schwann y neuronas provenientes de ganglios de la raíz dorsal de ratón.** *Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.*
- ▶ 2005 Cabezas R **Estudio morfológico de los firocitos de ratón en cultivos bidimensionales y tridimensionales.** *Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.*

Jóvenes investigadores

- ▶ 2010 Rivera J **Estudio funcional del cultivo de folículos de tiroides humana que reproducen la función *in vivo*.**
- ▶ 2008 Victoria M **Análisis morfo-funcional de acini de la glándula parótida de ratón en cultivo tridimensionales y en presencia de yoduro.**
- ▶ 2008 Revelo N y Rengifo AC **Estudio inmunohistoquímico de la enzima tiroperoxidasa en tiroides y cultivo de folículos tiroideos.**
- ▶ 2007 Merchán X **Análisis funcional de los folículos de cerdo cultivados a largo plazo y caracterización de la tiroglobulina.**
- ▶ 2006 Bernal E **Detección de AIT y NIS en diferentes tejidos.**
- ▶ 2006 Vivas O **Cultivos células perineurales.**
- ▶ 2006 Moreno C **Cultivos células de Schawn.**

3. NEUROCIENCIAS Y BIOFÍSICA

Coordinador: Mauricio Hoyos, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, CNRS, Laboratorio de Física y Medios Heterogéneos (PMMH) UMR 7636 de CNRS, Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles de la ville de Paris (ESPCI).

Gracias a esta línea es posible determinar los parámetros para separación de macrófagos y reticulocitos mediante SPLITT (*Split Flow Lateral Transport Thin Cell Fractionation*), un sistema que permite generar prototipos y separar poblaciones de células sin necesidad de marcaje y con mayor resolución que otros métodos. Se realiza mediante flujos a diferentes velocidades y en medio acuoso fisiológico.

Proyectos

1. 2008 Spinel C, Hoyos M, Marín M, Domínguez D, Forero ME, Cortés G, Camacho M. **Prototipos para generar sistemas de separación celular en corto tiempo, con bajo costo y alta eficiencia.** Colciencias.
2. 2005-2006 Camacho M, Hoyos M **Séparation hydrodynamique des macrophages de la lignée J774.A1 infectés des non infectés par la *Leishmania amazonensis*.** ECOS-Nord Evaluation-Orientation de la Coopération Scientifique.
3. 2005-2006 Hoyos M **Proyecto piloto para la separación hidrodinámica de macrófagos de la línea J774.A1 infectados de no infectados por *Leishmania amazonensis*,** Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología, Banco de la República.
4. 1987 Programa de Biofísica **Conductancias iónicas en Neuronas Neocorticales.** Colciencias

Publicaciones

Artículos en revistas científicas

1. 2009 Hoyos M, Niño A, Camargo M, Día JC, León S, Camacho M **Separation of *Leishmania* infected macrophages by step-SPLITT fractionation.** Journal of Chromatography B Analyt Technol Biomed Life Sci. 877(29):3712-8
2. 2008 Aponte C, Muñoz JD, Fayad R, Camacho M. (2008) **Estudio por Dinámica Browniana del Efecto de los Medio Dieléctricos en la Conductancia del Canal Gramicidina A.** Revista Colombiana de Física. 40(2):466-468.
3. 2005 Franck N, Posada A, Pichon S, Haggard P **Altered Subjective Time of Events in Schizophrenia.** J Nerv Ment Dis. 193(5):350-353.
4. 2005 Posada A, Zalla T, Vianin P, Georgieff N, Franck N **Event-related potentials during rule processing in schizophrenia.** Psychiatry Res. 2005 Mar 30;134(1):55-66.
5. 2004 Giraldo J, De María L, Wodak SJ **Shift in nucleotide conformational equilibrium contributes to increased rate of catalysis of GpAp versus GpA in barnase.** Proteins. 56(2):261-76.
6. 2003 Hoyos M **Separación hidrodinámica de macromoléculas, partículas y células.** Acta Biológica Colombiana. 8(1):24
7. 2003 Zonta M, Angulo MC, Gobbo S, Rosengarten B, Hossmann KA, Pozzan T, Carmignoto G **Neuron-to-astrocyte signaling is central to the dynamic control of brain microcirculation** Nat Neurosci. 2003 Jan;6(1):43-50.
8. 2003 Mendez R, Leplae R, De María L, Wodak SJ. **Assessment of blind predictions of protein-protein interactions: current status of docking methods.** Proteins.;52(1):51-67.
9. 2003 Ballesteros L, Pérez I, Galindo T, Ortiz J, Vera V, Corredor S, Correa D, Matallana L, Jiménez J, Caro A, Avendaño K, León S, Rodríguez M, Arroyo R, Figueroa Y, Corredor D, Espinosa P, Medina G y Camacho M. **Diferencias de género en percepción visual de rango de color y profundidad.** Acta Biológica Colombiana, 8(2):5-11

10. 2003 Hoyos M **Separación hidrodinámica de macromoéculas, partículas y células.** Acta Biológica Colombiana, 8(1): 11-24

11. 2003 Kerschensteiner D., Monje F., Stocker M. **Structural determinants of the regulation of the voltage-gated potassium channel Kv2.1 by the modulatory alpha-subunit Kv9.3.** J Biol Chem 278(20):18154-18161.

12. 2003 Rodrigues AR, Arantes EC, Monje F, Stuhmer W, Varanda WA **Tityustoxin-K(alpha) blockade of the voltage-gated potassium channel Kv1.3.** Br J Pharmacol. 139(6):1180-1186.

13. 2003 Posada A, Vianin P, Giard MH, Franck N. **Stimulus and response ERP analyses of a two level reaction time task.** Experimental Brain Research: 156: 79-86

14. 2002 Posada A, Nicolas F **Use and Automation of a rule in schizophrenia.** Psychiatry Research, 109: 289-296

15. 2000 Van Belle D, De Maria L, Iurcu G, Wodak SJ. **Pathways of ligand clearance in acetylcholinesterase by multiple copy sampling.** J Mol Biol. 298(4):705-26.

Notas de actualización en revistas indexadas

1. 2004 Cabezas R **Inserción en membranas: algunas características del proceso.** Acta Biológica Colombiana, 9(1):87-91

2. 2002 Betancourt A, Maldonado A, Maldonado RA, Camargo A, Guzmán A, Annicchiarico I, Arroyave J, Malagón N, Pardo L, Pérez H, Ruíz A, Eljach L y Camacho M **Efecto de la inversión de la imagen en el reconocimiento de rostros.** Acta Biológica Colombiana, 7(2):53-57

3. 1998 Angulo MC, Parra P, Dieudonne S. **Chick cerebellar Purkinje cells express omega-conotoxin GVIA-sensitive rather than funnel-web spider toxin-sensitive calcium channels.** Neuroscience. 83(1):1-6.

Artículos de divulgación

- ▶ 2002 Angulo MC *Los astrocitos, Innovación y ciencia, 10: 16-18*
- ▶ 1999 Posada A. *La muerte neuronal Innovación y Ciencia, 8 (1): 52-14*

Congresos

Memorias

- ▶ 2007 Perez C, Hoyos M, Camacho M. **Aislamiento de la vacuola parasitófora que contiene al parásito Leishmania amazonensis mediante la técnica SPLITT.** Biomédica. 27(S2):144-145.

Conferencias

1. 2007 Hoyos M, Kurowski P, Martin M, Callens N, Camargo M, Niño A, Camacho M **Séparation en continu de particules et espèces biologiques micrométriques par la technique de Step-SPLITT Fractionation**. Congreso francés de hidrodinámica.
2. 2006 Camacho M, Cristancho E **La enseñanza de la Fisiología animal nos ha permitido aprender sobre las diferencias de género**. Jornada de experiencias exitosas en Innovación pedagógica. Marzo 3. Universidad Nacional de Colombia, Auditorio Alfonso López, Bogotá.
3. 2005 Niño A, Camargo M, Camacho M, Hoyos M **Separación hidrodinámica de macrófagos mediante la técnica splitt**, XXI Congreso Nacional de Física, octubre, Barranquilla, Colombia.
4. 2004 Camacho M, Betancourt A, Maldonado A, Maldonado RA, Camargo A, Guzmán G, Annicchiarico I, Arroyave J, Malagón N, Pardo L, Pérez H, Ruíz A, Eljach L, Ballesteros L, Pérez I, Galindo T, Ortiz J, Vera V, Corredor S, Correa D, Matallana L, Jiménez J, Caro A, Avendaño K, León S, Rodríguez M, Arroyo R, Figueroa Y, Corredor D, Espinosa P, Medina G **Percepción sensorial, una excusa para enseñar fisiología y aprender sobre las diferencias de género**. Primer Congreso Nacional de Fisiología Milenio 3. Una mirada a la educación e investigación de la fisiología en Colombia Bogotá D.C., Noviembre 4, 5 y 6.
5. 2004 Rengifo A, Spinel C. **Receptores GABA (ácido α -aminobutírico) y su importancia en el alcoholismo**. XXXIX Congreso Nacional de Ciencias Biológicas. Ibagué, Septiembre.
6. 2003 Torres Y, Camacho M & Latorre R. **Efecto de los xenoestrógenos icl 182780 y dietilestilbestrol sobre la actividad del canal de potasio dependiente de voltaje y de calcio, bk** XX Congreso Nacional de Física. Armenia sep 1-5.
7. 2002 Vargas R, Camacho M **Evaluation of *bufo marinus* oocytes as model for electrophysiological studies**. Centro Internacional de Física, Edificio "Manuel Ancizar", Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 57, Colombia. XIV International Biophysics Congress, Buenos Aires, Argentina, April 27 - May 1st
8. 1996 Amarillo Y, Nakamura, TY, Oliveros W, Coetzee W, Ruddy, B. Moreno H. **Intrinsic *Xenopus* oocytes inward rectifiers are modulated by changes in redox potential**. Centro Internacional de Física, Universidad Nacional, Bogotá Colombia; Pediatric Cardiology and Physiology New York University Medical Center. Biophysical Society Meeting. Pos 239

Tesis y trabajos de grado

Doctorado

- ▶ Urbina A (En curso) **Efecto de la utilización de tres métodos de separación sobre la función de macrófagos y reticulocitos** Doctorado en Biotecnología, Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional de Colombia.

Maestría

- ▶ Vargas A (En curso) **Modelo hidrodinámico de la separación de células de Schwann en canales finos Step-Splitt** Maestría en Biofísica, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ Navarrete IC (En curso) **Modelo hidrodinámico de la separación de glóbulos rojos en canales finos Step-Splitt** Maestría en

Biofísica, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

- ▶ 2003 Torres Y **Determinación del efecto de los xenoestrógenos ICI 180 y ICI 164 sobre la actividad del canal de potasio dependiente de voltaje y calcio.** Tesis de Maestría en Bioquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2001 Vargas R **Evaluación de ovocitos de Bufo marinus como modelo para estudios electrofisiológicos** Maestría en Fisiología, Departamento de Ciencias Fisiológicas, Facultad de Medicina, Directora: Marcela Camacho, Mención Meritoria.

Pregrado

- ▶ 2005 Patrón S **Rutas de señalización celular involucradas en la plasticidad post-sináptica producida por la activación de los canales de glutamato tipo NMDA en el hipocampo** Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Mención Meritoria.
- ▶ 2004 Rengifo AC, Tapiero IC **Monografía sobre receptores GABA (ácido α -aminobutírico) y su rol en la dependencia del alcohol.** Departamento de Química y Biología, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Mención Meritoria.
- ▶ 1995 Parra P, Angulo MC **Estudio de conductancias iónicas dependientes de voltaje en células de Purkinje disociadas de cerebello de pollo.** Tesis de pregrado, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Mención Laureada.

4. ANÁLISIS TEÓRICO DE CORRIENTES IÓNICAS

Coordinadores: Darío Domínguez, Facultad de Ingenierías, Universidad Militar Nueva Granada y Mariela Marín, Laboratorio de Biofísica, Centro Internacional de Física.

Esta línea de investigación constituye una forma diferente –y controversial– de aproximarse a la investigación en canales iónicos y entender su función. Como los análisis fractales se asocian con procesos de memoria, los investigadores han encontrado que los registros de macrófagos tienen memoria, es decir importa cómo fue el potencial de esa membrana, el tipo de moléculas presentes alrededor, cómo ha sido el 'comportamiento' previo del canal.

Mediante esta línea se realiza el análisis teórico de corrientes iónicas en infección temprana y luego de fagocitosis.

Proyectos

1. 2008 Domínguez D, Marín M, Forero ME, Camacho M Análisis Teórico de Registros Electrofisiológicos con Modelamiento Clásico y Fraccional Grupo FRACUMNG, Universidad Militar Nueva Granada.
2. 1999 Domínguez D, Palacio LE, Camacho M Análisis Fractal de la línea de base de macrófagos control y macrófagos infectados con Leishmania amazonensis. Universidad Militar Nueva Granada.

Publicaciones

Artículos en revistas científicas

1. 2009 Domínguez D, Marín M, Camacho M **Macrophage ion currents are fit by a fractional model and therefore are a time series with memory**. European Journal of Biophysics 38:457-464.
2. 2000 Domínguez D, Palacio LE & Camacho M **El análisis fractal: Una nueva herramienta para la investigación en ingeniería y otras disciplinas (Biología)**. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, Universidad Militar Nueva Granada, No. 9, p 9-12

Congresos

Conferencias

1. 2008 Domínguez D, Marín M, Camacho M **Comportamiento visco-elástico fraccional de las corrientes iónicas en macrófagos**. Congreso Universidad Militar Nueva Granada.
2. 2005 Quintana LE, Forero ME, Torres Y, Camacho M **Análisis de corrientes iónicas en macrófagos infectados con *Leishmania amazonensis***, XXI Congreso Nacional de Física, octubre, Barranquilla, Colombia.
3. 2000 Domínguez D, Palacio LE, Forero ME, Camacho M **Uso del análisis fractal para comparar propiedades eléctricas en macrófagos murinos**. IV Congreso Iberoamericano de Biofísica, Alicante, España

Afiches

2005 Domínguez D, Palacio LE, Marín M, Camacho M Macrophage outward currents activation can be deduced from the series time known as white noise using fractal analysis. 49th annual meeting, Biophysical Society, Presentation number 1250-P; Poster board number: B237

Memorias

1. 2003 Palacio LE, Domínguez D, Forero ME, Marín M & Camacho M, **Hurst coefficient of macrophage ion currents fit by a fraccional model**. Biophysical Journal. 84(2):482
2. 2002 Domínguez D, Palacio LE, Marín M, Camacho M **Fractal analysis of macrophage whole cell recordings provides more information than classical markovian analysis**. Biophysical Journal, Vol 82 No. 1 p 250a
3. 1999 Marín M, Forero ME, Moreno H, Fayad R, Camacho M **La infección por *L. amazonensis* induce un aumento en el número de canales rectificadores de entrada de potasio en la célula hospedera**. Memorias Congreso Nacional de Física, Reunión de Biofísica, Bogotá, Colombia, Revista Congreso Nacional de Física, E1-1 p 18

Tesis y trabajos de grado

Maestría

- ▶ 2010 Villota Y **Corrientes iónicas en macrófagos, ¿procesos con memoria?** Maestría en Ciencias – Física, Universidad de Los Andes.
- ▶ 1999 Marín M **Efecto de Leishmania amazonensis sobre los canales iónicos de entrada de potasio. Análisis matemático de conductancias.** Maestría en Biofísica, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

Pregrado

- ▶ 2007 Villota Y **Análisis clásico de corrientes iónicas de macrófagos infectados con Leishmania braziliensis**, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2005 Quintana LE **Análisis de corrientes iónicas en macrófagos infectados con Leishmania amazonensis** Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2002 Camargo M **Análisis de corrientes de potasio inducidas por calcio en el sistema macrófago murino de la línea celular J774.1- Leishmania amazonensis** Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2001 Morales, P **Análisis de la cinética de las corrientes de salida de a membrana plasmática de macrófagos murinos de la línea celular J774a.1 infectados por Leishmania amazonensis** Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

5. MICROBIOLOGÍA Y MACROMOLÉCULAS

Coordinadora: Martha Lucía Posada, Universidad del Rosario

Esta línea de investigación trabaja en bioprospección con microorganismos autóctonos buscando macromoléculas que pueden tener un potencial uso en la biotecnología.

Proyectos

1. 2009 Bioprospección orientada a la conservación y restauración del Patrimonio Documental del Archivo de Bogotá.

Tesis y trabajos de grado

Maestría

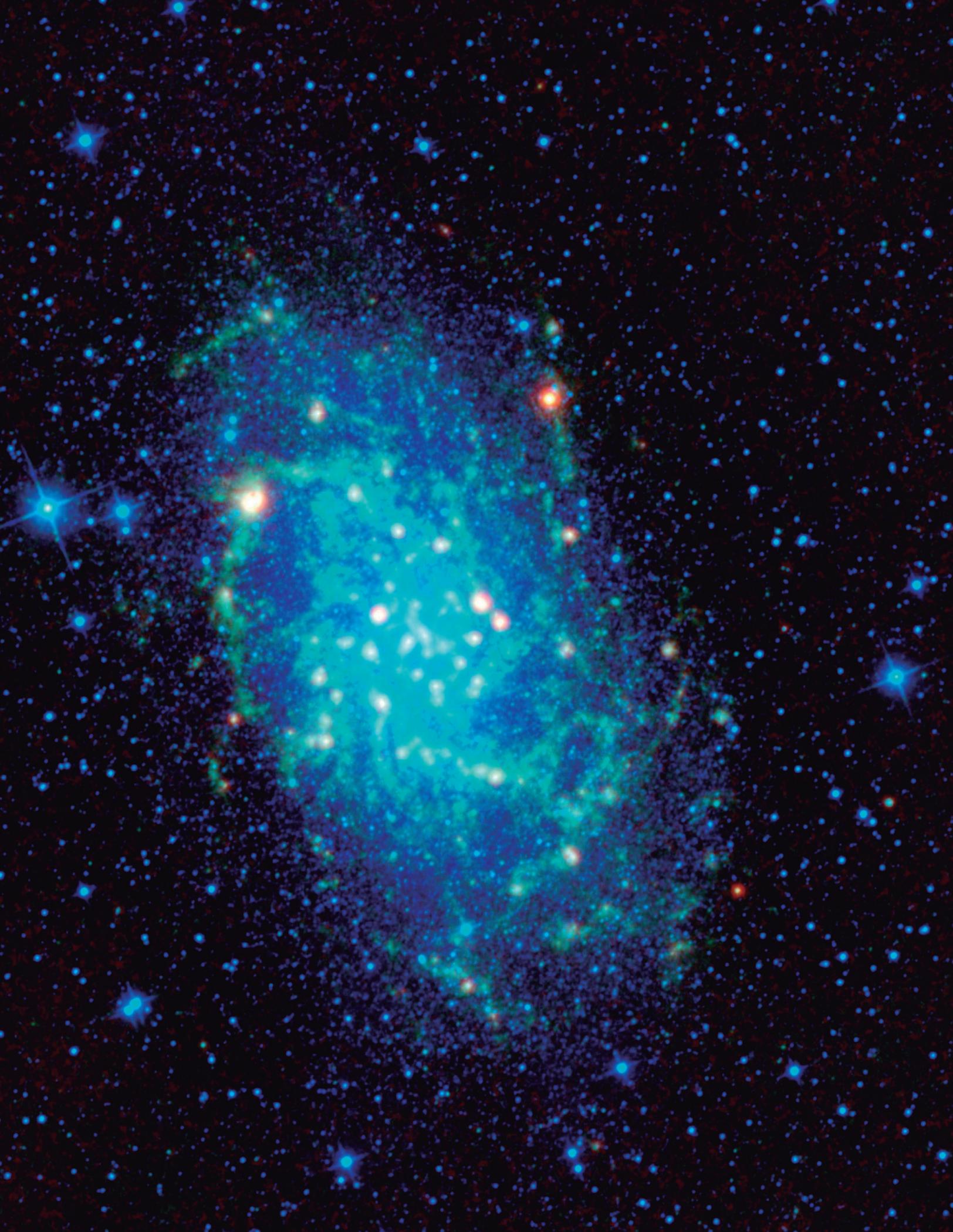
- ▶ Cruz C (En proceso) Maestría de biotecnología, Universidad Nacional.

Investigadores formados

María Marcela Camacho Navarro,
 Clara Matilde Spinel Gómez, Claudia
 Patricia Alvarez Barón, María Cecilia
 Angulo Jaramillo, Héctor Aníbal Campos
 Mosos, Carlos Arturo Clavijo Ramírez,
 Alexandra Victoria Corrales Higuera,
 Leonardo De María Mollat, Darío Domín-
 guez Cajeli, María Clara Echeverry
 Gaitán, Leonardo Fierro Pérez, María
 Elisa Forero Vivas, Mauricio Hoyos Hoyos,
 María Isabel Llano Restrepo, Francisco
 Javier Martínez Wittinghan, Mariela
 Del Socorro Marín Correa, Nubia Estela
 Matta Camacho, José Fernando Mikan
 Venegas, Francisco Jose Monje Quiroga,
 Herman Moreno Dávila, Luz Elena Palacio
 Duque, Paula Parra Bueno, Martha
 Lucía Posada Buitrago, Andres Posada
 Hostettler, Marien Villamil Preciado, Fadzil
 Ayad Zakaría, Carlos Eduardo Alvarez
 Cabrera, Adriana Liceth Alvarez De La
 Hoz, Yimy Amarillo, Rubén Darío Arroyo
 Olarte, Eleonora Bernal Pinilla, Ricardo
 Julián Cabezas Pérez, Manuel Alfonso

Camargo Chaparro, María Helena
 Camargo Jimenez, Norma Constanza
 Carretero Villanueva, Marvin Estivent
 Carreño García, Juan Manuel Carva-
 jalino Fernandez, Miguel Ernesto Castro
 Gutiérrez, Marcos Nicolás Chacón
 Rojas, Hedna Liliana Chavez Scovell,
 Laura Clavijo Sierra, Laura Marcela
 Corredor Velandia, Tania Milena Cortázar
 Hernández, Laura Carolina Cuervo
 Alarcón, Juan Carlos Diaz Diaz, Stephane
 Patrick Dieudonne Dieudonne, Camilo
 Ernesto Dorado García, Jennifer Caro-
 lina Fajardo Fonseca, Lina María Garcia
 Taboada, Anyela Maria Gonzalez Rico,
 Julio Alvaro González Hernández, Ana
 María Gómez Pinilla, Joselín Hernández
 Ruiz, Magnolia Herrera Marchena, Oscar
 Herrera Sandoval, Luisa Fernanda Lagos
 Martínez, Leslie Yaneth Leal Mejía, Yenny
 Yolanda Lozano Jiménez, Mónica Patricia
 Montes Guarín, Gladis Estella Montoya
 Ortiz, Patricia Morales Espinosa, Andrea
 Cecilia Niño Castro, Diana Carolina
 Ochoa Cabezas, William Giovanni Oliveros

Parra, Alejandro Oyono Ondo Méndez,
 Mauren Andrea Ortiz Barbosa, Óscar
 Javier Parada Parra, Sebastián Patrón
 Saade, Sandra Janneth Perdomo Lara,
 Camilo Andres Perez Perez, Atticus
 Pinzón Rodríguez, Luis Eduardo Quintana
 Rincon, María Del Pilar Quintana Varón,
 Nicolas Augusto Quintero Martinez, Aura
 Catherine Rengifo Castillo, Natalia Hasel
 Revelo Nuncira, Jhon Erick Rivera Monroy,
 Isabel Cristina Rodríguez Millán, Luz Nidia
 Rodríguez Salazar, Diana Patricia Rojas
 Ahumada, Ángela Patricia Rojas Rojas,
 Diana Marcela Toledo Valencia, Yolima
 Del Pilar Torres Ruiz, Rafael Antonio
 Vargas Vargas, Kelly Marcela Velasco
 Pinto, Diana Margarita Victoria Moron, Luz
 Stella Villalba Corredor, Yesid Alexis Villota
 Narvaez, Ángela Cristina Zapata Lesmes,
 Sonia Andrea León Cabrera, Consuelo
 Matamoros, Claudia Marcela Moreno
 Moreno, Oscar Leonardo Vivas Rodríguez



ASTROFÍSICA

ESTUDIOS DEL UNIVERSO EN EL CIF

La cercanía del físico Sergio Torres con el CIF desde la década de los años ochenta, permitió que en 1990 Colombia fuera parte del proyecto Mapas de Emisión Galáctica, GEM, (Galactic Emission Mapping), que medía la emisión de ondas de radio en nuestra galaxia, la Vía Láctea. ¿Para qué? Para conocer más sobre la génesis y evolución de los sistemas galácticos y para modelar la señal de radio de nuestra galaxia que se superpone a los mapas de radiación cósmica de fondo de origen cosmológico (Ver Capítulo 1 – Página 38).

La radiación cósmica de fondo es la huella dejada por los procesos de formación de estructura de los primeros momentos de la historia del universo hace 14 mil millones de años¹, o sea después del Big Bang.

Las observaciones astronómicas con radiotelescopios tienen la ventaja de poder penetrar las regiones del cielo que están ocultas para los telescopios ópticos por el gas interestelar². Esta condición ha

sido de gran ayuda para la cosmología, la ciencia que estudia la historia del universo.

Torres es astrofísico. Cuando en 1990 le propuso al físico y astrónomo estadounidense George Smoot (Nóbel de física en 2006) –con quien había trabajado de 1986 a 1989- medir la radiación electromagnética de la galaxia desde Colombia, nació el proyecto GEM, que Torres lideraría durante los siguientes ocho años. Smoot trabajaba en el proyecto del Explorador del Fondo Cósmico, COBE, el primer satélite construido para hacer estudios de cosmología, específicamente para estudiar la radiación

cósmica de fondo. Smoot "observó por primera vez en 1992 la señal proveniente de los primeros instantes del universo cuando éste era apenas una pequeña bola de fuego"³ y demostró cómo se empezaron a formar las galaxias después del Big Bang.

Como investigador del CIF, del Observatorio Astronómico (Universidad Nacional de Colombia) y de la Universidad de los Andes, con el apoyo de Colciencias, los



Antena GEM en Villa de Leyva (Sergio Torres al frente)

1. La Vía Láctea, estudios recientes y aportes del proyecto GEM en Colombia, por Sergio Torres, en Innovación y Ciencia, Volumen IV, No. 5. 1995. Pág. 36

2. Ibid. Pág. 34

3. Ibid. Pág. 36.

Laboratorios Lawrence de Berkeley (Universidad de California), la National Science Foundation de Estados Unidos, el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales de Brasil, INPE, el Instituto Astronómico de las Canarias en España y el Consejo Nacional de Investigación de Italia, Torres y su equipo construyeron un radiotelescopio que instalaron cerca de Villa de Leyva.

Desde enero hasta junio de 1995 completaron 1.618 horas de observaciones desde esta latitud ecuatorial, con las que se ayudó a completar el Mapa de Emisión Galáctica, GEM, que llevó a cabo una revisión completa de la emisión galáctica en todo el cielo, en el rango de frecuencia de 408 a 5.000 MHz.

Las investigaciones desarrolladas por el grupo de Astrofísica se concentraron en el estudio de la morfología, estabilidad y distribución de estructuras galácticas, en colaboración con el profesor Remo Ruffini del Centro Internacional de Astrofísica Relativista de Roma, el estudio de modelos cosmológicos y de la RCF en colaboración con Enrique Martínez-González de la Universidad de la Cantabria en España, y la formación y coordinación del Comité Coordinador en Física Fundamental para la región andina.

En noviembre de 1992 Torres reunió a expertos en ciencias espaciales de varios países durante el "Second United Nations/European Space Agency Workshop on Basic Space Sciences", en un evento organizado por el CIF y la Universidad de los Andes, con el apoyo de Colciencias. Entre las recomendaciones surgidas del evento a Naciones Unidas sobresalen la necesidad de crear conciencia pública sobre la importancia de la investigación en este campo, la disponibilidad y diseminación de información científica para los científicos de la región, el establecimiento de infraestructura para hacer investigación en ciencias del espacio, la capacitación y actualización, y la cooperación internacional para la realización de proyectos conjuntos.

En diciembre de 1994, luego de un evento que reunió a los astrofísicos del país, crean la Escuela Nacional de Astrofísica, por iniciativa de Torres, ante el auge y el interés de los grupos de investigación en esta disciplina, las expectativas de las nuevas tecnologías de la información que permitían analizar simultáneamente con colegas de otros países datos en tiempo real y el gran potencial de esta línea de investigación para el país. Fue el primer intento en convocar la comunidad de investigadores del país en el área de astronomía, astrofísica y afines, para compartir y coordinar esfuerzos.

"Un balance objetivo de los resultados de los cuatro días de la Escuela revela el éxito logrado", escribió Torres. Participaron 69 personas de varias regiones del país -Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Medellín, e Ibagué-, así como de Brasil, España, y El Salvador. *"El programa consistió en un curso sobre la Radiación Cósmica de Fondo, dos charlas dirigidas al público en general, 14 charlas invitadas y 18 contribuciones donde se expuso trabajo original en curso. En espacios programados ad hoc se hizo un balance de la situación actual de los grupos de investigación y se creó la Red Nacional de Grupos de Investigación en Astrofísica. La red promete ser un mecanismo muy oportuno para garantizar el crecimiento coordinado de los grupos y así poder responder a las necesidades del país de establecer programas de doctorados y al reto internacional de producir ciencia de primera clase".*

El grupo entró en un cese de actividades por la dispersión de sus integrantes, pero la gran mayoría han continuado muy activos en esta línea de investigación, así como en otras afines.

INTEGRANTES DE ASTROFÍSICA

Mientras estuvo activo, el grupo fue integrado por:

Sergio Torres Arzayús, licenciado en ciencias de la educación - especialidad física, de la Universidad Pedagógica Nacional, PhD en Física de Virginia Tech, y Postdoctorado en Física de Rayos Cósmicos, del Instituto Nacional de Física Nuclear, en Roma, Italia.

Rigoberto Casas, físico de la Universidad Nacional de Colombia, con maestría en ciencia física de la misma universidad, y PhD de la Ludwig-Maximilian Universidad de Munich, Alemania.

Alexis de Greiff, físico de la Universidad de los Andes, MSc. en Física de la Universidad Nacional de Colombia, PhD en historia de la ciencia, Imperial College University of London.

Enrique Chaux, físico de la Universidad de los Andes, PhD en educación, Universidad de Harvard.

Marcela Loboguerrero, física de la Universidad de los Andes

Andrés Umaña, ingeniero industrial y físico de la Universidad de los Andes.

Liliana P. Chacón, Universidad de los Andes.

Víctor Cañón, físico de la Universidad Nacional de Colombia.

Luis José Lucas Rojas, MSc. en estadística de la Universidad Nacional de Colombia.

Julián Gómez, físico de la Universidad de los Andes.

Mauricio Becerra, ingeniero industrial de la Universidad de los Andes.

Medardo Fonseca, físico de la Universidad Distrital



Miembros del equipo (proyecto GEM) en Colombia: Enrique Chaux, George Smoot (premio Nobel 2006), Julián Gómez, Mauricio Becerra, Sergio Torres y Andres Umaña.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Estudio de la morfología, estabilidad y distribución de estructuras galácticas

Elaboración del Mapa de Emisión Galáctica (GEM): diseño, ensamblaje y puesta en marcha de un radiotelescopio para medir la radiación difusa proveniente de nuestra galaxia. Estudio de los procesos de emisión de radio en la galaxia (sincrotrón, hidrógeno ionizado y bremsstrahlung)

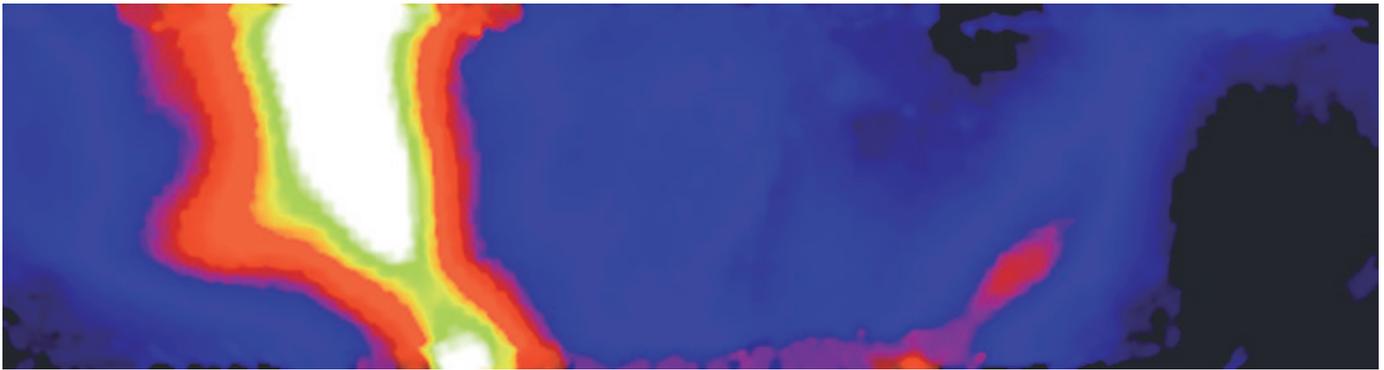
Estudio de modelos cosmológicos y del fondo cósmico de microondas: análisis de datos del proyecto COBE de la NASA con el fin de probar modelos cosmológicos.

LOGROS E IMPACTO

El físico Rigoberto Casas, quien hizo su maestría y su tesis titulada 'Corrección de Mapas de RCF por Contaminación Galáctica y Estimación del Cuadrípulo Cosmológico' durante la realización del Proyecto GEM, es hoy líder del Grupo de Astrofísica de la Universidad Nacional de Colombia desde 2004, con énfasis en las siguientes líneas de investigación:

Astrofísica de galaxias y grupos de galaxias; Cosmología y formación de estructura en el universo; Materia oscura; y Planetas habitables, lo que demuestra el impacto de las bases sentadas por el grupo del CIF.

Los resultados obtenidos por este grupo fueron satisfactorios y han constituido aportes en el campo de impacto internacional. Las mediciones realizadas en el marco del proyecto GEM con un radiotelescopio instalado en Colombia han dado resultados inéditos, que permitieron mejorar los modelos relacionados con el origen del universo.



Mapa de radiación difusa de la galaxia a 408 MHz obtenido con el radiotelescopio GEM desde Villa de Leyva (coordenadas celestes)

PROYECTOS

1. 1996 "Análisis de datos del proyecto GEM y corrección de mapas de radiación cósmica de fondo", S. Torres, COLCIENCIAS.
2. 1995 **Estudio de las Componentes Dipolar y Cuadrípolar de la Radiación Cósmica de Fondo Mediante el Análisis Paralelo de la Base de Datos de Emisión Galáctica del Proyecto GEM**, S. Torres, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional.
3. 1994 **Programa de Astrofísica Experimental y de Rayos Cósmicos**, S. Torres, Colciencias.
4. 1993 **Study of Textures on COBE-DMR Maps**, S. Torres, NASA, NRA 92-OSSA-15.
5. 1992 **Morphology, Stability and Distribution Function of Galactic Structures**, R. Ruffini, A. Sepulveda, G. Violini, G. Pucacco and S. Torres, Unión Europea.
6. 1992 **Perturbaciones en la Radiación Cósmica de Fondo (III)**, S. Torres, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias.
7. 1991 **Estudio de Perturbaciones en la Radiación Cósmica de Fondo (II)**, S. Torres, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias.

8. 1991 **Selection of an Experimental Site in Colombia and Preliminary Measurements of the Sky Brightness and Polarization at Long Wavelengths**, G. Smoot, S. Torres, National Science Foundation.
9. 1991 **Estudio de la Anisotropía de la Radiación Cósmica de Fondo y Desarrollo de Técnicas de Análisis de Datos de Radiación de Fondo**, S. Torres. Colciencias.
10. 1990 **Estudio de Perturbaciones en la Distribución Espacial de la Radiación Cósmica de Fondo (I)**, S. Torres. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias.

PUBLICACIONES

Capítulos en libros

1. S. Torres, **Space Sciences in Latin America**, in *Developing Basic Space Sciences World-Wide: A Decade of UN/ESA Workshops*, Eds. W. Wamsteker, R. Albrecht, H. J. Haubold, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 2003.
2. S. Torres, **The Galactic Emission Mapping (GEM) project: summary and results**, in *Developing Basic Space Sciences World-Wide: A Decade of UN/ESA Workshops*, Eds. W. Wamsteker, R. Albrecht, H. J. Haubold, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 2003.

Artículos en revistas científicas

1. C. Tello, T. Villela, S. Torres, M. Bersanelli, G. F. Smoot, I.S. Ferreira, A. Cingoz, J. Lamb, D. Barbosa, D. Perez-Becker, S. Ricciardi, and J. A. Curivan, **A map of the Galactic emission at 2.3 GHz**, in *Astronomy and Astrophysics*, 2007 (in print).
2. S. Torres, **The UN/ESA Workshop on Basic Space Science in Colombia, 1992: What has been achieved since then?**, *COSPAR Bulletin*, No. 144, pp. 13-15, April 1999.
3. C. Tello, T. Villela, A. M. Alves, L. G. Arantes, G. Smoot, G. Deamicis, S. Torres, M. Bersanelli, M. Bensadoun, A. Wuensche, N. Figueiredo, **A radio continuum survey of the Sky at 1465 Mhz from 53 degrees South to 78 degrees north**, in IX Latin American Regional IAU Meeting, "Focal Points in Latin American Astronomy", Tonantzintla, Mexico, Nov 9-13, 1998, Eds: Aguilar, A.; Carraminana, A.; and *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica* (1998)
4. V. Cañón, S. Torres, **Medición de la Radiación Sincrotrón en la Galaxia**, *Revista Momento, Universidad Nacional*, (1999)
5. R. Casas, S. Torres, **Corrección de mapas de Radiación Cósmica de Fondo por contaminación galáctica y estimación del cuádrupolo cosmológico**, *Revista Momento, Universidad Nacional*, (1999)
6. C. Tello, T. Villela, C.A. Wuensche, N. Figueiredo, S. Torres, M. Bersanelli, M. Bensadoun, M. Limon, G. De Amici, G. Smoot, **Diffraction analysis of a double-shielded antenna in the Fraunhofer and Fresnel regimes**, *Radio Science*, **34**, No. 3, May/June 1999.
7. S. Torres, **Cosmología y Modelos Galácticos con el Proyecto GEM**, *Revista Colombiana de Astronomía, Astrofísica, Cosmología y Ciencias Afines*, 1, No. 1, 55-69 (1999)

8. R. Fabbri, S. Torres, **Building the cosmic spectrum in open cosmologies**, *Nuovo Cimento*, 113B, 947 (1998)
9. S. Torres, Cayón, L., Martínez-González, E., & Sanz, J.L. **Testing Cosmological Models with COBE Data**, *Nuovo Cimento*, 112B, 525 (1997)
10. V. Gurzadyan & S. Torres, **Testing the effect of geodesic mixing with COBE data to reveal the curvature of the universe**, astro-ph/9610152, *Astronomy and Astrophysics*, 321, 19-23 (1997)
11. S. Torres, V. Cañón, R. Casas, A. Umaña, C. Tello, T. Villela, M. Bersanelli, M. Bensadoun, G. De Amici, M. Limon, G. Smoot, C. Witebsky, **The GEM project: An international collaboration to survey galactic radiation emission**, astro-ph/9605060, *Astrophysics and Space Science* 240, 225-234 (1996).
12. S. Torres, **Física y Cosmología de la Radiación Cómica de Fondo**, *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, XX, No. 77, pp. 171-181 (1996)
13. R. Bautista and S. Torres, **A Method to Estimate the Primordial Power Spectrum from CMB Data**, astro-ph/9511071, *Astrophysical Journal*, 469, 7-10 (1996)
14. R. Fabbri, S. Torres, **Peak Statistics on COBE maps**, *Astronomy and Astrophysics*, 307, 703-707 (1996)
15. L. Cayón, E. Martínez-González, J. L. Sanz, N. Sugiyama and S. Torres, **Ω from the COBE-DMR anisotropy maps**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 279, 1095-1100 (1996)
16. R. Fabbri and S. Torres, **The Peak Distribution in COBE Maps: a Non-linear Test in a noisy Environment**, *Il Nuovo Cimento*, 110B, N.7, 865-872 (1995)
17. S. Torres, L. Cayón, E. Martínez-González, y J. L. Sanz, **Genus and Spot Density in the COBE-DMR First Year Anisotropy Maps**, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 274, 853-857 (1995).
18. S. Torres, **Analysis of Topology of the COBE-DMR First Year Maps**, *Astrophysics Letters and Communications*, 32, pp. 95-103 (1995).
19. S. Torres, **Cosmology After COBE**, *Astrophysics & Space Science*, 228, pp. 313-325 (1995)
20. S. Torres, **The COBE-DMR Data Base and How to Use It**, *Astrophysics & Space Science*, 228, pp. 309-312 (1995).
21. H.J. Haubold, A. Ocampo, S. Torres, W. Wamsteker, **United Nations/ESA Workshops on Basic Space Sciences**, *European Space Agency Bulletin*, 81, pp. 18-21 (1995).
22. S. Torres, **Cosmological implications of COBE's results**, *Astrophysics and Space Science*, 214, pp. 115-126 (1994).
23. G. De Amici, S. Torres, M. Bensadoun, G. Dall'Oglio, M. Limon, G. Smoot, G. Sironi, T. Villela, C. Witebsky, **A research program to map the galactic emission at low frequencies**, *Astrophysics and Space Science*, 214, pp. 151-160 (1994).
24. S. Torres, **Topological Analysis of COBE-DMR Cosmic Microwave maps**, *The Astrophysical Journal*, 423, L9-L12 (1994).
25. S. Torres, R. Fabbri, R. Ruffini, **The power spectrum implied by COBE and the matter correlation function**, *Astronomy and Astrophysics*, 287, pp. 15-19 (1994)
26. S. Torres, G. Smoot, G. De Amici, M. Becerra, M. Chau, J. Gómez, A. Umaña, **Site Evaluation and RFI Measurements in Colombia for a Galactic Radio Survey**, *Revista Colombiana de Física*, 25, pp. 23-30 (1993).

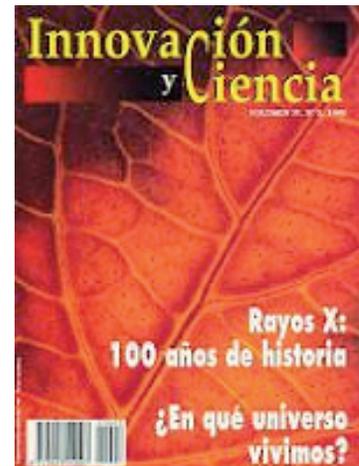
Artículos de divulgación

1. S. Torres, **La radiación cósmica de fondo**, *Astronomía para todos*, Cátedra José Celestino Mutis, Universidad Nacional de Colombia, noviembre 17 (2009)
2. S. Torres, **Observaciones de alta precisión dan sustento a la cosmología del Big Bang**, *Innovación y Ciencia*, Vol. XIII, No. 1, pp. 8 - 10 (2006)
3. S. Torres, **Del alunizaje al borde del universo**, *Innovación y Ciencia*, Vol. XVI, No. 3, pp. 17-29 (2009)
4. S. Torres, **El Nóbel de física, Colombia y el Universo**, *Innovación y Ciencia*, Vol. XIII, No. 4, pp. 18-27 (2006)
5. S. Torres, **El cosmos ayer y hoy**, *Innovación y Ciencia*, Vol. XII, No. 4, pp. 22-29 (2005)
6. S. Torres, **Exploración robótica del planeta rojo**, *Innovación y Ciencia*, Vol. XI, No. 2, pp. 18-25 (2004)
7. S. Torres, **Proyecto WMAP de la NASA confirma el Big-Bang**, *Innovación y Ciencia*, Vol. XI, No. 1, pp.42-48, (2003)
8. S. Torres, **Noticias del cosmos**, *Innovación y Ciencia*, Vol. X, No. 2, pp.8-11, (2002)
9. A. De Greiff, S. Torres, **El modelo estándar de la cosmología moderna**, en *Astronomía para todos*, ed. J. G. Portilla, 2ª. ed. Bogotá: UNIBIBLOS pp. 447-468 (2001)
10. S. Torres, **Neutrinos en el cosmos**, *Innovación y Ciencia*, Vol. IX, No. 2, pp.34-42 (2000)
11. S. Torres, **La edad y el futuro del universo: modelos cosmológicos confrontan la realidad**, *Innovación y Ciencia*, Vol. VIII, No. 3, pp.32-37 (1999)
12. S. Torres, **Existen planetas fuera del sistema solar?**, *Innovación y Ciencia*, Vol. VII, No. 4, pp. 12-14 (1998)
13. S. Torres, **El problema de la edad del universo**, *Innovación y Ciencia*, (marzo 1998)
14. S. Torres, **Regreso a Marte: El Pathfinder explora a Marte**, *Innovación y Ciencia*, Vol. VI, No. 3, pp. 29-34 (1997)
15. S. Torres, **Exploración espacial: del sistema solar al universo**, *Innovación y Ciencia*, Vol. VI, No.2, pp. 28 - 34 (1997)
16. S. Torres, **Nuevo satélite de la NASA para la cosmología**. *Innovación y Ciencia*, Vol. V, No.2, pp. 15 (1996)
17. S. Torres, **Galileo llega a Júpiter**. *Innovación y Ciencia*, Vol. V, No.2, pp. 8-9 (1996)



S. Torres, "Exploración robótica del planeta rojo", *Innovación y Ciencia*, Vol. XI, No. 2, pp. 18-25 (2004)

18. S. Torres, **La Vía Láctea: estudios recientes y aportes del proyecto GEM en Colombia**, *Innovación y Ciencia*, **Vol. IV**, No.5, pp. 30-37 (1995)
19. S. Torres, **Los mejores mapas galácticos**, *EL TIEMPO*, Junio 27, 1995, p. 8D
20. S. Torres, **Científicos colombianos, configuran mapas galácticos de máxima precisión**, *EL ESPECTADOR*, Junio 19, 1995, p. 1
21. S. Torres, **Observando el cosmos desde Colombia**, *LA REPUBLICA*, Jun. 19, 1995, p. 2A.
22. S. Torres, **¿En qué universo vivimos?**, *Innovación y ciencia*, Vol. IV, No.3, pp.26-32 (1995)
23. S. Torres, **Primera Escuela Nacional de Astrofísica y formación de la Red Nacional de Grupos de Investigación en Astrofísica**, *Innovación y ciencia*, **Vol. IV**, No.3, pp.18-19 (1995)
24. S. Torres, **¿En qué universo vivimos?**, *Innovación y ciencia*, **Vol. IV**, No.3, pp.26-32 (1995)
25. S. Torres, **Observaciones del telescopio Espacial Hubble revelan secretos del universo**, *EL TIEMPO*, Diciembre 1994
26. S. Torres, **La materia oscura del universo**, *Innovación y Ciencia*, **Vol. III**, N.3, pp.40-46 (1994)
27. S. Torres, **El origen del universo**, *Innovación y Ciencia*, **Vol. III**, No. 2, pp. 44-49 (1994)



S. Torres, "Exploración robótica del planeta rojo", *Innovación y Ciencia*, **Vol. XI**, No. 2, pp. 18-25 (2004)

CONGRESOS

Memorias

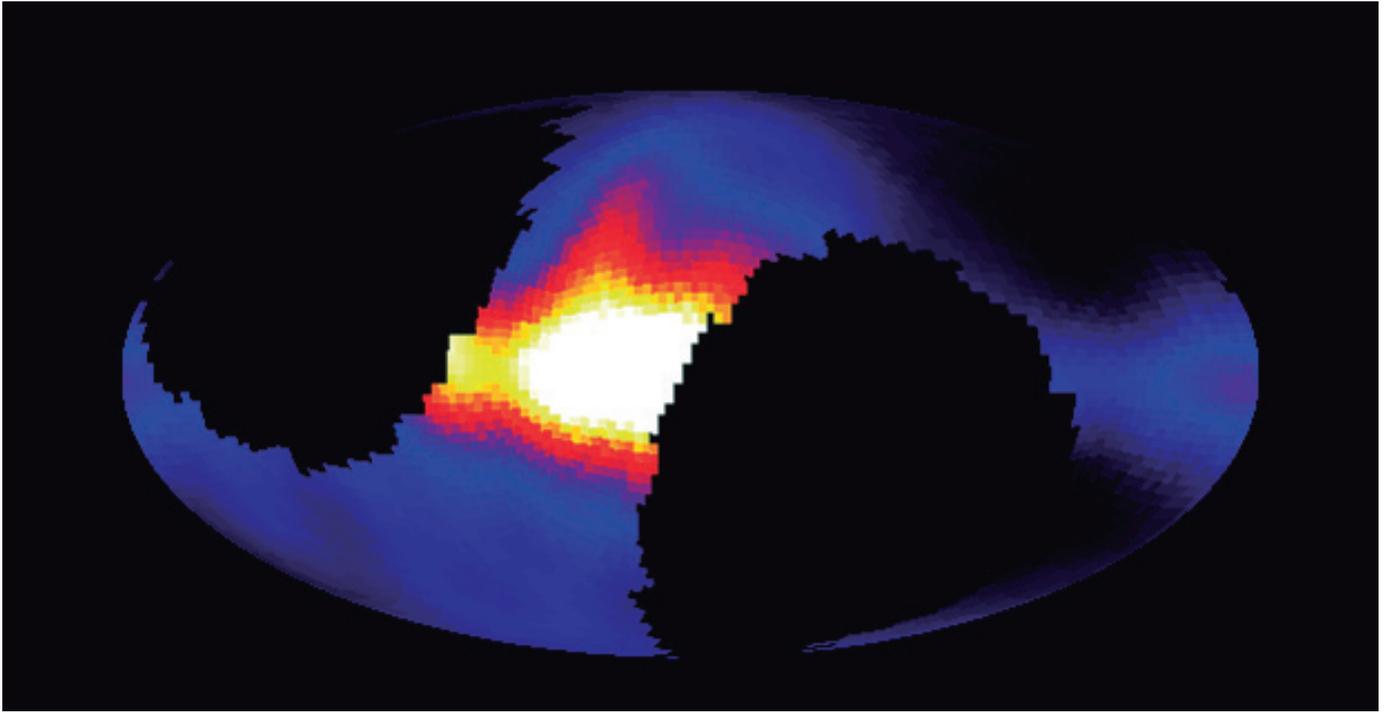
1. **De la Astronomía a la Cosmología: Estudios y Resultados Recientes**, Editor: Sergio Torres, Memorias de la Primera Escuela Nacional de Astrofísica, Santafé de Bogotá, Nov 28 al 1 de Diciembre 1994, pp. 262. (Ediciones UNIANDES: Santafé de Bogotá)
2. **Basic Space Science**, Editores: Hans J. Haubold y Sergio Torres, Proceedings of the 2nd United Nations/European Space Agency Workshop for Developing Countries, Bogotá, 9-13 Nov, 1992, *Astrophysics and Space Science*, **Vol. 214**, Nos. 1-2 April 1994, pp. 260 (Kluwer Academic Publishers: Dordrecht)

Conferencias

1. Tello, C., Villela, T. Smoot, G. F., Torres, S., Bersanelli, M., **A New Radio Continuum Survey of the Sky at 1465 MHz between declinations -52 ° and + 68°**, *New Cosmological Data and the Values of the Fundamental Parameters*, International Astronomical Union. Symposium no. 201. Manchester, England, August (2000).

2. E. Martínez-Gonzalez, S. Torres, **The effect of gravitational lensing in the determination of cosmological parameters using CMB**, *Moriond 98*, Jan (1998)
3. V. G. Gurzadyan, S. Torres, **The signature of the negative curvature of the universe in CMB maps**, *8th Marcel Grossman Meeting in General Relativity*, eds. Ruffini R., Piran, T., Jerusalem, June 22 - 27 (1997), astro-ph/9711063
4. S. Torres, V. Cañón, R. Casas, A. Umaña, C. Tello, T. Villela, M. Bersanelli, G. De Amici, G. Smoot, **Long wavelength sky surveys with the GEM radio telescope**, *Astrophysics and Space Science*, in *Seventh UN/ESA Workshop on Basic Space Sciences*, Eds. H. Haubold, M. C. Pineda, Tegucigalpa, Honduras, June 16-20 (1997)
5. S. Torres, T. Villela, G. De Amici, G. Smoot, M. Bersanelli, C. Tello, A. Umaña, **A Survey of the Galactic Emission at 408 from an Equatorial site**, XXI Reunión Anual da Sociedade Astronómica Brasileira, Sao Lourenço, MG, Brasil, Jul 31-Agosto, 1996, *Boletín da SAB*, **16**, No 1, 99 (1996)
6. S. Torres, **Evidencia a favor de un Universo abierto**, en *XI Escuela Nacional de Física Teórica*, Bogotá Diciembre 11-16 (1995)
7. R. Bautista y S. Torres, **Inversión de la Integral de Sachs-Wolfe** en *XI Escuela Nacional de Física Teórica*, Bogotá Diciembre 11-14 (1995)
8. S. Torres, **El Cosmos Hoy**, en *KOSMOS Alexander von Humboldt, Simposio Conmemorativo*, Ed. G. J. Gómez, Medellín, Oct. 13-15 (1995)
9. S. Torres, **Métodos Topológicos para el Análisis de Datos Cosmológicos**, en *Escuela de Fenomenología*, Ed. R. Martínez, Bogotá, septiembre 18-27, 1995
10. J. L. Sanz, L. Cayón, E. Martínez-González, N. Sugiyama, and S. Torres, **Ω from the COBE-DMR Anisotropy Maps**, in *The 17th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics and Cosmology*, Munich, Germany, December 11-17, 1994, Eds. H. Bohringer, G.E. Morfill and J. E. Trumper, *Annals of the N.Y. Academy of Science*, **759**, p. 714-717 (1995)
11. S. Torres, **Introducción a la Física de la Radiación Cósmica de Fondo**, en *De la Astronomía a la Cosmología: estudios y resultados recientes, Primera Escuela Nacional de Astrofísica*, Ed. S. Torres, Bogotá, Nov 28 -1 Dic. 1994, pp. 1-24
12. E. Martínez-González y S. Torres, **Estadística de la Radiación Cósmica de Fondo** en *De la Astronomía a la Cosmología: estudios y resultados recientes, Primera Escuela Nacional de Astrofísica*, Ed. S. Torres, Bogotá, Nov 28 -1 Dic. 1994, pp. 25-32
13. S. Torres, **Radiación Cósmica de Fondo y prueba de modelos cosmológicos** en *De la Astronomía a la Cosmología: estudios y resultados recientes, Primera Escuela Nacional de Astrofísica*, Ed. S. Torres, Bogotá, Nov 28 -1 Dic. 1994, pp. 51-64
14. A. Umaña y S. Torres, **El Proyecto GEM de Observación de la Galaxia**, en *De la Astronomía a la Cosmología: estudios y resultados recientes, Primera Escuela Nacional de Astrofísica*, Ed. S. Torres, Bogotá, Nov 28 -1 Dic. 1994, pp. 169-176
15. L. Chacón y S. Torres, **Interferencia en observaciones radioastronómicas** en *De la Astronomía a la Cosmología: estudios y resultados recientes, Primera Escuela Nacional de Astrofísica*, Ed. S. Torres, Bogotá, Nov 28 -1 Dic. 1994, pp. 177-184

16. S. Torres, **Investigando el Origen del Universo con el Explorador del Fondo Cósmico COBE**, en *V Encuentro Internacional de Astronomía*, Medellín, Colombia, Octubre 14 al 16, 1994, Ed. G. J. Gómez, N. 13 (1994)
17. S. Torres, **Space Sciences in Latin America: Status and Opportunities** in *Science and Technology for Central America: Plans and Strategies*, San Salvador, El Salvador, Octubre 3- 6, 1994, Eds. J. P. Vary and G. Violini, p. 177-181 (1995)
18. S. Torres, **Testing Cosmological Models with Cosmic Microwave Radiation Experiments**, in *7th Marcel Grossman Meeting in General Relativity*, eds. Jantzen, R., Stanford, California, July 25 - 29 (1994)
19. S. Torres, **Probing the Early Universe with Cosmic Microwave Background Experiments**, in *The Second William Fairbank Conference on Relativistic Gravitational Experiments in Space & Related Theoretical Topics*, eds. A. X. Yu, R. Ruffini, Hong Kong, December 13-16 (1993)
20. T. Villela, A. M. Alves, C. Tello, G. Smoot, G. De Amici, S. Torres, A. Umaña, M. Bersanelli, **Resultados Preliminares do Projeto GEM em 408 MHz** en XX Reuniao Anual da Sociedade Astronomica Brasileira, Campos do Jordao, Sao Paulo, Brasil, Agosto 1 al 4, 1994, **Vol. 14**, No. 1, p. 100 (1994)
21. S. Torres, **Restrictions on Cosmological Models Placed by COBE's Measurement of Cosmic Background Anisotropies** in *3rd UN/ESA Workshop on Basic Space Sciences*, Lagos, Nigeria, October 18-22, 1993, Eds. H. Haubold, L. Onura, AIP Conference Proceedings Series, **Vol. 320**, p. 235-249 (1995)
22. G. De Amici, G. Smoot, M. Bensadoun, M. Limon, W. Vinje, C. Witebsky, S. Torres, A. Umaña, M. Becerra, **Mapping the Absolute Brightness of the Sky at Low Frequencies** in *Back to the Galaxy*, Maryland, USA, Octubre 1992, eds. Bennett. et al., AIP Conference Proceedings Series, **.Vol. 278**, pp. 206-209 (1993)
23. S. Torres, and G. Violini, **Perspectivas de la Física Fundamental en la Región Andina**, en *Anales XV Congreso Nacional de Física*, ed., M. E. Gómez, Armenia, Quindío, Septiembre 6-10, 1993, pp. 39-45.
24. V. G. Gurzadyan, S. Torres, **Analysis of texture on cosmic background maps** in *The Present and Future of the Cosmic Background Radiation*, Santander, España, June 28 - July 1, 1993, Eds. J. L. Sanz, E. Martínez-González, L. Cayón, Lecture Notes in Physics, No. **429** (Heilderberg: Springer-Verlag), pp. 139-145 (1993).
25. G.F. Smoot, G. De Amici, M. Limon, S. Torres and T. Villela, **A research program to map the absolute sky brightness at low frequencies**, in *5th Symposium on Pan-American Collaboration in Experimental Physics*, August 17-21, 1992, Cartagena, Colombia.
26. A. De Greiff y S. Torres, **Perspectivas en la detección del momento cuadrupolar de la Radiación Cósmica de Fondo**, en *VIII Escuela Nacional de Física Teórica*, eds. C. Uribe et al., Universidad del Valle, Cali, Colombia, Julio 1992, pp. 303-317.
27. A. De Greiff y S. Torres, **"Anisotropía Dipolar en la Radiación Cósmica de Fondo: ¿Consecuencia Exclusivamente del Movimiento del Observador?**, in *VII Escuela Nacional de Física Teórica*, Eds. J. M. R. Roldán, B. Gómez, Universidad de los Andes, Junio 2-8, 1991, pp. 235-239.
28. B. Gómez, J. P. Negret, S. Torres, G. Violini, **High-Energy Physics in Developing Countries. Problems and Perspectives**, CIF preprint 1993



Mapa de radiación difusa de la galaxia a 408 MHz obtenido con el radiotelescopio GEM desde Villa de Leyva (coordenadas galácticas)

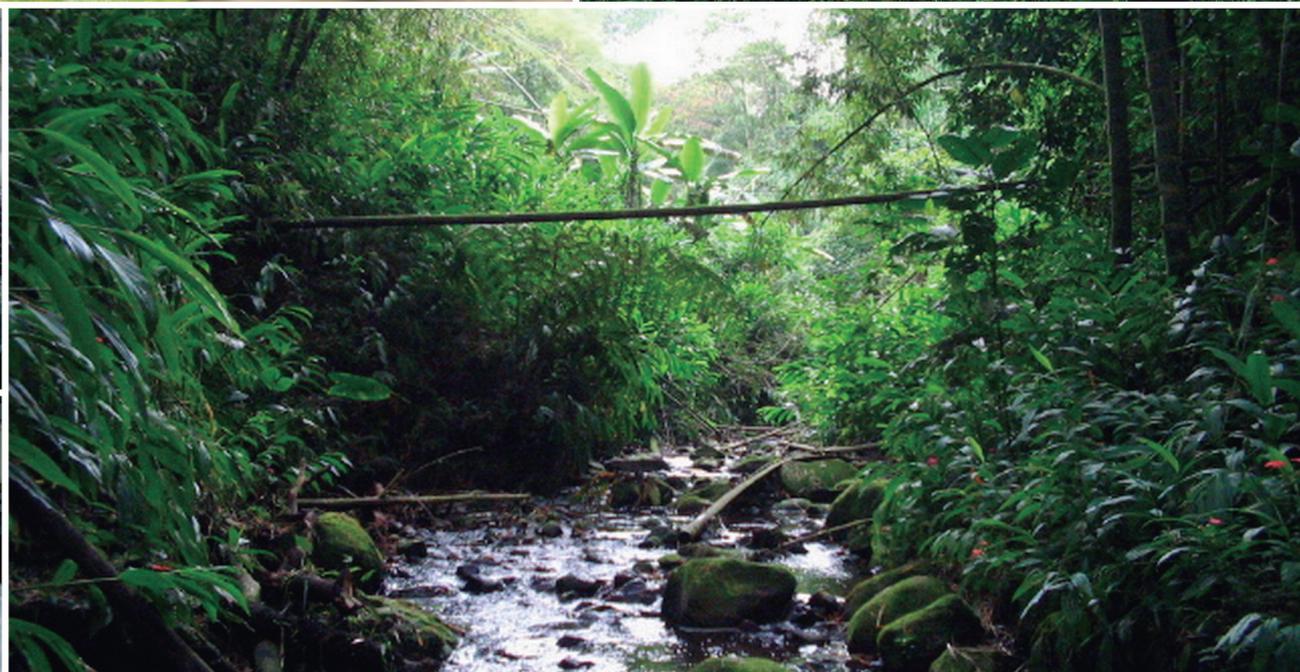
Tesis y trabajos de grado

PREGRADO

- ▶ *Andrés Umaña (1995) Medición desde Colombia de la Radiación Difusa de la Galaxia a 408 MHz. Tesis de pregrado, Universidad de los Andes.*
- ▶ *Liliana Patricia Chacón G. (1994) Estudio de la Interferencia en Señales Medidas por un Radio Telescopio. Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería, Departamento de Eléctrica, Universidad de los Andes.*
- ▶ *Alexis De Greiff (1992) Fenomenología de la Anisotropía a Gran Escala de la Radiación Cósmica de Fondo. Tesis de pregrado. Departamento de Física, Universidad de los Andes.*
- ▶ *Marcela Loboguerrero (1992) Los Neutrinos Masivos y la Radiación Cósmica de Fondo. Tesis de pregrado, Departamento de Física, Universidad de los Andes.*

MAESTRÍA

- ▶ *Victor A. Cañón (1997) Medición de Radiación Sincrotrón en la Galaxia. Tesis de Maestría en Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.*
- ▶ *Rigoberto A. Casas (1997) Corrección de Mapas de RCF por Contaminación Galáctica y Estimación del Cuadripolo Cosmológico. Tesis de Maestría en Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.*
- ▶ *Luis José Lucas Rojas (1995) Posibilidades de Detección del Cuadripolo Cosmológico. Tesis de Maestría en Estadística, Universidad Nacional de Colombia.*



BIOTECNOLOGÍA

LA BIOTECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA NACIONAL

Formar y consolidar un grupo de investigación en biotecnología era una idea que rondaba en la cabeza de Eduardo Posada a finales de la década de los años ochenta, porque sabía de la importancia y del impacto que empezaba a demostrar el tema. Por esa razón promovió la formación de tres profesionales, las biólogas Marta Lucía Guardiola y Rocío Gómez, y al químico farmacéutico Fabio Aristizábal. La primera se fue para Italia, la segunda para Inglaterra y el tercero para España (Ver Capítulo 1 – Página 38).

Guardiola y Aristizábal iniciaron la conformación del grupo de investigación a mediados de 1992, con el montaje y puesta en marcha del laboratorio de bioquímica y biología molecular vegetal. Aristizábal viajó en 1993 a realizar su doctorado en ciencias biológicas con énfasis en biología molecular en la Universidad Autónoma de Madrid, el cual culminó con tesis laureada en 1996, y Gómez resolvió quedarse en Inglaterra por razones personales.

De tal manera que quedó solamente Guardiola al frente del reto, recién llegada de Italia, con la idea de hacer vacunas para plantas. *"Había aprendido algo muy importante que era la valoración de nuestra biodiversidad, pero también que existían distintos tipos de biotecnología, como la biotecnología ambiental, que no se limitaban exclusivamente a la biología molecular y a hacer transgénicos"*, dice.

Guardiola estaba vinculada con la ACIF desde 1983 cuando era estudiante de la asignatura 'Introducción a la física', dictada por Galileo Violini y por Eduardo Posada, ayudando a organizar los cursos y apoyando las traducciones al inglés de los documentos. Desde entonces tuvo la oportunidad de asistir a los cursos de actualización en física que tenían que ver con temas de la biología, no solamente en la región, sino también llegó hasta el ICTP de Trieste, donde tomó un curso de biofísica.

El laboratorio se dedicó desde entonces a investigar los aspectos bioquímicos y moleculares de la resistencia sistémica adquirida de plantas a algunos hongos fitopatógenos, principalmente en papa, así como a la caracterización molecular de microorganismos y de plantas.

Cuando regresó Aristizábal y con el apoyo de Colciencias, adelantaron un proyecto para evaluar los mecanismos naturales de defensa de las diferentes especies de plantas de lulo, como el lulo de perro, el llanero, el costeño y el comercial.

"La idea era mirar a través de esas especies cuáles eran las más resistentes o susceptibles a enfermedades y cuáles eran los mecanismos de ataque de los patógenos hacia las plantas, buscando las mejores formas de inducir mecanismos de defensa, es decir el sistema inmune de las plantas", explica.

Poco se conocía sobre el lulo, era un cultivo altamente promisorio, Colombia tenía el banco de germoplasma más grande del mundo y era fácil encontrarlo de manera silvestre en gran parte del territorio. Estas fueron algunas de las reflexiones para trabajar en esta especie comestible.

El hongo *Fusarium oxysporum* afecta no solo al lulo, sino además al banano, al café, a la palma, a los claveles, entre otros. "Lo que estábamos haciendo era construir una vacuna con el hongo que nos permitiera aumentar los mecanismos de defensa de las plantas".

El grupo fue creciendo interdisciplinariamente, había químicos, bioquímicos, microbiólogos y biólogos, trabajando en temas de biología molecular y cultivo de tejidos vegetales que conllevaron a generar investigación básica, aplicada y desarrollo tecnológico, así como a desarrollar varios proyectos de tesis no solo para lulo sino para otras especies y volver a trabajar en papa, proyecto que fue apoyado por el Ministerio de Agricultura.

Los trabajos adelantados hasta entonces buscando los mecanismos bioquímicos de resistencia de las plantas a las enfermedades, principalmente a las causadas por hongos, empezaron a aportar información novedosa.

Empleando inicialmente sistemas in vitro, el grupo estudió el comportamiento de diferentes compuestos cuya expresión está usualmente asociada con la respuesta de defensa, y con base en ese conocimiento adquirido desarrolló un compuesto orgánico capaz de estimular los mecanismos de defensa, con potencial para la industria agronómica.

La vacuna empezó a funcionar y el CIF logró la patente primero en Colombia y luego en Estados Unidos en el 2006.

Con Jardines de los Andes desarrollaron un proyecto para adaptarla a las flores. "Todo parecía funcionar divinamente a

escala de invernadero siempre y cuando nosotros lo manejáramos", recuerda Guardiola. El producto hacía que las plantas crecieran más y en tiempos más cortos y disminuía en 60 por ciento la aplicación de agroquímicos. Luego de tres años Jardines quiso ampliar el proyecto. "Le dieron el producto a un trabajador local para que empezara a aplicarlo y se convirtió en el caos absoluto. Se cayeron las pruebas, y después de haber invertido más de 600 millones de pesos, se terminó el proyecto", continúa. "Nosotros no podemos trabajar ese producto porque el 51 por ciento es de ellos, y además hay un convenio de confidencialidad. Yo no puedo utilizar el protocolo que yo desarrollé. No pudimos publicar en cuatro años. Ellos invirtieron mucha plata y nosotros el know-how".

En 1999 también trabajó en corrosión biológica, con el apoyo de algunas empresas petroleras y de la Corporación para la Investigación en Corrosión, CIC, con sede en Bucaramanga, buscando caracterizar los microorganismos presentes en las zonas tropicales

Objetivo del grupo: *Generar alternativas biotecnológicas para el control y aprovechamiento de microorganismos tanto para el sector agrícola como para el sector industrial.*

de nuestro país que atacan tanto a los metales como a los inhibidores de corrosión y a los recubrimientos protectores, evaluar su presencia, capacidad corrosiva y efecto, para contribuir a solucionar el problema. Así, evaluaron la corrosión biológica en el sistema contra incendios de ECOPETROL, analizando la compatibilidad y/o efectividad de los aditivos utilizados en el control de los procesos corrosivos tanto microbianos como fisicoquímicos, e hicieron el diagnóstico fisicoquímico y microbiológico en pozos de crudo de Cupiagua.

Empezando el siglo el grupo estuvo inactivo durante un par de años. "Habíamos escrito varios proyectos y no nos habían aprobado ninguno. Era una locura total". Guardiola busca otros rumbos en la Universidad del Bosque, y vuelve al CIF cuando Posada le informa que el SENA había aprobado uno de esos proyectos presentados hacía ya unos años: 'Estandarización de protocolos para la propagación masiva de material vegetal por el sistema de inmersión temporal en la especie *Canna indica* (Achira o Sagú) en el Departamento del Huila'. "Era la oportunidad para volver al CIF, y no solo para mí sino para Alex Sabogal y Pedro López". Y volvieron.

Durante los primeros diez años el grupo trabajó en la búsqueda de alternativas limpias al uso de plaguicidas y biocidas, a través del estudio bioquímico de mecanismos de resistencia y susceptibilidad vegetal a enfermedades de origen microbiano, investigación que culminó con la evaluación de efectividad en cultivos de papa y flores, con resultados muy promisorios.

Los últimos cinco años el grupo ha concentrado sus esfuerzos en la construcción de soluciones biotecnológicas a problemas de deterioro ambiental resultantes de actividades antrópicas y al desarrollo de alternativas de producción para el sector industrial y agrícola, a través de estrategias de biorremediación, agroecología, producción limpia, y gestión y economía ambiental.

El grupo de biotecnología ha realizado trabajos de investigación básica y aplicada, y proyectos de desarrollo techno-

lógico, abordando la disciplina con una visión amplia, e implementando estrategias para el uso de los recursos naturales y de sus productos en beneficio del ser humano.

La interacción entre los grupos de biotecnología y física aplicada y desarrollo tecnológico, no solamente ha generado el diseño, construcción y puesta a punto de equipos para aplicaciones biológicas en la industria tales como un sistema para propagación masiva de plantas (sistema de inmersión temporal - SIT), biorreactores para producción de metabolitos microbianos, biofiltros con automatización de medida, sino también ofrece y construye propuestas integrales de producción alternativa, -ambientalmente sustenta-

bles-, incluyendo seguimiento a través de indicadores y automatización de medida de variables críticas.

Cuenta con cuatro laboratorios adecuados para la realización de sus investigaciones:

- ▶ **Cuarto de crecimiento**, equipado con control de luz y temperatura para el crecimiento de plantas en cultivo *in vitro* y con un sistema de inmersión temporal para la multiplicación de plántulas mediante esa técnica.
- ▶ **Laboratorio de bioquímica**, completamente equipado con sistemas de electroforesis, espectrofotómetro, centrífuga, balanzas, colector de fracciones,

y todo lo necesario para el trabajo en bioquímica.

- ▶ **Laboratorio de microbiología**, completamente equipado para la realización de análisis microbiológicos.
- ▶ **Cuarto de lavado y esterilización**, equipado con autoclaves, estufas, destilador de agua y hornos de diversos tipos.

Este laboratorio está diseñado para realizar análisis bioquímicos y microbiológicos de plantas, suelos, aguas y algunos materiales particulares, así como para el establecimiento de protocolos de micropropagación de plantas en Sistemas de Inmersión Temporal (SIT).

INTEGRANTES DE BIOTECNOLOGÍA

Marta Lucía Guardiola Perilla, bióloga de la Universidad de los Andes, M.Sc en ciencias químicas de la Universidad Nacional de Colombia.



De izquierda a derecha: Silvia Carolina Rivera, Jaime Erazo, Mauricio Andrés Valencia, Jeimy Alexda Sabogal, José Elicio Mejía y Marta Lucía Guardiola

Alexander Sabogal González, biólogo de la Universidad Nacional de Colombia, con MSc. en ciencias agrarias de la misma universidad.

Juliana Cepeda Valencia, bióloga de la Universidad Nacional de Colombia, con MSc en medio ambiente y desarrollo y PhD en agroecología de la misma universidad.

Juan Manuel Díaz Hernández, técnico en enfermería auxiliar de la Escuela de Auxiliares de Enfermería de Tunja, con pregrado en ingeniería ambiental de la Universidad El Bosque y MSc. en gestión sostenible de la Leuphana Universität Lüneburg.

José Elicio Mejía Higuera, ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia, con MSc. en medio ambiente y desarrollo en el Instituto de Estudios Ambientales de la misma universidad.

Silvia Carolina Rivera Rodríguez, microbióloga de la Universidad de los Andes, con MSc en ciencias biológicas, microbiología ambiental y molecular, de la misma universidad.

Mauricio Andrés Valencia Camelo, ingeniero ambiental de la Universidad El Bosque. Especialista en gestión ambiental.

Jeimy Alexda Sabogal González, técnico auxiliar de laboratorio clínico del Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA.

Jaime Erazo, economista de la Universidad de los Andes, con MSc en economía ambiental de la misma universidad y de la Universidad de Maryland, Estados Unidos.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN/ SERVICIOS TECNOLÓGICOS

Biorremediación

Los integrantes del grupo de biotecnología utilizan microorganismos, principalmente hongos, para lograr que aquellos ambientes alterados por contaminantes retornen a su estado natural. Esta línea ha trabajado en sistemas modulares de biofiltración para el tratamiento de gases contaminantes y control de olores ofensivos; diseño y construcción de tratamiento de aguas por medios biológicos en humedales artificiales; biorremediación de suelos contaminados y procesamiento microbiológico de muestras ambientales.



Proyecto para eliminar H_2S en planta de energía

COFINANCIADOR: EMGESA

PROBLEMA: La planta de generación de energía El Paraíso, ubicada a 50 kilómetros al sur de Bogotá, en La Mesa, Cundinamarca, presentaba problemas por concentración de un gas tóxico, el Sulfuro de Hidrógeno (H_2S), que puede ser letal, y además porque genera un desagradable olor a huevo podrido.

NECESIDAD: Degradar el sulfuro de hidrógeno en la planta de generación de energía El Paraíso con el objetivo de mitigar el problema.

ANTECEDENTES: Las fuentes de contaminación por corrientes gaseosas en diversos procesos de los sectores industrial y agroalimentario son numerosas y se caracterizan por contener partículas de diversa naturaleza en altas concentraciones, generalmente nocivas para la salud humana, pues pueden provocar problemas respiratorios o sus olores desencadenar náuseas, dolores de cabeza y ansiedad, afectando el desempeño laboral.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA: El grupo de biotecnología del CIF, con el apoyo del grupo de física aplicada y desarrollo tecnológico, creó un biofiltro para eliminar el gas.

Luego de un proceso de selección, se eligió un grupo de microorganismos nativos asociados con el ácido sulfhídrico, H_2S , que lo eliminaran y dejaran solo el azufre. Contrario a lo utilizado en la mayoría de los casos, que son bacterias, el CIF encontró unos hongos filamentosos que cumplen la misma función y desarrolló la investigación, el desarrollo y el montaje de un sistema de prueba, un piloto.

La planta cuenta con capacidad para montar cuatro camas de prueba; tres de ellas funcionan con el sistema antiguo y el CIF montó una que ha demostrado una capacidad muy alta de degradación: ha logrado reducir en un 90 por ciento el problema.

El biofiltro está compuesto por un sustrato y un inóculo a partir de poblaciones nativas bioaumentadas capaces de atacar el contaminante, transformándolo en sustancias asimilables por el ambiente.

El aporte del grupo de física aplicada fue el componente electrónico, un dispositivo automatizado que tiene la capacidad de medir en línea parámetros como concentración de entrada y salida de H_2S y medición de caudal de manera automática, reflejando la información en diagramas.

Por medio de una conexión inalámbrica con el biofiltro se puede acceder al sistema desde cualquier computador que posea una tarjeta especial, lo que permite llevar un monitoreo en tiempo real.

Ese resultado también incidió en la descontaminación del aire que circunda la planta y el de la misma planta.

Los servicios prestados a la planta fueron: análisis y asesoría, planificación y desarrollo, fabricación, suministro, montaje y puesta en marcha de piloto.

RESULTADO: El biofiltro diseñado bajó la concentración del gas de 800 partes por millón a 60 partes por millón, sin necesidad de utilizar productos químicos, con una técnica eficaz de instalación.

DURACIÓN: Dos años.

Biología agrícola

En biotecnología agroecológica el grupo del CIF se ha especializado en realizar diagnósticos fisicoquímicos y microbiológicos de aguas para riego, y en el caso de los suelos ofrece también diagnósticos entomológicos.

Busca crear oportunidades de desarrollo sostenible a partir de la investigación aplicada, para lo cual trabaja de la mano con las agroindustrias.

El diseño, montaje y mantenimiento de jardines productivos agroecológicos también es una de sus líneas de acción. Está en capacidad de ofrecer asesoría técnica en:

- ▶ Manejo integrado de los sistemas agroecológicos
- ▶ Manejo de residuos sólidos orgánicos
- ▶ Implementación de normas nacionales e internacionales para la certificación en buenas prácticas agrícolas y agricultura agroecológica
- ▶ Elaboración de insumos agroecológicos a nivel de finca
- ▶ Plantulación y propagación agroecológica de plantas
- ▶ Establecimiento de protocolos para propagación masiva de plantas
- ▶ Servicio de control de calidad a insumos agroecológicos elaborados a nivel de finca



Proyecto Modelos Agroecológicos de Reforestación Productiva, MARP

COFINANCIADOR: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, EMGESA, Corporación Autónoma Regional, CAR, alcaldías de Caparrapí, Chaguaní, Guaduas y Puerto Salgar.

PROBLEMA: La planta de energía de Río Negro, en Puerto Salgar, donde EMGESA genera una cantidad importante de energía, tiene problemas por la erosión y deforestación de la cuenca del Valle de Río Negro. Los caudales se han acentuado con picos altos y bajos extremos lo que hace difícil la generación. Así mismo, la erosión aumenta la cantidad de partículas que tiene el agua del río, lo cual hace aún más difícil la operación de la planta.

Esta cuenca está prácticamente dedicada a la producción de caña de azúcar y panela y los árboles se han ido acabando no solamente por los cultivos sino porque los paneleros extraen la corteza de árboles como el balso, el cadillo y el guácimo, para sacar un mucílago que actúa como aglutinante natural en la limpieza de jugos de caña, lo que ha hecho que estas especies se encuentren amenazadas por su inadecuado uso.

NECESIDAD: Ofrecer alternativas sostenibles a la industria panelera de tal manera que no se comprometa la disponibilidad de una materia prima clave en el proceso de producción, ni se incrementen los costos, ni se cause daño ambiental progresivo por deforestación y colmatación de cuerpos de agua.

ANTECEDENTES: En los municipios de Caparrapí, Chaguaní, Guaduas y Puerto Salgar, la agroindustria panelera es el sector productivo más importante. Durante el proceso de producción de la panela se utiliza la corteza de árboles como el guácimo, el balso y el cadillo para extraer una baba que al disolverla en agua, y mezclarla con el jugo de caña tiene una

propiedad aglutinante, lo que significa que todos los sólidos suspendidos que vienen en el líquido, se concentran en un solo sitio y los paneleros pueden retirarlos más fácilmente de manera manual.

Al arrancar la corteza, que es la única protección del árbol, queda sin defensas, expuesto a todo tipo de amenazas por bacterias y hongos, con alta probabilidad de morir. Los paneleros siempre han tomado este aglutinante del entorno natural y como consecuencia hay regiones paneleras del país donde ya se agotaron esas especies. Nunca se ha restituido a la naturaleza ese componente natural.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA: El grupo de biotecnología diseñó un modelo agroecológico de reforestación productiva, MARP, conjuntamente con las comunidades de los municipios del occidente de Cundinamarca que participaron en el proyecto, partiendo de la necesidad de continuar con la industria panelera, pero promoviendo al mismo tiempo la conservación y la protección ambiental.

El componente social fue clave en este modelo, tanto desde la formulación de la intervención, para conocer de primera mano las necesidades, problemas y costumbres de los paneleros y diseñar con ellos las posibles soluciones, como poner a disposición de todos los involucrados los resultados y recomendaciones del proyecto, para socializarlos y validarlos a través de talleres y de escenarios colectivos de trabajo.

En la etapa de recolección y análisis de la información se levantó el referente histórico con líderes comunitarios paneleros para entender el contexto, pero además para lograr una propuesta económica con beneficio ambiental, social y económico.

Se establecieron luego unos modelos demostrativos para la reforestación de 2.5 hectáreas, un sistema agroforestal que integra a las especies productoras del aglutinante natural y la *Jatropha curcas* como especie promisoría para la obtención de biocombustible, con el fin de usarla para iniciar procesos de recu-

peración de suelos, considerarla como alternativa comercial y usar sus semillas como sustituto de la leña en hornillas.

RESULTADO: El CIF diseñó un modelo flexible, replicable y de bajo costo para la producción de panela utilizando los mismos árboles, pero de manera sostenible. El grupo de investigación del CIF logró germinar las especies en las mejores condiciones y conocer los mejores métodos de propagación como cultivo orgánico y el manejo de los árboles a través de la poda de las ramas en lugar de cortar el tronco, evitando su muerte.

Se hizo el análisis del componente ambiental del proyecto con base en la cuenca hidrográfica del río Negro, que estaba sufriendo las consecuencias de la deforestación de los árboles, ayudando a evitar la erosión y recuperando suelos y aguas.

Al trabajar de la mano con la organización social y económica de los paneleros para la protección y la reforestación productiva de la cuenca con especies útiles para la producción de la panela, así como para mejorar sus sistemas de producción, se logró cambiar la percepción de quienes argumentaban que como el problema de la cuenca era la industria panelera debía erradicarse.

Se socializaron los resultados con las comunidades y se creó un modelo de negocio sostenible, integrando todas las variables del nuevo modelo de producción.

El panelero cuenta ahora con todo su ciclo de suministros en su propia finca. El modelo está montado y se cuenta además con un mayor conocimiento de las especies.

Se introdujo el cultivo de la jatrofa para generar biocombustibles que pudieran eventualmente transformarse en generación energía, pero también para el control de la erosión.

DURACIÓN: Tres años.

“La gente está contenta porque vino un cambio en la forma de visualizar y de proyectar mejor su negocio y porque aprendieron a manejar todo el ecosistema, desde las plagas, el agua, la siembra y la deforestación de sus tierras para contribuir a una mejor vida”. Amadeo Hortúa, panelero de la región.



Producción limpia

La investigación aplicada a cadenas productivas regionales, como en el caso de la achira, ha sido otra de las líneas que ha trabajado el grupo de biotecnología. Está en capacidad de hacer diagnósticos de sistemas productivos, selección de procesos, diseño a escala piloto de soluciones tecnológicas de biotratamiento, escalamiento, implementación y seguimiento, y se ha especializado en ofrecer capacitaciones específicas en el ámbito de la producción limpia.



Gestión ambiental

Los problemas ambientales producto de carencias, prácticas inadecuadas agrícolas e industriales o desconocimiento de opciones tecnológicas son oportunidades y desafíos para el grupo de biotecnología del CIF.

Los integrantes de este grupo realizan estudios de impacto ambiental, planes de manejo y monitoreo, establecimiento e implementación de sistemas de gestión ambiental para el sector productivo, y acompañamiento a la industria en la implementación y seguimiento de planes de manejo ambiental.



Economía ambiental

Hoy en día es imposible hablar de ambiente, sin referirse necesariamente al aspecto económico de la actividad o proyecto que se piensa ejecutar. El grupo de biotecnología del CIF está en capacidad de hacer análisis de viabilidad financiera, costo-efectividad y análisis costo-beneficio de alternativas biotecnológicas para el sector agropecuario e industrial.

Con el propósito de optimizar beneficios, aprovechar nuevos mercados, generar aportes a la conservación de la biodiversidad y generar un manejo sostenible de los recursos naturales, diseña estrategias de planificación de la producción del sector agropecuario e industrial y propuestas de políticas e incentivos para la adopción de cambios tecnológicos. Apoya la generación de emprendimientos medioambientales y biotecnológicos con el sector privado y comunitario.

LOGROS E IMPACTO

Los logros del grupo de biotecnología se describen en productos y servicios para la industria en general, y para la biotecnológica en particular.

Hasta comienzos de la primera década del siglo, el grupo tuvo una producción académica alta, materializada en artículos científicos. La patente lograda se suma luego a los logros fruto del trabajo del grupo, pero desde hace unos cinco años las realizaciones de impacto tienen que ver más con las aplicaciones industriales y las soluciones a las necesidades de diferente tipo de empresas.

Consisten principalmente en la creación y adaptación de tecnologías para solucionar problemas de la industria, para lo cual, y esto también se considera un logro, ha aprovechado el conocimiento de los integrantes del grupo de física aplicada y desarrollo tecnológico consiguiendo complementar los productos y resultados de sus proyectos.

El desarrollo más sobresaliente del grupo ha sido la vinculación entre la investiga-

ción biológica en laboratorio y el campo. *"Nuestros logros son los productos y servicios que tenemos para ofrecer"*, dice su directora. Con base en este énfasis que hoy en día es la impronta del grupo, ven la necesidad de hacer un mayor esfuerzo por acercarse al sector productivo del país, escuchar sus necesidades y plantear posibilidades de solución, lo cual permitiría además la subsistencia financiera y la cohesión científica e innovadora del grupo y su relación con los demás grupos del CIF. *"La madurez de los investigadores, fundamentada en lo que hemos logrado y la claridad de saber para dónde vamos"*, es una de las fortalezas que identifica Guardiola en los investigadores que forman parte de su grupo.

La importancia que le asigna Guardiola a la formación académica de los integrantes les permite a los investigadores formarse, no solamente en sus laboratorios, sino por fuera del país, sin que se desvinculen de los proyectos, e incluso, en muchos casos, garantizando la posibilidad de regresar. *"Cada grupo tiene*

su forma de estructurarse, pero para mí, después de un periodo de tiempo, parte de mi misión es empujarlos del nido; cuando siento que es el momento de irse los dejo, no quiero retenerlos porque ellos tienen que seguir creciendo como seres humanos y como investigadores", dice. Y menciona a Gabriel Mora, quien adelanta su doctorado en el instituto alemán Max Planck. *"Hay muchos investigadores que han pasado por el CIF y se han beneficiado con esta experiencia. Eso es lo que se podría llamar proyección social"*.

Y así lo corrobora Juan Manuel Díaz, quien formó parte del grupo de biotecnología por alrededor de tres años, parte de los cuales estuvo en Alemania haciendo un MBA, y cuenta cómo dentro de sus funciones laborales estaba dedicarse a terminar su tesis: *"El hecho de que un investigador entre con pregrado y salga con maestría es un logro también"*, dice.

PROYECCIÓN EN EL PAÍS Y EL MUNDO

Las investigaciones y resultados del grupo de biotecnología han tenido impacto tanto a nivel académico como industrial. Con base en el claro enfoque que tienen sus investigadores y la experticia alcanzada en todos estos años, intensifican actualmente sus esfuerzos hacia la industria, sin dejar de lado la investigación básica y la búsqueda en otros contextos donde la aplicación de sus conocimientos es útil.

El trabajo interdisciplinario, con el objeto de proveer alternativas y soluciones

biotecnológicas integrales, ambiental y económicamente sustentables a los sectores productivos, seguirá siendo el derrotero del grupo.

Hará énfasis en el constante fortalecimiento del componente de investigación en las áreas de trabajo aquí descritas, así como el acercamiento a las industrias para ofrecer mecanismos de apoyo que permitan la generación de estrategias de optimización de materias primas y procesos y el mejoramiento de productos, en el marco de la legisla-

ción nacional e internacional, así como con miras al acercamiento a mercados verdes.

En este contexto, el grupo se vincula al interés y proyección de internacionalización de la investigación y desarrollo del CIF, abriendo sus fronteras inicialmente hacia América Latina, a través de proyectos de colaboración y prestación de servicios en la región.

PROYECTOS

1. 2010 **Optimización de procesos, protocolos e indicadores de seguridad biológica en la producción de suero Antiofídico Polivalente Liofilizado en Laboratorios Probiol, S.A.** Cámara de Comercio de Bogotá (CCB), Probiol S.A.
2. 2010 **Construcción de un piloto de reforestación en la cantera San Fernando – Mondoñedo Cundinamarca – Entidad Financiadora: Cantera San Fernando.** Cantera San Fernando.
3. 2009 **Construcción de soluciones biotecnológicas a problemas de saneamiento en un trapiche comunitario en el municipio de Guaduas – Cundinamarca.** Empresa de Energía de Cundinamarca (EEC), Universidad El Bosque, Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo (SEI) y SARAR – México.
4. 2007 **Construcción de modelos de reforestación productiva en cuatro municipios de Cundinamarca – Colombia.** Empresa de Energía de Cundinamarca (EEC), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Alcaldías Municipales de Guaduas, Puerto Salgar, Caparrapí y Chaguaní y Humus San Rafael.
5. 2007 **Implementación de alternativas de optimización de biofiltración de sulfuro de hidrógeno, planta de generación de energía el Paraíso.** EMGESA.
6. 2006 **Estandarización de protocolos para la propagación masiva de material vegetal por el sistema de inmersión temporal en la especie Canna Indica (Achira o Sagu), en el Departamento del Huila.** SENA Reg. Huila, Gobernación del Huila.
7. 1999 **Resistencia sistémica adquirida en plantas de rosa.** M.G. Consultores.
8. 1999 **Desarrollo de un elicitor de Resistencia Sistémica contra Botrytis cinerea. Fase I, II y III.** Jardines de los Andes.
9. 1999 **Diagnóstico fisicoquímico y microbiológico en tres pozos de crudo de Cupiagua.** B.P. Exploration Colombia.
10. 1999 **Evaluación del efecto de dos elicitores fúngicos como inductores de inmunidad fisiológica en cultivos de papa. Una alternativa sostenible al uso de plaguicidas.** Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria – Pronatta.
11. 1998 **Evaluación de la corrosión biológica en el sistema contra incendios de la Refinería de Barrancabermeja - Ecopetrol S.A.** Ecopetrol, Corporación para la Investigación de la Corrosión.
12. 1998 **Sistema de inmersión temporal. Una herramienta para la micropropagación masiva de plantas.** SENA, M.G. Consultores, Universidad Militar.
13. 1997 **Estudio de la resistencia inducida en plántulas de café.** Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
14. 1996 **Aplicación de Algunos Marcadores Bioquímicos y Moleculares de Resistencia en el Análisis de Tres Especies del Género Solanum Lam.** Colciencias.
15. 1995 **Contribución al Estudio del Papel de Algunos Elementos de la Pared Celular (Compuestos Fenólicos y los Xiloglucanos) en los Mecanismos de la Interacción Clavel (Dianthus-caryophyllus) Fusarium Oxysporum f.sp. dianthi.** Colciencias.

16. 1995 **Marcadores bioquímicos de patogenicidad. Mecanismos tempranos de ataque de Fusarium Oxysporum f.s.p. Lycopersici.** *Fundación Banco de la República.*
17. 1993 **Biochemical Markers of Pathogenecity". Early mechanisms of attack of Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici.** *TWAS.*
18. 1992 **Estudio del Genoma de la Yuca mediante las Técnicas de RFLP y RAPD.** *Colciencias.*

PUBLICACIONES

Libros

1. 1990 Marta Lucia Guardiola Perilla, Galileo Violini, Jose Luis Villaveces **Status and problems of Science in Latin America and the Caribbean** Colombia, ISBN: 9586080846 vol: 500 Págs. 541, Ed. Guadalupe.

Capítulos en libros

1. 1993 Marta Lucia Guardiola Perilla, M Buiatti, F Sala, M Dron **Study on the molecular basis of plant-pathogen interactions and the selection of resistant genotypes.** Bélgica, Consolidated Report Of Activities 1987-1990, ISBN: 9282645479, Págs. 18 - 21, Ed. Office For Official Publications Of The European Communities.
2. 2007 Juliana Cepeda Valencia, Eduardo Flórez Daza, Juan Jacobo Jimenez **Tarántulas y Arañas.** Colombia, Libro Rojo de invertebrados de terrestres de Colombia. Págs. 48 – 49.
3. 2007 Juliana Cepeda Valencia, Eduardo Flórez Daza **Esquizómidos, alacranes & escorpiones.** Colombia, 2007, Libro rojo de los invertebrados terrestres de Colombia. Págs. 66 – 82.
4. 2007 Juliana Cepeda Valencia, Eduardo Florez Daza **Esquizómidos, alacranes & escorpiones.** Colombia. Págs. 66 – 82.

Artículos en revistas científicas

1. 2010 Guardiola ML, Pérez D, Valencia M, Rivera SC **Participatory appraisal through microbiological indicators of pana production in the community trapiche El Hato – Guaduas Cundinamarca** *Revista de Tecnología* ISSN: 1692-1399, 2010 Vol. 9 Fasc. 1 Págs. 20.
2. 2009 Cepeda J, Sabogal A, León T **Aproximación a la diversidad de arañas y coleópteros en cultivos de café bajo manejo convencional y orgánico** *Revista Brasileira de Agroecología* ISSN: 1980-9735, 2009 Vol. 4 Fasc. 2 Págs. 2063 – 2066.
3. 2009 Ferreira LC, Florez E, Sabogal A **Arañas orbitelares de un bosque húmedo subtropical de la Sierra Nevada de Santa Marta (Magdalena, Colombia)** *Caldasía* ISSN: 0366-5232, 2009 Vol. 31 Fasc. 2 Págs.: 369 – 371.

4. 2007 Cepeda J, Florez E **Arañas tejedoras: Uso de diferentes microhábitats en un bosque andino de Colombia** *Revista Iberica de Aracnologia* ISSN: 1576-9518, 2007 Vol. 14 Págs. 39 – 48.
5. 2004 Villalba LS, Mikan JF, Sánchez J **Actividades hidrolíticas y caracterización isoenzimática de poblaciones microbianas aisladas de patrimonio documental del Archivo General de Colombia** *Nova Publicación Científica en Ciencias Biomédicas* ISSN: 1794-2370, 2004 Vol. 2 Fasc. 2 Págs. 50 – 58.
6. 2004 Florez E, Pinzón J, Sabogal A, Barreto N **Selección de presas y composición de la dieta de la araña *Alpaida variabilis* (Araneae:Araneidae) en pastizales de la sabana de Bogotá, Colombia** *Revista Iberica de Aracnologia* ISSN: 1576-9518, 2004 Vol. 9 Págs. 241 – 248.
7. 2004 Guardiola ML, Melgarejo LM, Murcia PN **Evaluación preliminar del efecto que sobre algunas enzimas del suelo tienen diferentes mecanismos de control del hongo (*Phytophthora infestans*) en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo dos tipos de manejo agrícola (orgánico y convencional).** *Acta Biológica Colombiana* ISSN: 0120-548X, 2004 Vol. 9 Fasc. 2 Págs. 71 – 75.
8. 2004 Florez E, Pinzón J, Sabogal A, Barreto N **Selección de presas y composición de la dieta de la araña *Alpaida variabilis* (Araneae:Araneidae) en pastizales de la sabana de Bogotá, Colombia.** España, *Revista Iberica de Aracnologia* ISSN: 1576-9518, 2004 Vol. 9 Págs. 241 – 248.
9. 2002 Florez E, Pinzón J, Barreto N, Sabogal A **Ciclo de vida y parámetros reproductivos de la araña orbitelar *Alpaida variabilis* (Araneae: Araneidae)** *Revista Colombiana de Entomología* ISSN: 0120-0488, 2002 Vol. 28 Fasc. 2 Págs. 183 – 189.
10. 2002 Castellanos DE **Sanidad vegetal en indicadores bioquímicos de resistencia sistémica a la gota en sistemas de agricultura ecológica y convencional** *Acta Agronómica* ISSN: 0120-2812, 2002 Vol. 51 Fasc. 3 y 4 Págs. 103 – 111.
11. 2002 Florez E, Pinzón J, Barreto N, Sabogal A **Ciclo de vida y parámetros reproductivos de la araña orbitelar *Alpaida variabilis* (Araneae: Araneidae).** Colombia, *Revista Colombiana De Entomología* ISSN: 0120-0488, 2002 Vol. 28 Fasc. 2 Págs. 183 - 189.
12. 2000 Guardiola ML, Ancizar F **Resistencia Sistémica o inmunidad vegetal** *Revista Colombiana de Biotecnología* ISSN: 0123-3475, 2000 Págs. 16 - 20
13. 1999 Escobar C, De Meutter J, Aristizábal FA, Sanz-Alfárez S, Del Campo FF, Barthels N, Van der Eycken W, Seurinck J, van Montagu M, Gheysen G, Fenoll C **Isolation of the LEMM19 Gene and Promoter Analysis during a Compatible Plant-Nematode Interaction** *Molecular Plant-Microbe Interactions*, Vol. 12, No. 5, Págs. 440-449
14. 1999 Torres MI, Taccioli G, Ajeggo P, Singleton BK, Rottinghaus ST **The C terminus of Ku80 Activates the DNA-Dependent protein Kinase Catalitic Subunit** *Molecular And Cellular Biology* ISSN: 0270-7306, 1999 Vol. 19 Fasc. 5 Págs. 3267 - 3277
15. 1999 Vaca JC, Peñaranda J, Torres I, Aristizábal F **Identificación de Potivirus presentes en Plantas de Lulo (*Solanum quitoence Lam*)** *Revista Colombiana de Biotecnología* ISSN: 0123-3475, 1999 Vol. 2 Págs. 9 – 15.
16. 1999 Guardiola ML, Montes V, Filgueira JJ **The Xyloglucan and Their Oligosaccharides on the Interaction Carnation – *Fusarium*** *Acta Horticulturae* ISSN: 0567-7572, 1999 Vol. 482 Págs. 175 - 178
17. 1999 Jiménez G, Bryntesson F, Torres MI, Priestley A, Beeche M, Hubank M, Taccioli G

18. **DNA-dependent protein kinase is not required for the p53-dependent response to DNA damage** *Nature* ISSN: 0028-0836, 1999 Vol. 400 Págs. 81 - 83.
19. 1998 Guardiola ML, Amaya MF **Analysis of 1,3 B Glucanase Activity of Solanum quitoense and Solanum marginatum Species Under Biotic Stress Conditions.** *Revista Colombiana de Química* ISSN: 0120-2804 Vol. 27 Págs. 25 – 29.
20. 1998 Amaya MF, Lopez E, Guardiola ML **Purification of 1,3 B- Glucanases of Fusarium oxysporum f.sp. Lycopersici** *Revista Colombiana de Química* ISSN: 0120-2804, 1998 Vol. 27 Págs. 29 – 31.
21. 1994 Guardiola ML, Bettini P, Bogani P, Pellegrini MG, Storti E, Bittini P, Buiatti **Modification of competence for in vitro response to Fusarium oxysporum in tomato cells. I. Selection from a susceptible cultivar for high and low polysaccharide content.** *Theoretical And Applied Genetics* ISSN: 0040-5752, 1994 Vol. 87 Págs. 988 – 995.
22. 1994 Guardiola ML, Bogani P, Pellegrini MG, Storti E, Bittini P, Buiatti M, Inze D **Modification of competence for in vitro response to Fusarium oxysporum in tomato cells. II. Effect of the integration of Agrobacterium tumefaciens genes for auxin and cytokinin synthesis** *Theoretical And Applied Genetics* ISSN: 0040-5752, 1994 Vol. 88 Págs. 89 – 96.

Artículos de divulgación

1. 2000 Guardiola ML, Ancizar F **Resistencia sistémica o inmunidad vegetal.** *Innovación y Ciencia* ISSN: 0121-5140, 2000 Vol. IX Fasc. Págs. 16 - 20 .
2. 2000 Moya M, Gutiérrez IC, Rodríguez M, Medina M, Osorio O **Caracterización e identificación de la carga microbiana presente en los tanques de eculización, acidificación, y reactores metanogénicos de una planta de tratamiento de aguas residuales en una cervecería de Bogotá** *Experiencias en Biotecnología, Empresas y Centros de vinculación Universidad-Empresa en América Latina y el Caribe. Sistema de Información Especializada* ISSN: 0, 2000 Págs. 82 – 84.

CONGRESOS

Conferencias

1. 2009 Sabogal A **Comunidades de arañas y coleópteros asociados a agroecosistemas bajo manejo convencional y ecológico** *Colombia XXXVI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología.*
2. 2009 Sabogal A **Estudio de comunidades de arañas (Arachnida, Aranae) en el Santuario Fauna y Flora Otún-Quimbaya (Risaralda, Colombia)** *Colombia. XXXVI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología.*
3. 2009 Sabogal A **Oribatidos de hojarasca (Acari:Oribatida) del Santuario de Flora y Fauna Otún-Quimbaya (Risaralda-Colombia)** *Colombia. XXXVI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología.*
4. 2009 Sabogal A **Comunidad de ácaros de hojarasca (Arachnida: Acari) del Santuario de Flora y Fauna Otún-Quimbaya (Risaralda-Colombia)** *Colombia. XXXVI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología.*

5. 2009 Sabogal A **Comunidad de ácaros gamasidos (Acari: Mesostigmata) del Santuario de Flora y Fauna Otún-Quimbaya (Risaralda-Colombia)** Colombia. XXXVI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología.
6. 2009 Sabogal A **Comparación de las comunidades de hormigas en dos cultivos de café (Orgánico y convencional) (Albán, Cundinamarca)** Colombia. VII Coloquio de la Unión Internacional para el Estudio de Insectos Sociales, Sección Bolivariana.
7. 2008 Sabogal A, Córdoba CA, Cepeda J, León T **Efectos de los tipos de manejo ecológico y convencional sobre la mesofauna edáfica en cultivos de papa y lechuga en Tenjo – Cundinamarca** Colombia XIV Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo.
8. 2008 Sabogal A **Estudio de comunidades de arañas (Arachnida, Araneae) en el Santuario de Fauna y Flora Otún Quimbaya (Risaralda, Colombia)** Argentina. II Congreso Latinoamericano de Aracnología y VI Encuentro de Aracnólogos del Cono Sur.
9. 2008 Cepeda J **Arañas asociadas a las Inflorescencias de Drymis granadensis (Winteracea)** Argentina II Congreso Latinoamericano de Aracnología.
10. 2008 Cepeda J **Comparación de la mesofauna edáfica en cultivos ecológico y convencional de papa y lechuga** Colombia XIV Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo “Manejo del suelo para la mitigación del cambio climático”.
11. 2008 Cepeda J **Comunidades de arañas asociadas a agroecosistemas cafeteros bajo manejo convencional y ecológico** Argentina. II Encuentro Latinoamericano de Aracnología.
12. 2008 Sabogal A **Aproximación al estudio de la comunidad de arañas del Parque Nacional Natural Cueva de los Guacharos, Huila, Colombia** Colombia. II Congreso Latinoamericano de Aracnología y VI Encuentro de Aracnólogos del Cono Sur.
13. 2008 Sabogal A **Comunidades de arañas asociadas a agroecosistemas cafeteros bajo manejo convencional y ecológico** Argentina. II Congreso Latinoamericano de Aracnología y VI Encuentro de Aracnólogos del Cono Sur.
14. 2007 Sabogal A **New records of orb-weaving spiders (Araneae: Araneidae) from the Colombian Amazon** Brasil 17th International Congress of Arachnology.
15. 2006 Florez E, Jiménez JJ, Sabogal A **Historia de la investigación del Orden Araneae en Colombia** Colombia. I Simposio de Aracnología. II Congreso Colombiano de Zoología.
16. 2005 Cepeda J, Florez E **Distribución vertical de una comunidad de arañas tejedoras en diferentes microhábitats de un bosque en la cordillera oriental de los Andes de Colombia** Uruguay V Encuentro de aracnólogos del Cono Sur y Primer encuentro Latinoamericano de Aracnología.
17. 2005 Cepeda J, Ojalora A, Arrollave J **Determinación del reclutamiento de individuos en una población de Araneus granadensis (Araneidae)** Colombia. IV Encuentro Científico de Estudiantes de Biología.
18. 2005 Ramirez DC, Valencia MA, Hernandez ER, Diaz F, Guardiola ML **Evaluación preliminar del Buchón de Agua (Eihornia crassipes) como herramienta de fitorremediación en aguas de desecho de una curtiembre de cuero vacuno** Colombia. VIII Seminario Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Salud y Medio Ambiente.

19. 2005 Guardiola ML, Ramírez D, Valencia M, Hernández E **Evaluación preliminar del Buchón de agua (Eichornia crassipes) como herramienta de fitorremediación de aguas de desecho de una curtiembre de cuero vacuno.** Colombia. VIII Seminario Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.
20. 2004 Cepeda J, Otalora A, Arrollave J **Determinación del reclutamiento de individuos en una población de Araneus granadensis (Araneae: Araneidae)** Colombia. XXXI Congreso SOCOLEN.
21. 2004 Sabogal A, Pinzón J **Estimativo preliminar de la riqueza de arañas en dos localidades de la Amazonía Colombiana** Colombia. XXXI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología.
22. 2003 Cepeda J, Pérez R, Sánchez D **Caracterización de la comunidad de arañas (Arachnida: Araneae) presente en Bosque alto andino y frailejunal del parque nacional natural Chingaza** Colombia. III Encuentro Científico de Estudiantes de Biología.
23. 2003 Cepeda J, Florez E **Distribución geográfica del escorpión Opistacanthus elatus (Scorpiones: Liochelidae) en Colombia** Brasil. IV Encontro Aracnólogos Cone Sul.
24. 2003 Sánchez CI **Micropropagación de Canna edulis Ker. en Sistemas de Inmersión temporal (SIT)** Brasil. Curso de Micropropagación de Flores y Plantas Ornamentales.
25. 2003 Sánchez CI, Castellanos DE **Inducción de resistencia sistémica en papa contra Phytophthora infestans utilizando Caldos Microbianos de Rizosfera en condiciones controladas (Tenjo -Cundinamarca)** Colombia. II Simposio de Microbiología Agrícola. Pontificia Universidad Javeriana.
26. 2003 Ceron LE, Castellanos DE, Sanchez DI, Carvajal **Inducción de resistencia sistémica en papa contra Phytophthora infestans utilizando caldos microbianos de rizosfera en condiciones controladas (Tenjo- Cundinamarca)** Colombia. VI Congreso Internacional de Microbiología Ambiental Pontificia Universidad Javeriana.
27. 2003 Castellanos DE **Inducción de resistencia sistémica en plantas de papa (Solanum tuberosum) con caldos microbianos de rizosfera de plantas sanas en condiciones controladas (Tenjo - Colombia)** Colombia. IV Congreso Internacional de Microbiología Ambiental y Segundo simposio Internacional de Biotecnología agrícola. Pontificia Universidad Javeriana.
28. 2002 Guardiola ML **Posibles efectos nocivos de formulaciones que contienen glifosato en biotas acuáticas y suelos** Colombia. 3er Encuentro Mundial de Ríos.
29. 2002 Sanchez CI, Guardiola ML, Bigwood J, Castellanos DE, Ceron LE, Hernández E, Moreno Y, Moya M, Sabogal A **Posibles efectos nocivos de formulaciones que contienen glifosato en biotas acuáticas y suelos.** Colombia. 3 Encuentro Mundial de Ríos.
30. 2002 Guardiola ML, Bigwood J, Castellanos DE, Ceron L, Hernández ER, Moreno Y, Moya M, Sabogal A, Sanchez CI **Posibles efectos nocivos de formulaciones que contienen glifosato en biota acuática y suelos** Colombia. 3er Encuentro Mundial de Ríos.
31. 2002 Ceron LE, Guardiola ML, Bigwood J, Castellanos DE, Hernández ER, Sabogal A, Sanchez CI, Moya M, Moreno Y **Posibles efectos nocivos de formulaciones que contienen glifosato en biotas acuáticas y suelos** Colombia. 3er Encuentro Mundial de Ríos.

32. 2002 Ceron LE, Moya M, Guardiola ML, Hernández E, Moreno Y, Mora G, Sanchez CI **Potencial de elicitors y microorganismos en la inducción de resistencia sistémica para el control de enfermedades en plantas** Colombia. II Taller Internacional de Fitopatología. I Taller Internacional de Control Biológico Universidad Militar Nueva Granada.
33. 2002 Castellanos DE **ISR with rhizospheric microorganisms in potato against *Phytophthora infestans* under conventional and organic farming systems** Colombia. Congreso de Inducción de Resistencia Sistémica. Universidad de Atenas.
34. 2002 Guardiola ML, Bigwood J, Castellanos DE, Ceron LE, Hernández ER, Moreno Y, Moya M, Sabogal A, Sanchez CI **Posibles efectos nocivos de formulaciones que contienen glifosato en biotas acuáticas y suelos** Colombia. 3er Encuentro Mundial de Ríos.
35. 2002 Moya M, Moreno Y, Hernández ER, Sanchez CI, Castellanos D, Sabogal A, Ceron L, Guardiola ML **Posibles efectos nocivos de formulaciones que contienen glifosato en biotas acuáticas y suelos** Colombia. Posibles efectos nocivos de las formulaciones que contienen glifosato en biotas acuáticas y suelos.
36. 2002 Guardiola ML, Bigwood J, Castellanos DE, Ceron L, Hernández E, Moreno Y, Moya M, Sabogal A, Sanchez CI **Posibles efectos nocivos de formulaciones que contienen glifosato en biota acuática y suelos** Colombia. 3er Encuentro Mundial de Ríos.
37. 2001 Sabogal A, Florez E, Pinzón J, Barreto N **Ciclo de vida de la araña *Alpaida variabilis* Keyserling, 1864 (Araneae:araneidae) en la Sabana de Bogotá** Colombia. XXVIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología.
38. 2001 Sabogal A, Florez E, Pinzón J, Barreto N **Hábitos alimenticios de la araña *Alpaida variabilis*, Keyserling (Araneae:Araneidae) y su efecto depredador sobre la chinche de los pastos *Collaria scenica*, Stal (Hemiptera:Miridae) en la Sabana de Bogotá** Colombia. XXVIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología.
39. 2001 Moreno Y, López N, Zamora HM **Purificación parcial de las b-(1,3)-glucanasas presentes en plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum* var. *Cerasiforme*) y de *Phytophthora infestans*** Colombia. Congreso Colombiano de Química.
40. 2000 Fajardo M, Sanchez CI, Bocanegra GA, Torres E, García C, Ramírez C, León T, Guardiola ML, Castellanos DE **ISR with rhizospheric microorganisms in potato against *Phytophthora infestans* under conventional and organic farming systems** Argentina. Congreso inducción de resistencia sistémica Ponencia:
41. 2000 Castellanos DE, Fajardo M, Sanchez CI, Bocanegra GA, Torres E, García C, Ramírez C, León T, Guardiola ML **ISR with rhizospheric microorganisms in potato against *Phytophthora infestans* under conventional and organic farming systems**. Grecia. Primer Simposio Internacional sobre Resistencia Inducida en Plantas contra Enfermedades.
42. 2000 Sánchez CI **Resistencia Sistémica Adquirida como alternativa viable al uso de plaguicidas** Colombia. Segundo encuentro de Ríos, Lagos y Lagunas de Colombia y del Mundo.
43. 2000 Sanchez CI, Ramírez C, León T, García C, Bocanegra GA, Castellanos D, Guardiola ML, Fajardo M **ISR with rhizospheric microorganisms in potato against *Phytophthora infestans* under conventional and organic farming systems** Grecia. Primer Simposio Internacional sobre Resistencia Inducida en Plantas Contra Enfermedades.

44. 2000 Guardiola ML, Melgarejo LM, Vásquez J **Time Course study of the differential induction of PR's by different glycoproteins purified from a fungal elicitor of *Fusarium oxysporum* on *Solanum quitoense* plants.** Grecia. Primer Simposio Internacional sobre Resistencia Inducida en Plantas contra Enfermedades.
45. 1999 Guardiola ML, Rodríguez CP, Hernández MM, Candedo C, Acosta JA, Sanchez CI
46. **Corrosión influenciada por microorganismos en el sistema de aguas contra incendios. Parte I: Caracterización** Colombia. V Congreso Colombiano de Corrosión y Protección.
47. 1999 Sanchez CI, Guardiola ML, Candedo C, Hernández MM **Corrosión influenciada por microorganismos en el sistema de aguas contraincendios. Parte I: Caracterización** Colombia. V Congreso Colombiano de Corrosión y Protección.
48. 1999 Sánchez CI **Corrosión influenciada por microorganismos** Colombia. II Seminario de Ingenieros Químicos.
49. 1999 Guardiola ML, Filgueira JJ **Variation achieved in carnation by non-hormoned organogenesis.** Cuba. Taller Internacional de Biotecnología Vegetal BIOVEG'99.
50. 1998 Guardiola ML, Melgarejo LM, Amaya MF **The Activity of 1,3 B-Glucanases Induced by a Fungal Elicitor as a Dynamic Compound of Systemic Acquired Resistance.** Israel. IX International Congress on Plant Tissue and Culture, Plant Biotechnology and In Vitro Biology in the 21st Century.
51. 1997 Guardiola ML, Mikan JF, Amaya MF **Is Systemic Acquired Resistance Dependent on a Multiple Receptors System?** Argentina. III Iberoamerican Congress of the Society of Biophysics.
52. 1997 Sánchez CI, Romero A **Estado de resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a Piretroides Sintéticos y Organofosforados en fincas del Norte de Santander** Colombia. Tercer Seminario Técnico de Corpoica Regional Siete.
53. 1996 Torres MI, Mantell SH **Transgenic *Nicotiana benthamiana* carrying the coat protein gene of Yam Mosaic Virus** Barbados International Workshop "Yam Network".
54. 1992 Guardiola ML, Bettini P, Bogani P, Pellegrini MG, Storti E, Buiatti M, Schipani C, Martena F, Simeti C, Sala F **Reciprocal induction of DNA Amplification in the System *Fusarium oxysporum* - *Lycopersicon esculentum*** Inglaterra. 1st European Conference on Fungal Genetics.

Memorias

1. 2008 Beltran NJ, Lopez DA, Campos DF, Sabogal A **Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de hojarasca de cuatro coberturas vegetales del SFF Otún-Quimbaya (Risaralda-Colombia).** Colombia. XXXV Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología Ponencia y Resúmenes ISBN: 584435798.
2. 2006 Cepeda J, Sabogal A **Arácnidos: Cómo y dónde capturarlos** Colombia. I Congreso Colombiano de Zoología - Simposio de Aracnología Ponencia y II Congreso Colombiano de Zoología Libro de resúmenes ISBN: 9769089.

3. 2006 Pinzón J, Benavides L, Sabogal A **Nuevos registros para la familia Araneidae (Arachnida: Araneae) en la región de la amazonia colombiana Colombia.** I Simposio de Aracnología. II Congreso Colombiano de Zoología Ponencia y Segundo Congreso Colombiano de Zoología. Libro de Resúmenes. 572 P. ISBN: 978958976X Págs.: 150, 1.
4. 2006 Sabogal A, Cepeda J **Arácnidos: cómo y dónde capturarlos Colombia.** I Simposio de Aracnología. II Congreso Colombiano de Zoología Ponencia y Libro de resúmenes del II Congreso Colombiano de Zoología ISBN: 978958976.

PATENTES

1. 2000 **Procedimiento de preparación de un elicitador de origen fúngico y el producto derivado de dicho procedimiento.** Radicación No. 070.959 del 19 de septiembre. Superintendencia de Industria y Comercio.
2. **Elicitador natural de resistencia sistémica inducida** (a través de PCT Oficina de Marcas y Patentes del Departamento de Comercio de los Estados Unidos (Patent and Trademark Office – United States Department of Commerce).

TESIS Y TRABAJOS DE GRADO

Maestría

1. 2009 Gamarra Y **Evaluación de la interacción de métodos de control biológico, microbial y cultural del ácaro plaga Tetranychus urticae (Acarina:Tetranychidae) en un cultivo comercial de rosas en La Sabana de Bogotá.** Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Javeriana.
2. 2009 Cepeda J **Comunidades de arañas y coleópteros asociados al café: Análisis ecológico y aproximación a la valoración económica del impacto del manejo agrícola convencional y ecológico sobre sus servicios ecosistémicos.** Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia
3. 2001 Fajardo M **Resistencia sistémica inducida y adquirida en plantas de ñame.** Microbiología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
4. 2001 Fajardo M **Uso de elicitores bióticos de Botrytis cinerea para evaluar el efecto como posible inductor de resistencia sistémica en plantas de pompon (Crysanthemum monifolium) cultivadas bajo condiciones de invernadero.** Interfacultades en Microbiología, Universidad Nacional de Colombia.
5. 2001 Sánchez CI, **Pseudomonas spp. Fluorescentes y su relación con los mecanismos de defensa de plantas de papa (Solanum tuberosum L.) contra Phytophthora infestans bajo dos tipo de manejo agrícola (convencional y orgánico).** Interfacultades en Microbiología, Universidad Nacional de Colombia.
6. 1999 Hernández MM **Evaluación de la corrosión mediada por bacterios sulfato reductores.** Interfacultades en Microbiología, Universidad Nacional de Colombia.

7. 1996 Mikan JF **Estudio de las modificaciones en la composición de la pared de *Fusarium oxysporum* f.sp. *Lycopersici* bajo interacción con líneas resistentes y susceptibles de tomate.** *Interfacultades en Microbiología, Universidad Nacional de Colombia.*
8. 1995 Filgueira JJ **El xiloglucano y sus oligosacáridos como parámetro de resistencia, en la interacción huesped-parásito.** *Bioquímica, Universidad Nacional de Colombia.*

Pregrado

1. 2010 Botto FC, Padilla YP **Arañas tejedoras (Arachnida: Araneae) de los cerros de Santa Marta (Magdalena, Colombia)** *Biología, Universidad del Magdalena - Unimagdalena.*
2. 2009 González, D **Aislamiento e identificación de biota cultivable del biofiltro piloto planta El Paraíso (Emgesa S.A.)** *Microbiología Industrial, Pontificia Universidad Javeriana.*
3. 2009 Sánchez, AC **Aislamiento y caracterización de microorganismos nativos de suelo de Providencia, potenciales productores de ácido glutámico.** *Microbiología Industrial, Pontificia Universidad Javeriana.*
4. 2008 Torres D **Estudio preliminar de la comunidad de coleópteros presentes en la hojarasca de cuatro coberturas vegetales del Santuario de Fauna y Flora Otún-Quimbaya (Risaralda - Colombia).** *Biotecnología.*
5. 2008 Espinosa A, Hernández J **Ácaros de hojarasca en un bosque secundario tardío del Santuario de Fauna y Flora Otún-Quimbaya (Risaralda, Colombia).** *Biotecnología.*
6. 2008 Sierra A, Jimeno E **Composición de la comunidad de ácaros (Arachnida: Acari) de hojarasca en dos coberturas del SFF Otún Quimbaya (Pereira, Risaralda)** *Biotecnología.*
7. 2007 Beltrán NJ, López DA **Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de hojarasca de cuatro coberturas vegetales del SFF Otún-Quimbaya (Risaralda-Colombia).** *Biotecnología*
8. 2007 García, DA **Aportes al ciclo de vida de CO₂ en la cadena productiva del etanol biocarburante** *Ingeniería Ambiental, Universidad El Bosque - Escuela Colombiana de Medicina*
9. 2006 Valencia MA **Evaluación preliminar del Buchón de Agua (*Eihornia crassipes*) como herramienta de fitorremediación en aguas de desecho de una curtiembre de cuero vacuno.** *Ingeniería Ambiental, Universidad El Bosque - Escuela Colombiana de Medicina.*
10. 2006 Ramírez, DC, Valencia AM. **Caracterización metabólica parcial de láminas filtrantes en aguas residuales de la industria de cuero vacuno.** *Ingeniería Ambiental, Universidad El Bosque.*
11. 2006 Ramírez Jackelin **Un acercamiento al estudio de la comunidad de arañas del Parque Nacional Natural Cueva de los Guacharos.** *Biotecnología*
12. 2005 Valencia MA **Evaluación preliminar del Buchón de Agua (*Eihornia crassipes*) como herramienta de fitorremediación en aguas de desecho de una curtiembre de cuero vacuno.** *Ingeniería Ambiental, Universidad El Bosque - Escuela Colombiana de Medicina.*
13. 2003 Mora G **Contribución al conocimiento de los mecanismos metabólicos de defensa vegetal.** *Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.*

14. 2003 Tamayo S. **Evaluación de crecimiento de actinomicetes en caldos microbianos de rizosfera de papa (*Solanum tuberosum*)**. *Microbiología Industrial, Pontificia Universidad Javeriana*.
15. 2003 Ruiz E **Efectos de la disponibilidad de hierro (III) en la inducción de resistencia sistémica mediada por rhizobacterias**. *Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia*.
16. 2003 Villamil, M **Evaluación del crecimiento de actinomicetes en caldos microbianos de rizósfera de plantas de papa (*Solanum tuberosum*)**. *Microbiología Industrial, Pontificia Universidad Javeriana*
17. 2002 Murcia PN **Evaluación del efecto que sobre algunas enzimas del suelo tienen diferentes mecanismos de control del hongo *Phytophthora infestans* en un cultivo de papa *Solanum tuberosum* bajo dos tipos de agricultura (orgánica y convencional)**. *Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia*
18. 2001 Castellanos de **Estudio e identificación de microorganismos aislados a partir de caldos microbianos de rizosfera de plantas de papa (*solanum tuberosum*) sanas provenientes de un cultivo bajo tratamiento orgánico**. *Microbiología Industrial, Pontificia Universidad Javeriana*.
19. 2001 Sánchez CI **Estudio e identificación de Microorganismos Aislados a partir de Caldos Microbianos de Rizosfera de Plantas de Papa Sanas Provenientes de un Cultivo bajo Tratamiento Orgánico**. *Pontificia Universidad Javeriana*.
20. 2000 Hernández ER **Análisis comparativo de la inducción de resistencia sistémica adquirida (RSA) con un elicitor fúngico en plantas de papa *solanum tuberosum* L. bajo dos tipos de manejo agrícola**. *Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia*.
21. 1998 Vásquez J **Aislamiento y Caracterización Parcial de Glicoproteínas con actividad Elicitora, de la Pared Celular de *Fusarium oxysporum***. *Química Farmacéutica, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. (Mención Meritoria)*.
22. 1998 Torres M **Análisis de la Resistencia Sistémica Inducida por un Elicitor de Origen Fúngico en Plantas de Papa**. *Química Farmacéutica, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia*.
23. 1996 Amaya MF **Análisis del contenido de b1,3 glucanasas ácidas en *Solanum marginatum* y *Solanum quitoense*, bajo condiciones de estres biótico**. *Química, Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia. (Mención Meritoria)*.
24. 1995 Bongcam V **Introducción de *Solanum quitoense* Lam en las técnicas de cultivo in vitro**. *Biología, Universidad de los Andes*.

INVESTIGADORES FORMADOS

Marta Lucía Guardiola Perilla, Alexander Sabogal González, Claudia Liliána Calixto Álvarez, Diana Edith Castellanos Suárez, Juliana Cepeda Valencia, Laura Emilia Cerón Rincón, Sandra Cordoba Amoroch, Juan Manuel Díaz Hernández, Monica Fajardo Lopez
 Marcela Franco Correa, Diego Alejandro García Barbosa, María Mercedes Hernandez Santana, Néstor Raúl León Rozo, José Elicio Mejía Higuera, Gabriel Eduardo Mora Oberlaender, Yovany Alberto Moreno Peñaranda, Mónica Moya Moreno, Diana Jacquelin Pérez

Gutierrez, Silvia Carolina Rivera Rodríguez, Clara Ines Sánchez Suárez, María Isabel Torres Arzayus, Mauricio Andrés Valencia Camelo, Oscar Mauricio Vargas Bayona, Luz Stella Villalba Corredor, María Fernanda Amaya Velasco, Harold Duban Ardila Barrantes
 Cecilia Stephania Cantor Vaca, Juan Jose Filgueira Suárez, David González Alfonso, Leonardo Alfredo Granados Manjarrés, Eliana Rocio Hernández Hoyos, Elisa Jimeno Calle, Sandra Johana Tamayo, David Andrés Luna Sarmiento, Ana Jazmin Medina Rangel, Pedro Nel

Murcia Garcia, Carolina Paba Bossio, Oscar Arcenio Portela Aguirre, Elizabeth Ruiz Lancheros, Janeth Alexandra Sierra Monroy, Jovanna Marcela Suarez Barreiro, Ana Marcela Torres Amaya, Juan Carlos Vaca Vaca, Juan Manuel Vargas Rojas, Janneth A Vasquez Guerra, Marien Villamil Preciado, Magnolia Herrera Marchena, Jeimy Alexda Sabogal González y Andrea Carolyn Sánchez Martínez.



FÍSICA APLICADA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

APLICACIONES DEL CONOCIMIENTO

Muchas conversaciones y largos debates antecedieron al hoy grupo de física aplicada y desarrollo tecnológico. El CIF tenía la idea de montar un laboratorio de microelectrónica, con un enfoque más teórico que práctico. En 1994 el físico José García, director de la Unidad de Equipos Interfacultades, CEIF, de la Universidad Nacional de Colombia, buscaba otros rumbos y aterrizó en una oficina del CIF, cuando Álvaro Pantoja, en ese entonces subdirector, tenía claro el perfil de quien dirigiera ese grupo: 'alguien con imaginación pero con los pies en la tierra' (Ver Capítulo 1 – Página 39).

Entre los planes de García no estaba hacer un PhD, ni convertirse en investigador de laboratorio. Era práctico, creía en las capacidades del recurso humano del país para solucionar los problemas nacionales, tenía fe en que con creatividad y sin un laboratorio de punta se podían lograr desarrollos tecnológicos

aplicables, adaptados a los recursos y a las necesidades de la industria colombiana, pero también era impaciente: que no solamente se generaran las ideas, sino que se concretaran y eso fuera en el corto plazo.

Había estudiado física en la Nacional, pero le fascinaba la electrónica y era muy bueno arreglando y montando equipos, mejorando sus funciones, implementando nuevos desarrollos a partir de aparatos obsoletos. Antes de entrar al CIF, en honor a sus habilidades manuales y a su capacidad para generar soluciones e inventarse aparatos lo llamaban *Talleres El Gallo*. Era raro que un físico estuviera dedicado a esas labores.

Todos los equipos que ha construido, desde los primeros que montó en el CIF hasta los que produce hoy en día el grupo que lidera, tienen la característica de responder a una necesidad del sector investigador o productivo. Y la creatividad es esencial en su desempeño: “con

unas impresoras viejas y dañadas que le habían donado al CIF, construí equipos para agitar suavemente las células vegetales de los proyectos de Marta Guardiola en biotecnología”, cuenta.

En 1995 diseña y construye un microscopio de barrido por efecto túnel, (STM) con materiales no sofisticados. Un par de años más tarde Colciencias aprueba un proyecto para construir una estación meteorológica y otro para desarrollar un equipo con la técnica de PCR (Polymerase Chain Reaction).

El desarrollo de la estación meteorológica automática se consolidó en un equipo que compite satisfactoriamente con las versiones importadas, tanto en calidad como en precio. Tiene la capacidad de medir ocho variables de forma analógica y dos de forma digital, entre ellas la velocidad y la dirección del viento, la temperatura y la humedad relativa. La estación es completamente programable por el usuario, a través

de un teclado o por intermedio de un computador conectado a la estación, donde se define el período de muestreo de cada una de las variables en un rango que va de 2 segundos a 36 horas.

El diseño del equipo de PCR integró la funcionalidad del aparato con la estabilidad de temperatura, parámetro que según la investigación es crítico para su buen funcionamiento. Entre sus múltiples aplicaciones, en el área vegetal fue útil en el CIF para la identificación de virus, en estudios de fitomejoramiento, y también como una herramienta de selección de individuos de especies resistentes a agentes patógenos o climáticos.

Con estos proyectos empezó a formar el grupo que le permitió lograr los resultados esperados y con la calidad buscada.

Hacer instrumentación electrónica era fácil para García. El reto ahora era

empezar a buscar industrias que tuvieran problemas, para poder ofrecerles soluciones.

El primer proyecto con la industria fue con Sika Andina S.A., apoyado por Colciencias, (1996) para desarrollar un equipo de medición del fraguado del concreto mediante energía ultrasónica, basado en las ideas de un ingeniero argentino, Marcos Bollati, que estudiara las propiedades mecánicas de los materiales y del concreto fresco, con énfasis en el Concreto Compactado con Rodillo (CCR), el cual culminó con gran éxito en su aplicación porque no había nada equivalente a nivel mundial. El equipo, que ya cuenta con varias versiones más sofisticadas y hoy en día es portátil o incluso puede manejarse de manera remota, medía los tiempos de fraguado, el calor de hidratación, los cambios volumétricos, el tiempo máximo de puesta en obra del concreto y entre capas, la

eficiencia de adiciones y aditivos, y el desempeño del material cementante. El equipo determina con precisión los tiempos de fraguado de las mezclas de concreto que se utilizan en la construcción de grandes infraestructuras de construcción. Por este desarrollo mereció el Premio Excelencia en Concreto 1998, en la categoría 'Investigación Profesional Alejandro Sandino', entregado por la Asociación de Productores de Concreto, ASOCRETO, y fue declarado fuera de concurso en el premio a la Innovación Tecnológica organizado por Colciencias.

Cuando el entonces Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología abrió las convocatorias para proyectos con la industria, a riesgo compartido, le aprobaron uno con Smurfit Cartón de Colombia y otro con Incolbestos.

Corrección automática "Encocado" del cartón corrugado durante el proceso de fabricación:

COFINANCIADOR: SMURFIT CARTÓN DE COLOMBIA – COLCIENCIAS – CIF

PROBLEMA: La fábrica de Cali envía el papel a la planta en Bogotá para terminar aquí el proceso de fabricación de cajas de cartón. Durante el recorrido de la lámina de papel en la máquina que produce el cartón, que tiene una extensión aproximada de 60 metros, a veces se dobla o produce una curvatura, que en el argot de la compañía se llama encocado. Se trata de una lámina muy delgada, de dos metros de ancho, que al final es cortada y se van arrumando para luego pasar a otras máquinas que producen dobleces en los cartones, para que finalmente el consumidor arme su caja de acuerdo con el tamaño deseado. "En esa época (2000) tenían que devolver a Cali el 13% de ese cartón porque salía tan doblado que trababa la siguiente máquina", cuenta García. A veces también salía con burbujas. Un punto de rechazo de papel costaba tres millones de pesos por punto mensual.

NECESIDAD: Reducir o eliminar el 'encocado' de las láminas, así como la presencia de las burbujas, y minimizar así costos en tiempos de producción, hora – hombre, transporte de nuevo a la capital del Valle.

ANTECEDENTES: El problema había sido identificado claramente por los ingenieros, y a pesar de diferentes propuestas de soluciones, no habían logrado superar el problema. Una firma japonesa cobraba diez millones de dólares por la solución.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA: García llegó a la conclusión que el problema tenía que ver con la humedad y la tensión del cartón, y, convencido que podía resolverlo, empezó a trabajar en la solución. "Eché matemáticas, le pregunté al jefe de control de calidad de Cali, me dio antecedentes, empecé a entender cómo era el asunto", recuerda. Así que formulado el proyecto y aprobado por Colciencias, García comenzó a frecuentar la planta, estableció confianza con el personal e inició el diseño de un sensor, jese era el corazón del proyecto! Este aparato generaba unas gráficas que medían una serie de variables y las mostraba en una pantalla: medía velocidad, temperatura, humedad relativa del papel, el nivel de encocado, la tensión del papel y la cantidad de goma. Era la primera vez



Medidor de tensión

que se contaba con esta información. No fue un proceso fácil. Incluso los operarios, algunos de los cuales llevaban décadas trabajando en la compañía, se sintieron amenazados con la nueva tecnología y pensaron que podrían perder sus empleos. "Si nosotros manejábamos la máquina, funcionaba muy bien, pero con los operarios no", dice García. Además lograron determinar la calidad de los rollos de papel enviados desde Cali y decidir si eran óptimos para continuar el proceso: si las gráficas demostraban que no lo eran, se devolvían. La tecnología generó un fuerte cambio de cultura en la empresa.

RESULTADO: El conocimiento a cabalidad de las características del producto fue uno de los logros del proyecto. El sensor, aunque con modificaciones que cada vez lo hacen mejor, ya lleva más de diez años funcionando, tiempo en el cual los desarrolladores del CIF han continuado asesinando el proceso. Hoy en día el rechazo ha bajado al tres por ciento. El proyecto costó alrededor de 300 millones de pesos. "El costo de la máquina lo han pagado cientos de veces, porque ha permitido ahorrar y mejorar la producción", continúa García.

Smurfit usa la tecnología, se beneficia de ella, pero el desarrollo no puede ser socializado ni ofrecerse a otra compañía. "Ellos son los dueños del derecho al uso y nosotros del conocimiento", remata. "Yo creo que hay mucho aprendizaje en esa experiencia", dice García.

DURACIÓN: Dos años. El proyecto fue continuamente mejorado durante los siguientes cinco años.

El trabajo con Incolbestos consistió en diseñar y construir un prototipo de máquina que dosificara cantidad y distribución del abrasivo en el molde para formar las pastillas del freno para automotores, dado que los materiales para producirlas son agresivos para la salud y para el medio ambiente. Aunque no fue del todo exitoso, "fue muy interesante porque nos le medimos a un problema en el que llegamos a la solución conceptual y a una máquina que funcionaba por períodos cortos de tiempo", dice García.

Luego vino el desarrollo de un método para estudiar el envejecimiento y el comportamiento de estructuras de concreto armado, como puentes y edificios en 1999. Se trata de una tecnología que concretamente mide la vibración de los puentes y calcula su salud estructural, con lo cual es posible monitorearlos. Se utilizó un sistema de estado sólido para la medida de las aceleraciones, de alta sensibilidad, que permite calcular los desplazamientos sufridos por la estructura en el eje vertical y horizontal. El equipo se instala en cada una de las vigas del puente y mide de manera permanente las aceleraciones a que es sometida la estructura por efecto de la carga, información que se compara con un valor máximo permitido para cada viga. Este aparato ha sido permanentemente actualizado y mejorado. Actualmente 50 puentes de la ciudad de Bogotá cuentan

con esta tecnología, y la transmisión de datos, que se realiza por teléfono celular a través del sistema GSM o GPRS, llega

directamente al Instituto de Desarrollo Urbano, IDU.

La cara... positiva



JUAN CASTIBLANCO

Un duro en concreto

Que Colombia produzca tecnología vaya y venga. Pero que sea de punta y no la tenga ningún país desarrollado merece un minuto de reflexión.

JOSÉ ENRIQUE GARCÍA Y SU GRUPO DE TRABAJO lograron crear una técnica de energía ultrasónica para monitorear el proceso de fraguado en concretos. Esto, en blanco y negro, quiere decir que los ingenieros sabrán de cuánto tiempo disponen para manipular este material en grandes construcciones, co-

mo puentes y represas. Fue un trabajo dispendioso que les costó tres años de investigación. Y aunque parezca un asunto de mucho peso y ladrillado, tras los derechos del invento se encuentra la famosa compañía suiza Sika Internacional. Es un hecho concreto: Colombia sí tiene un duro.

Este proyecto surge por la necesidad de conocer con más de un año de anticipación si un puente urgía intervención por su nivel de deterioro, lo que facilitaría la consecución de recursos al interior de la entidad responsable, y por supuesto evitaría posibles desgracias.

Gracias a la innovación del CIF ha sido posible diagnosticar el estado de los puentes, tumbar unos y corregir las deficiencias de otros. *“Medimos el puente sobre el río Tunjuelito antes de que lo repararan y después de reparado, dijimos que no había quedado bien reparado y evidentemente dos años después estaba en muy malas condiciones”*, afirma García.

Hasta el 2001 entre los proyectos que ya formaban parte de la hoja de vida de esta unidad de investigación y desarrollo del CIF se destacan la adecuación y puesta en funcionamiento del laboratorio túnel del viento del Centro de Estudios Aeronáuticos, el desarrollo de un sistema de control, medición y manejo de un reactor de plasma para el tratamiento de hidrocarburos y sus derivados, y la instalación y puesta en marcha de un sistema de monitoreo para observar el comportamiento interno de temperatura de los cuartos fríos del Programa Ampliado de Inmunización, PAI, programa nacional de vacunación.

Estamos en el comienzo del siglo, cuando la medición de los grupos de investigación y desarrollo tecnológico comienza a consolidar una cultura para acceder a recursos económicos. Y a pesar de que el grupo liderado por García no 'clasificaba', según los parámetros de Colciencias, *“si aparecían sus productos y las tecnologías desarrolladas, como la de los puentes, en las publicaciones institucionales de Colciencias, a modo de ejemplo”*.

El hecho de no tener PhD, ni de publicar sus investigaciones le ha causado dolores

de cabeza a este grupo, a la hora de solicitar financiación a Colciencias. Pero García cada vez está más convencido que no se necesita ser PhD para poder hacer ciencia ni para generar tecnología, lo cual ha sido su objetivo desde que ingresó al CIF. *“Hacer tecnología que le sirva a los demás. Ese era mi objetivo y lo he logrado”*, dice.

Por esta razón para García no es una prioridad publicar. Para financiarse, el grupo empieza entonces a aproximarse al sector productivo y a desarrollar proyectos con las diferentes industrias y empresas, públicas y privadas. La labor se inicia cuando se detecta una necesidad, momento en el cual el grupo determina exactamente el problema a través de visitas a las empresas y largas conversaciones con los ingenieros y el personal operativo y se establece un diálogo, donde la confianza es clave. *“Ahora es más fácil porque ya sabemos hablar como piensan los ingenieros, luego escribimos la propuesta”*. Y con el reto de entregar una solución, también aprendieron a calcular costos y el tiempo para lograrlo.

“Somos como una comercialización del conocimiento”, lo define el ingeniero electrónico Carlos Perilla, integrante del grupo.

El equipo humano ha logrado sinergias que hacen que la labor sea complementaria, desarrollando cada cual su especialidad. *“La gente que entra a este grupo en menos de un año entiende que su supervivencia depende de lo que haga por sí mismo, y no que alguien le diga lo que tiene que hacer y cómo lo debe hacer”*, explica García. *“Es una concepción de vida”*.

Dentro de esa filosofía de trabajo que inculca, también está *“el derecho y el deber de pensar”*. Sobreviven en el grupo quienes asumen el reto de pensar y ser capaces de exponer y defender

pensamientos y soluciones ante el resto del grupo. *“Eso ha sido difícil, pero lo hemos logrado con mucho esfuerzo. Por ejemplo Freddy es técnico del SENA, y todos le tenemos un gran respeto porque encuentra las soluciones en los lugares más inesperados, se le ocurren muy buenas ideas, así como a otro de los nuestros, Genry Gaspar”*.

“Lo que nosotros hacemos acá es hablar”, dice Diego Sandoval, también ingeniero electrónico del grupo. *“Hablar es compartir ideas, un ejercicio catártico y excepcional, cuando hay un problema técnico uno lo cuenta, y así nadie le diga nada, el solo ejercicio de contarlo sirve mucho. Acá hay ese espacio, están las personas y el ambiente para hacerlo”*.

Perilla programa microcontroladores, -pequeños computadores como los que uno puede encontrar en relojes, celulares, o en ratones de los propios computadores-, que tienen tareas específicas. *“Para programarlos no se necesita conocimiento universitario, sino lógica”*, dice, al tiempo que cuenta que empezó a hacerlo a los 7 años en su casa. Pero en el CIF el proceso ha sido largo, de aprender a aprender, como lo denomina él mismo, hasta lograr una metodología del aprendizaje y aprender a manejar la complejidad de los sistemas, esto si por supuesto con un conocimiento de alto nivel, que es lo que le ha permitido al grupo generar todos los dispositivos y aparatos. Perilla dice que la 'pieza' del rompecabezas que él asume es la plataforma de los equipos. *“Yo pienso en abstracto”*, explica. Diseña los dispositivos con base en un concepto que pueda ser aplicado a las diferentes funciones y necesidades planteadas por las industrias.

Sandoval entró siendo aún estudiante de pregrado –como Perilla- y se graduó con una tesis que realizó en el CIF, así que no solamente cumplió con sus retos académicos, sino que apoyó los procesos de

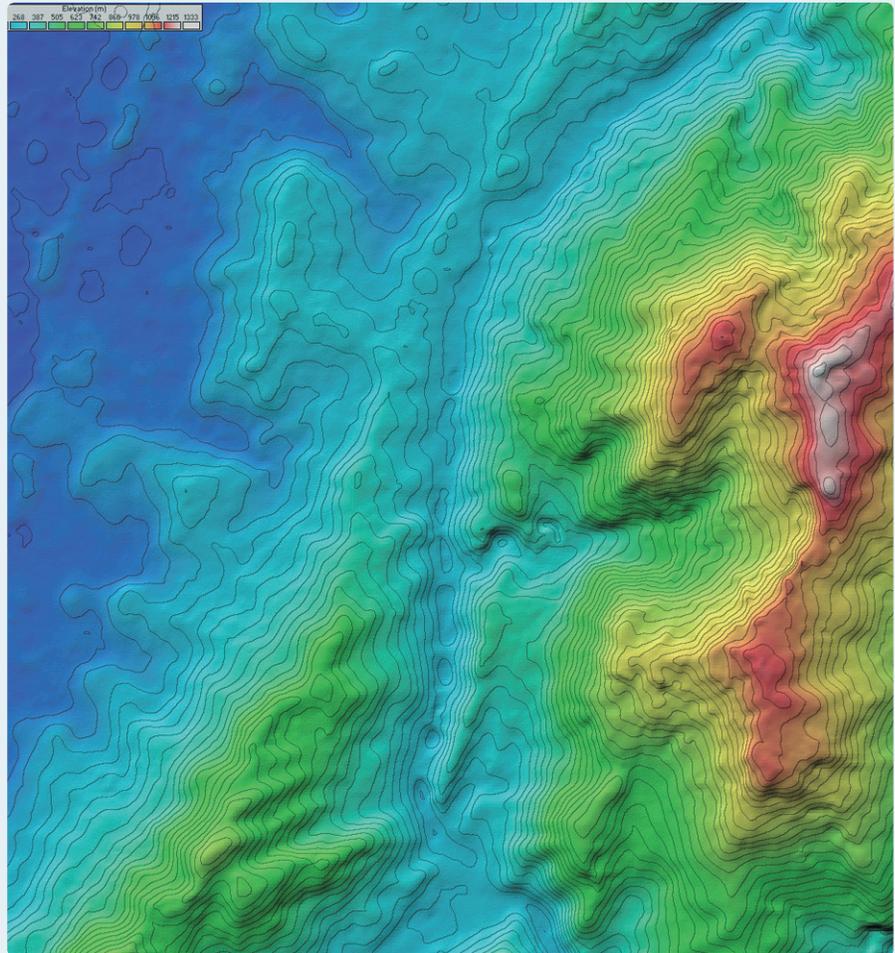
Investigación satelital

COFINANCIADOR: IGAC – COLCIENCIAS
- CIF

PROBLEMA: La Comisión Colombiana del Espacio, CCO, creada por considerar que el uso de las tecnologías espaciales contribuye al desarrollo del país, formuló un proyecto para que Colombia pueda contar con un satélite de observación de la Tierra propio. Hoy en día son muchas las entidades públicas y privadas del país que compran imágenes en el exterior, muchas veces sin saber que ya otra entidad las adquirió, de tal manera que se desperdician recursos económicos en la búsqueda de una información que es valiosa para la agricultura, la gestión forestal, comercial y medioambiental, para los estudios en geología, hidrología, cartografía y oceanografía, y para la formulación de políticas de ocupación, uso y cobertura del suelo. Un satélite propio de observación de la Tierra es una herramienta que le otorga un grado de autonomía al país. Antes de tomar la decisión, era necesario adelantar un diagnóstico sobre el nivel de aplicación de esta tecnología en el país, diseñar una estrategia de creación de capacidades en el campo de la ingeniería satelital y programar una serie de estrategias de investigación, formación y cooperación alrededor del tema.

NECESIDAD: La Secretaría Ejecutiva de la CCO, que ejerce el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, identificó la necesidad de evaluar la posibilidad de construir en el territorio nacional una plataforma satelital con la función principal de observar la Tierra por medio de sensores remotos, entre los que se encuentra un sensor óptico de alta resolución espacial, y determinar la viabilidad de desarrollar un sensor de radar como complemento, teniendo en cuenta las características ambientales y físicas del país.

ANTECEDENTES: Colciencias financia el proyecto y el CIF se encarga de desarrollar una de las tres líneas de trabajo, la parte de ingeniería satelital, que incluye entre otras el estudio de los sistemas de potencia de la plataforma satelital, el control y navegación del mismo, a fin de intercambiar datos e información entre los subsistemas y conocer la posición del satélite artificial respecto a la Tierra, los



sensores para tomar las imágenes, entre otras. El reto es investigar las tecnologías existentes de cada componente, identificar las especificaciones básicas del futuro satélite y crear capacidades para que en el futuro Colombia pueda contar con conocimiento propio que le permita desarrollar soluciones tecnológicas en el área de ingeniería satelital.

RESULTADO: El grupo trabajó en los sistemas de percepción remota, comunicaciones, control, cómputo, potencia, de estructura y de propulsión, en el diseño y simulación de la órbita del satélite artificial. "También pudimos ratificar que, desde el punto de vista tecnológico, sí era viable tener una solución con los parámetros estudiados, establecidos y evaluados como tecnología para Colombia", relata Lilia Patricia Arias, Jefe del Centro de

Investigación y Desarrollo de Información Geográfica, CIAF, del IGAC. El CIF construyó una antena que está recibiendo imágenes de NOAA (Servicio Meteorológico de los USA), y un espectrorradiómetro, clave para recoger información de los elementos que hay en tierra, que se llaman 'firmas espectrales', que permiten mejorar los modelos de procesamiento de las imágenes para detectar muchos elementos, como cultivos, incendios, zonas de inundación y de erosión. Esto permite contar con un banco de firmas espectrales, lo que facilita al intérprete procesar el dato.

En el 2009 el CIF logró la implementación de la estación terrena piloto y la descarga de imágenes satelitales.

DURACIÓN: Dos años.

instrumentación de los equipos del CIF, en este caso el relacionado con la medición de la calidad de la energía. Estos equipos ya se comercializan y están en uso en Cundinamarca y Meta.

Sandoval dice que al grupo de García uno entra "no por saber hacer cosas, sino por tener un perfil" y que el CIF es una excelente 'universidad'. "El estar todos los días en un ambiente expuesto a problemas académicos y de la industria es un insumo para desarrollar la creatividad. Pero algo muy valioso que se encuentra acá y no en la academia es el contexto que se tiene del país. Yo se que las cosas que hago acá tienen un impacto muy positivo en el país".

Todo el grupo está de acuerdo en que trabajar en el CIF es 'ser libre'. No se sienten empleados, y trabajan por objetivos que asumen con responsabilidad.

Esa integración de personas que se reconocen unas a otras, donde se reconocen también los valores y las capacidades de

cada uno, es fundamental en el equipo de trabajo.

Así lo manifestó Herbert Martínez, quien lamentablemente murió a finales del 2010 afectado por una progresiva esclerosis lateral, luego de 14 años de estar vinculado al CIF, donde desde el primer día, hasta vísperas de su muerte, trabajó en lo que le gustaba y fue parte esencial del engranaje del grupo de física aplicada. El CIF es un sitio donde se aprende y donde toca estudiar mucho, decía.

En 16 años de permanente labor, el grupo ha diseñado y puesto en funcionamiento los suficientes equipos para demostrar sus capacidades, pero también ha modificado aparatos importados generando nuevo valor a los mismos.

Los últimos años han sido muy productivos tanto desde la perspectiva de la creatividad y el acercamiento al sector productivo, como en generación de recursos para el CIF.

Dispone de los siguientes laboratorios:

- ▶ *Taller de electrónica, dotado con equipos de medición de variables eléctricas y electrónicas y con equipos para montaje de circuitos electrónicos.*
- ▶ *Laboratorio de desarrollo, equipado con computadoras para el diseño de circuitos electrónicos y el desarrollo de software especializado.*
- ▶ *Taller de mecánica, equipado con herramientas estándar, taladro, esmeril, prensas de banco, etc.*

El grupo de física aplicada y desarrollo tecnológico demuestra que la aplicación de conceptos físicos a los problemas industriales es una forma integral de aproximación a las soluciones requeridas.

El desarrollo tecnológico generado en Colombia genera independencia, competitividad, flexibilidad, conocimiento, bienestar y progreso general a la población.

INTEGRANTES DEL GRUPO DE FÍSICA APLICADA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO



José Enrique García, físico de la Universidad Nacional de Colombia, con especialización en administración tecnológica y de innovación de la Universidad Simon Fraser, Canadá.

Herbert Martínez (QEPD), ingeniero electricista de la Universidad Nacional de Colombia, MSc en manejo de altos voltajes.

Iván Darío López, ingeniero eléctrico de la Universidad Distrital 'Francisco José de Caldas'.

Santiago Salinas, ingeniero agrícola de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, con especialización en proyectos informáticos organizacionales de la Universidad Distrital 'Francisco José De Caldas'.

Natalia Bolívar, ingeniera mecatrónica de la Universidad San Buenaventura, con especialización en gestión de proyectos.

Carlos Perilla, ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Colombia.

Diego Sandoval, ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Colombia.

Freddy Torres, técnico electrónico del SENA.

Genry Gaspar, técnico.

Juan Gabriel Mejía, ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Colombia.

Dairo Villadiego, ingeniero electrónico de la Universidad Santo Tomás.

Laura Jaramillo, administradora de empresas de la universidad central.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

El grupo de física aplicada y desarrollo tecnológico desarrolla actividades de tipo aplicado para la industria en campos relacionados con sus procesos, a través de aplicaciones de la física, implementación de sistemas de comunicación y diseño mecánico, diseño de software, automatización industrial e instrumentación electrónica.

García define tres tipos de proyectos: los que tienen el apoyo de Colciencias, algunos de los cuales se mencionaron al inicio de este relato, los que realizan con empresas públicas o privadas que plantean problemas, y los que el CIF genera por iniciativa propia. A continuación un ejemplo de aquellos que pertenecen a las dos últimas categorías:

Sistema de medición de temperatura para las baldosas dentro del horno de cocción y a la salida del horno de secado

COFINANCIADOR: Colcerámicas - CIF

PROBLEMA: Colcerámicas enfrentaba dos problemas. El primero, en el horno de cocción, de una extensión de 100 metros, hay un lugar crítico, que es cuando la baldosa pasa por una zona de temperatura donde se genera una reacción química en la que hay un cambio de estructura del material, y la baldosa se endurece. Si el enfriamiento sucede muy rápido, la baldosa se rompe y así salen al final del horno. El segundo problema es cuando entran al horno de secado. "Cuando la baldosa sale muy caliente del horno el esmalte se burbujea. Cuando va muy fría, se absorbe en la arcilla", relata García.

NECESIDAD: Desarrollar métodos más adecuados que los existentes para la medición de la temperatura promedio de las baldosas en las plantas de Colcerámicas, tanto a la salida del horno de secado como en el horno de cocción, para tener una medición más precisa de la temperatura y por tanto un control más adecuado tanto del proceso de unificación de las baldosas como de la temperatura de cocción.

ANTECEDENTES: La empresa había utilizado un termómetro óptico que les daba una medida que no correspondía a la realidad, porque medía, además de la temperatura de la baldosa, la temperatura del espacio que había entre una y otra, es decir la del piso en el horno de secado.

RESULTADO: El CIF diseñó un aparato que se daba cuenta cuándo había baldosa y cuándo había vacío. De acuerdo con esas medidas, generaba un promedio de alta precisión en el primer caso. En el segundo, desarrolló otro equipo para medir la temperatura de las baldosas, mas no del horno de cocción, el cual indicaba exactamente en qué lugar del horno es donde ocurre el proceso crítico de cocción.

DURACIÓN: Un año



Scan Power

COFINANCIADOR: CIF – Empresa de Energía de Cundinamarca, EEC.

NECESIDAD: De acuerdo con la Resolución 024 de la Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG, las empresas de energía del país deben tener instalados y funcionando los equipos que determinen la calidad de la energía que se vende en el 100% de los barrajes y el 5% de los circuitos. Los resultados de las medidas deben ser reportados semanalmente a la CREG vía web.

PROBLEMA: Implementar la resolución 024 implicaba mucho más que comprar una serie de equipos y los que ofrecía el mercado no cumplían o no era posible saber si cumplían con las exigencias de la norma. El tema de la transmisión de información no es claro cuando no hay red de datos en las subestaciones. El CIF inicia el trabajo de diseño de los equipos, el software interno de los mismos y el software de transmisión de datos.

RESULTADO: Diseño, desarrollo, implementación, adaptación y permanente actualización del equipo de monitoreo de la calidad de la energía, Scan Power, que mide 59 parámetros de la energía eléctrica.

El CIF diseñó y construyó la totalidad de los equipos para cumplir con la resolución de la CREG, equipos que se encuentran actualmente instalados y funcionando y fueron certificados por la firma certificadora internacional SGS como lo exige la norma.

La EEC cuenta con el sistema de reportes de los equipos instalados, sistema que reporta también a la CREG.

El CIF y la EEC fueron seleccionados para la prueba piloto de la CREG.

El CIF desarrolló el software de transmisión de información, sin límite de equipos a ser conectados.

Este ejemplo demuestra, una vez más, el éxito de la interacción entre el sector productivo y la investigación y desarrollo tecnológico.

DURACIÓN: El primer proyecto que permitió reportar a la CREG se desarrolló en 8 meses, siendo la EEC la primera empresa de energía eléctrica del país en generar esta información a la CREG. El proyecto sigue hoy en día con múltiples adecuaciones y nuevos diseños. En la actualidad el CIF presta el servicio de mantenimiento del sistema a la EEC.



Telemedida

FINANCIADOR: CIF.

PROBLEMA: El robo de la electricidad es un dolor de cabeza para las empresas comercializadoras de energía y era necesario reducir las pérdidas de las empresas por este concepto. Buscando la solución, el CIF desarrolló un concepto mucho más amplio de aplicación en el campo de la

telemedida, que permitió solucionar otros problemas que tienen las empresas: cómo desplazar a un funcionario para que mida los contadores in situ, cómo quitarle la luz a alguien que no paga sin tener que desplazarse hasta el sitio, cómo saber si la instalación eléctrica que tienen los usuarios es suficiente o no, entre otros.

RESULTADO: Al principio los desarrolladores de tecnología del CIF diseñaron equipos para medir la energía directamente en

las casas cada 5 minutos. “A partir de ese diseño nos dimos cuenta que ahí había una información muy valiosa que las empresas de energía no tenían: conocer cómo cada usuario consume energía”, explica García.

Desarrollaron un aparato que medía pero no era inalámbrico, lo que aún era un problema porque además de la red eléctrica era necesario tener una red de datos.

“Se nos ocurrió comenzar a trabajar con radios y desarrollamos la tecnología completa en un momento en el cual el mundo entero está pensando en eso”, continúa. “Tenemos casi con seguridad el mejor método de telemedida que existe por la cantidad de desarrollos que hemos alcanzado en dos años”.

Actualmente el CIF se ha asociado con una empresa multinacional para desarrollar proyectos con telemedida para edificios y conjuntos residenciales. “Hoy en día nos llega semanalmente una solicitud de cotización para montar este tipo de equipos”.

DURACIÓN: Dos años y medio.

El grupo de física aplicada y desarrollo tecnológico presta servicios de consultoría en nuevas tecnologías y mantenimiento y actualización tecnológica de equipos existentes.

Mediante diagnósticos profundos a actividades productivas de la industria, el grupo especializado en gestión tecnológica y energética identifica oportunidades de desarrollo y acciones para la optimización tecnológica y energética de procesos industriales

Otros servicios son:

- ▶ *Diseño de instrumentos especiales de medida*
- ▶ *Desarrollo de sistema de control automático de producción*
- ▶ *Diseño y construcción de tarjetas electrónicas para propósitos especiales*
- ▶ *Análisis de datos*
- ▶ *Construcción de equipos bajo pedido*
- ▶ *Monitoreo de estructuras*
- ▶ *Pruebas de carga dinámicas y estáticas*
- ▶ *Repotenciación de equipos de medida obsoletos*
- ▶ *Desarrollo de técnicas de medición*
- ▶ *Construcción de estaciones meteorológicas*
- ▶ *Análisis de fenómenos físicos asociados a actividades productivas y/o de investigación*

LOGROS E IMPACTO

Lo primero que destaca García es que el objetivo que se planteó inicialmente, resolver los problemas que enfrentan las industrias colombianas, se ha logrado. Para ello ha sido necesario aprender a comunicarse con todos sus interlocutores, desde el operario que tiene sólo estudios básicos y cuyo conocimiento responde casi exclusivamente a su experiencia, hasta con los presidentes de las empresas, que deben sopesar variables como productividad, tiempo, dinero y competencia.

El grupo ha entendido que su composición debe ser interdisciplinaria, para lo cual han ingresado también profesionales con perfil administrativo y de negocios que tienen la responsabilidad de cotizar los productos y servicios.

También ha aprendido que los principios físicos por sí solos no ofrecen la solución a problemas puntuales; es necesario situarse en el entorno para poder captar todas las características que los rodean y comprender a cabalidad los procesos, para finalmente ser capaces de generar una verdadera solución.

En este contexto el grupo ha atendido múltiples solicitudes de empresas públicas y privadas con problemas que requieren para su solución un componente teórico de aproximación al problema y una solución tecnológica que se refleja en el diseño, construcción e instalación de uno o varios equipos que muchas veces terminan resolviendo no solamente el problema original, sino que adiciona nuevos servicios y funciones, lo que aumenta notablemente su valor agregado.

En el tema de derechos de propiedad de las tecnologías diseñadas también ha adquirido una experiencia que le permite ahora ser más audaz en la distribución equitativa de los beneficios en su aplicación, dado que cuando se trata de tecnologías electrónicas, tema en el que se ha especializado el grupo, éstas evolucionan muy rápidamente. *"Es un sector muy dinámico"*, dice García, *"y es necesario aprender a negociar la tecnología para no seguir perdiendo grandes oportunidades"*.

Las múltiples conferencias dictadas principalmente por el propio director del CIF en todo tipo de escenarios, nacionales e internacionales, ofrecen a su auditorio un modelo interesante pues hoy en día habla sobre realidades y demuestra con resultados su discurso. *"Es muy diferente decir que se puede hacer tecnología en el país, a no solamente decirlo sino demostrarlo. Y lo estamos haciendo en nuestro CIF"*, dice García, invitando además a preguntarle a los responsables de empresas con quienes han trabajado como Sika, el Grupo Corona y el Grupo Chaid Neme, la Empresa de Energía de Cundinamarca y Codensa, Smurfit Cartón de Colombia, entre otras muchas. Como se demostró, el grupo ha obtenido productos de alto nivel tecnológico, con óptimos resultados y ventajas competitivas para las industrias que han creído y le han apostado al CIF.

"El logro fundamental es que lo estamos haciendo", remata García.

PROYECCIÓN EN EL PAÍS Y EL MUNDO

Hoy en día la situación del grupo de física aplicada y desarrollo tecnológico es muy diferente a la que vivía hace unos años, porque se ha ganado la confianza del sector productivo del país y ha entendido el significado de la palabra 'innovación'. García está convencido que el futuro es muy promisorio en su campo y está preparado para conquistar nuevos escenarios.

Desde su cotidianidad, el grupo continuará desarrollando aplicaciones de la física a equipos y procesos industriales, especialmente los relacionados con la instrumentación electrónica con aplicaciones en la industria de la construcción, con el control de procesos industriales, con la automatización de equipos y la transmisión y procesamiento de datos.

Pero desde el enfoque de país, García dice que *"el haber sembrado la semilla debe tener resonancia"*. Por eso quisiera

ver una Colombia con un sistema de generación de tecnología consolidado en todas las áreas del conocimiento, *"capaz de crear soluciones tecnológicas e industria tecnológica de alto nivel de manera rutinaria e impactante para el país. Que se vuelva una actividad normal: que se generen ideas, tecnologías, se monten negocios de cualquier tipo. Que eso se vuelva un verdadero mecanismo establecido y reconocido por la sociedad"*.

Luego de más de una década dedicado a generar tecnologías para solucionar problemas específicos, un camino definitivo es contar con un sector tecnológico, basado en el conocimiento científico, que cree industrias capaces de comercializar la tecnología y ofrecer el servicio de mantenimiento a las soluciones instaladas, es decir, generar empresas de base tecnológica.

Finalmente García ve posible generar una 'escuela', donde sea posible formar investigadores, pensar y desarrollar ideas, porque *"todos tenemos derecho a pensar, a decir lo que se piensa y a equivocarse tantas veces como sea necesario"*. Formalizar en un esquema educativo la generación de capacidades podría ser un sistema innovador de aproximarse a la vida real y contribuir a formar una masa crítica no tradicional, generadora y creativa, que impulse la tecnología nacional, basada en el conocimiento. Todo esto sin la condición de tener que ser PhD, esquema que, entre otras cosas, cuestiona de manera permanente.

PROYECTOS

1. 2008 **Suministro de dos sistemas de medición Scan Power corriente para el Proyecto IPSE Acandí I.**
2. 2008 **Programa de investigación en desarrollo satelital y aplicaciones en el tema de Observación de la Tierra - FASE I: Estructuración del proyecto de investigación satelital en Colombia.**
3. 2007 **Desarrollo de un plan piloto de 3 equipos maestros de control de contadores trifásicos con memoria de almacenamiento permanente por 60 días cada uno con (10) equipos satelitales, para un total de 33 equipos.**
4. 2007 **Análisis y diseño de métodos nucleares para la detección de minas antipersonales, con destino al Ejército Nacional.**
5. 2007 **Actualización de los equipos Scan Power a versión corriente.**
6. 2007 **Suministro de dos caudalímetros para ser instalados en la planta de generación, con generación de alarmas, de almacenamiento de la información y pantalla de visualización.**

7. 2007 **Diseño, suministro, instalación, pruebas y puesta en operación del Sistema de Gestión de calidad de la potencia y de energía para el sistema de distribución de la electrificadora del Meta S.A. ESP.**
8. 2007 **Sistema de trazabilidad de productos con tecnología RFID administrado vía WEB.** *Proyecto interno desarrollado la firma Certificadora SGS.*
9. 2006 **Diseño y desarrollo del prototipo de treinta y cuatro (34) equipos industriales para la medición de la calidad de la potencia de la energía.**
10. 2006 **Diseño y desarrollo de un prototipo contador remoto con sistema de desconexión, diecisiete (17) equipos centrales y ciento cincuenta y tres (153) equipos remotos.**
11. 2006 **Diseño, desarrollo, implementación y adaptación al equipo Scan Power para: la medición de corriente, armónicos de corriente y de potencias, de un (1) prototipo y cuatro (4) equipos industriales, los cuales contarán con 15 entradas digitales y software.** *Empresa de Energía de Cundinamarca.*
12. 2005 **Contrato de consultoría mantenimiento, actualización y administración del sistema de monitoreo de puentes en tiempo real.** Desarrollo Tecnológico implementado en el IDU para los puentes de Bogotá D.C.
13. 2005 **Vibrómetro digital portátil.**
14. 2005 **Modificación de módulos interactivos, para Maloka**
15. 2004 **Horno para soldadura de tarjetas electrónicas de montaje superficial HORNOEGG.** Desarrollo interno para soldar componentes electrónicos de montaje superficial.
16. 2004 **Actualización del sistema de control de 'encocado' para Smurfit Cartón de Colombia SCC.**
17. 2004 **Desarrollo de un nuevo equipo de monitoreo de puentes.**
18. 2004 **Cambio de tecnología de transmisión de datos y mantenimiento de los equipos de monitoreo del Sistema de monitoreo de Puentes para el IDU.**
19. 2004 **Red piloto de pluviómetros automáticos de transmisión remota horaria para el IDEAM.**
20. 2004 **Desarrollo de un equipo para fraguado de concreto controlado por temperatura.**
21. 2004 **Implementación del sistema de monitoreo de estructuras en tiempo real e instrumentación de puentes vehiculares.**
22. 2002 **Diseño, fabricación y puesta a punto de un sistema de medición de temperatura para las baldosas dentro del horno de cocido y de la temperatura a la salida del horno de secado.** Colceramicas S.A.
23. 2002 **Aplicación del desarrollo tecnológico sistema para el monitoreo dinámico de estructuras en tiempo real e instrumentación de puentes vehiculares dentro del SAP-IDU para Bogotá-Fase I.** Proyecto desarrollado para el Instituto de Desarrollo Urbano IDU. El proyecto instrumentó 34 puentes vehiculares. Se desarrolló el software de recolección de información, levantamiento de los planos estructurales de los puentes, análisis de la información generada por los equipos y recomendaciones para reforzamiento y demolición de varias estructuras del Distrito Capital
24. 2002 **Formar dos jóvenes investigadores dentro de la filosofía de "aprender haciendo".**

25. **2001 Instalación y puesta en marcha de un sistema de monitoreo que permita observar el comportamiento interno de temperatura de los cuartos fríos del Programa Ampliado de Inmunización-PAI.** *Instituto Nacional de Salud.*
26. **2001 Desmonte e instalación de unidades lógicas en los buses Volvo (70) y Mercedes (30) del Sistema Transmilenio.**
27. **2000 Desarrollo de un sistema automático de dosificación en los equipos de formado de bloque y bandas para freno en la planta de fricción de Incolbestos S.A.**
28. **2000 Estudio de problemas de protección catódica del oleoducto.**
29. **2000 Propagar masivamente plantas in-vitro.** *Sistema de inmersión temporal desarrollado para el grupo de Biotecnología del CIF.*
30. **2000 Ensayos de correlación entre señales sónicas y resistencia residual.** *Desarrollado para SIKA ANDINA S.A.*
31. **1999 Corrección automática del 'encocado' del cartón corrugado durante el proceso de fabricación.** *Desarrollado para la Smurfit Cartón de Colombia S.A.*
32. **1999 Adecuación y puesta en funcionamiento del Laboratorio túnel del viento del Centro de Estudios Aero-náuticos.**
33. **1999 Efectuar el monitoreo de dos (2) puentes peatonales que determine la dirección técnica del espacio público.** *Proyecto desarrollado para el Instituto de Desarrollo Urbano IDU.*
34. **1999 Desarrollar un sistema de control, medición y manejo de un reactor de plasma para el tratamiento de hidrocarburos y sus derivados.** *Proyecto desarrollado para el Instituto Colombiano del Petróleo ICP.*
35. **1999 Desarrollo de un sistema automático de dosificación en los equipos de formado de bloque y bandas para freno en la planta de fricción (dos proyectos).** *InColbestos S.A.*
36. **1997 Desarrollo de un equipo portátil para diagnóstico de estructuras y ensayos de correlación entre señales sónicas y resistencia residual.** *SIKA ANDINA S.A.*
37. **1996 Diseño y construcción de una Estación Meteorológica Portátil.** *Proyecto Colciencias de desarrollo tecnológico.*
38. **1996 Construcción de cuatro Estaciones Meteorológicas Portátil.** *Proyecto desarrollado para la Corporación de Corrosión CIC.*
39. **1996 Determinación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Compactado con Rodillo (CCR) a Edades Tempranas.** *Proyecto de riesgo compartido financiado por Colciencias y la firma SIKA ANDINA S.A.*
40. **1996 Equipo para técnica PCR.** *Proyecto de desarrollo Tecnológico financiado por Colciencias.*
41. **1996 Diseño de un sintetizador para fabricación de la vacuna contra la malaria.** *Proyecto desarrollado para la producción masiva de Vacuna contra la Malaria del Dr. Manuel Elkin Patarroyo.*
42. **1996 Evaluación de causas de falla del calentador electromagnético RIV.**

43. 1996 **Diseño y construcción de un prototipo de prueba para la medida y el registro de la temperatura para hornos de coquizado.**
44. 1995 **Diseño y construcción de un microscopio de barrido por efecto túnel.**
45. 1998 **Equipos para el monitoreo de estructuras versión 2.** Desarrollo auspiciado por Colciencias y el Instituto Nacional de Vías INVIAS.
46. 1998 **Sistema de monitoreo remoto de temperaturas.**
47. **Diseño y construcción de equipos didácticos para explicación de fenómenos físicos.** Desarrollos para el museo Interactivo Maloka
48. 1999 **Contador de energía eléctrica electrónico.** Proyecto interno.

PUBLICACIONES

Capítulos en libros

1. 1995 García JE, **Fenómenos eléctricos y electromagnéticos** Descubrir 9. En: Colombia ISBN: 9580425892 ed: Norma, v.5 , p.270 - 336 5
2. 1997 García JE, **Donde y como se manifiesta la electricidad y el magnetismo** Ciencia En Construcción 9 - (Ciencias Naturales Y Educación Ambiental) . En: Colombia ISBN: 958-9474-05-5 ed: Editorial Oxford University Press v.2 , p.39 - 62 5

Artículos de divulgación

1. 1995 García JE, Ávila AG, **Microscopio de Efecto Túnel.** En: Colombia Revista Innovación y Ciencia ISSN: 0121-5140 ed: Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia v.IV fasc.4 p.22 - 23

Softwares y productos tecnológicos

1. 2005 García JE, Fajardo E, Torres FA, Martínez H **Vibrómetro,**
2. 2005 García JE, López ID, Torres FA, Salinas S, Martínez H **Horno para soldadura de tarjetas electrónicas**
3. 2005 García JE, Fajardo E, López ID, Torres FA, Martínez H, Perilla CA, **Lector de indentificadores RFID**
4. 2005 García JE, **Sistema remoto de monitoreo de temperaturas**

5. 2004 García JE, Fajardo E, López ID, Torres FA, Martínez H, Salinas S **Pluviómetros automáticos de transmisión remota horaria**
6. 2004 García JE, Salinas S, Perilla CA **Sistema de trazabilidad de productos con tecnología RFID administrados via WEB**
7. 2004 García JE, Castro FA, Fajardo E, Salinas S, Martínez H **Equipo para control de fraguado por temperatura.**
8. 2003 García JE, Fajardo E, López ID, Amézquita R, **SACOP.**
9. 2002 García JE, Amézquita R, **Software para el control automático de una planta de producción de cartón corrugado.**
10. 2002 García JE, Castro FA, Fajardo E, López ID, Rivera LM, Torres DA, Torres FA, Roman CA, Torres D, Castro E, García H, Gutiérrez L, Martínez H **Desarrollo Tecnológico Aplicado al Mantenimiento de los Puentes de Bogotá (50 Aparatos) - Implementación del Sistema de Monitoreo en Tiempo Real e Instrumentación de Puentes Vehiculares Dentro del SAP – IDU para Bogotá - Fase I.**
11. 2001 García JE, Sarmiento T **Aparato para monitoreo dinámico de estructuras, el cual junto con un nodo central forma un conjunto para el monitoreo dinámico de estructuras**
12. 2000 García JE, Castro FA, Torres FA, Martínez H **Fuente de alto voltaje y potencia**
13. 2000 García JE, Fajardo E, Torres FA, Martínez H **Equipo para la micropropagación masiva de plantas**
14. 2000 García JE, Gutiérrez FJ **Software para espectrómetro.**
15. 1999 García JE, Torres FA, Martínez H, Sarmiento T **Contador electrónico de energía**
16. 1998 Martínez H, Melo RJ, García JE, Gamboa R, Avila J **Equipo para balanceo de anemómetros.**
17. 1998 García JE, Melo RJ, Gutiérrez F, Martínez H, Bollati MR **Dispositivo para determinar las proporciones volumétricas de las fases sólida, líquida y gaseosa, que constituyen la estructura interna de un determinado volumen de material compuesto, por medio de la cuantificación energética y de presiones de un frente de ondas sónicas que lo atraviesa**
18. 1998 García JE, Melo RJ, Martínez H, Sarmiento T, Gutiérrez FJ **Señales análogas y digitales**
19. 1998 Gutiérrez FJ, Sarmiento T, Martínez H, Melo RJ, García JE **Transmisión de señales satelitales**
20. 1997 García JE, Rivera LM, Gutiérrez F, **Sistema de adquisición de datos y control para el equipo de medida de los tiempos de fraguado del concreto CCr.**
21. 1997 García JE, Melo RJ, Martínez H, Sarmiento T, Gutiérrez FJ **Modelo de transistor.**
22. 1997 García JE, Melo RJ, Martínez H, Sarmiento T, Gutiérrez FJ **Sumador Binario.**
23. 1997 García JE, Martínez H, Sarmiento T, Gutiérrez FJ **Medidor de velocidad del sonido**
24. 1997 García JE, Martínez H, Gutiérrez FJ **Tarjeta multiplexora análoga con control RS232**

25. 1996 García JE, Avila AG **Diseño y construcción de un microscopio de barrido por efecto túnel.**
26. 1996 García JE, Melo RJ, Martínez H, Gutiérrez FJ **Estación meteorológica**
27. 1996 Gutiérrez FJ, Melo RJ, García JE, Martínez H **Termohigrómetro**
28. 1996 García JE, Melo RJ **Equipo para medir la dirección del viento**
29. 1996 García JE, Melo RJ **Anemómetro**
30. 1996 Martínez H, Gutiérrez FJ, García JE **Tarjeta Multiplexora análoga con control de puerto RS232 para 8 canales.**

PATENTES

1. Aparato para monitoreo dinámico de estructuras, el cual junto con un nodo central forma un conjunto para el monitoreo dinámico de estructuras. Radicación No 01067481. Superintendencia de Industria y Comercio Bogotá Colombia.
2. Dispositivo para determinar las proporciones volumétricas de las fases sólida, líquida, y gaseosa que constituyen la estructura interna de un determinado volumen de material compuesto por medio de la cuantificación energética y de presiones de un frente de ondas sónicas que lo atraviesa. Radicación No. 98852439. Superintendencia de Industria y Comercio Bogotá Colombia.

PREMIOS

1. 2007 El CIF fue catalogado fuera de concurso en la categoría de pequeña empresa del **Premio Colombiano a la Innovación Tecnológica Empresarial para las Mipymes-Innova.**
2. 2007 José Enrique García, jefe del grupo de física aplicada y desarrollo tecnológico, fue declarado **Inventor del Año** por parte de la Organización Mundial de Propiedad Intelectual, OMPI.
3. 2000 José Enrique García, jefe del grupo de física aplicada y desarrollo tecnológico, fue nominado al **Premio de Innovación Tecnológica**, de la Corporación Andina de Fomento, CAF.
4. 1998 **Mejor Producto Innovativo**, declarado fuera de concurso. Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, 'Francisco José de Caldas', COLCIENCIAS.
5. 1998 **Excelencia en Concreto a la Investigación Profesional 'Alejandro Sandino'**. Asociación Colombiana de Productores de Concreto.
6. José Enrique García, recibió un exaltación de su Alma Mater, la Universidad Nacional de Colombia, por **"su aporte al desarrollo tecnológico e industrial del país"**.

CONGRESOS

Memorias

1. 2002 García JE, Hermida G, Sanchez J, Herrera J, **Identification of Setting Times on RCC, A problem from the Past Solved Though a New Technology** En: Estados Unidos. Evento: 22nd USSD Annual Meeting and Conference
2. 2002 García JE, **Country Status Report of Colombia** En: India. Evento: Third International Workshop On Development In Microelectronics: Role Of Vlsi In Mems

TESIS Y TRABAJOS DE GRADO

Maestría

1. 1997 Avila Bernal AG **Estudio de un microsensor de efecto túnel (STM)**. Tesis de Maestría en Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes. (Mención Meritoria).

Pregrado

1. 2006 Sanabria Ch **Estudio del desperdicio por encocado en la fabricación del cartón**. Trabajo de grado en Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
2. 2006 Coral JA **Determinación de la resistencia a la compresión de diferentes mezclas de concreto a partir de pruebas con ultrasonido**. Trabajo de grado en Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
3. 2005 Rojas JL **Análisis unidimensional de los modos de vibración de un puente**. Trabajo de grado en Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
4. 2001 Preciado N **Diseño de un pluviómetro para el Centro Internacional de Física**. Tesis de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de América.
5. 1998 Díaz A **Diseño de un Sistema Automático para Cultivo In Vitro**. Tesis de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de América.
6. 1998 Gamboa R, Avila J **Rotores de anemómetros: Diseño de un Dispositivo para su Balanceo Dinámico** Tesis de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.
7. 1998 Sarmiento T **Diseño e implementación de un Transmisor de Variables Ambientales** Tesis de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes.
8. 1997 Gutiérrez FJ **Prototipo de electrocardiógrafo digital basado en PC**. Tesis de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. (Mención Meritoria).

9. 1997 Giraldo N **Diseño de una cámara de vacío con todos los aditamentos para desinfección de herbarios.** Tesis de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.
10. 1996 Ávila AG **Estudio teórico-práctico de un STM.** Tesis de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes. (Mención Meritoria).
11. 1995 Segura DM, Ruíz AM **Estación meteorológica móvil.** Tesis de Ingeniería Electrónica, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana. (Mención Meritoria).
12. 1995 Albarracín L, Montealegre F **Diseño e implementación de un termociclador.** Tesis de Ingeniería Electrónica, Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital.
13. 1995 Ávila AG **Diseño e implementación de un microscopio de efecto túnel.** Tesis de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes. (Mención Meritoria, mejor tesis del semestre).

Pasantías

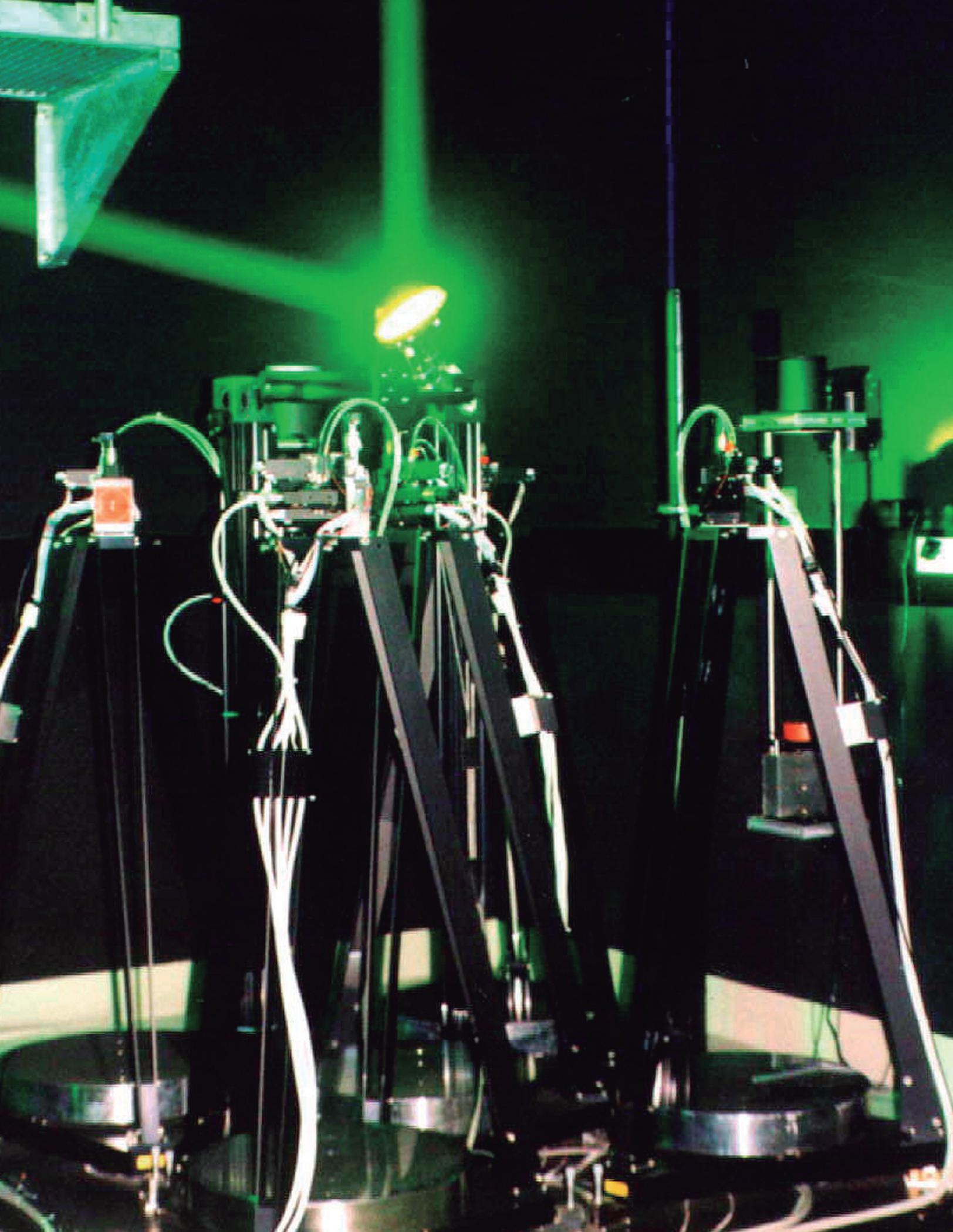
1. 2007 – 2008 Gaviria GA **Análisis de datos de los analizadores de energía.** Pasantía en Física. Universidad Nacional de Colombia.
2. 2007 – 2008 García OJ **Simulación de procesos termodinámicos en una vivienda.** Pasantía en Física. Universidad Nacional de Colombia.
3. 2003 Salinas A **Diseño y construcción de la parte mecánica de los equipos que se desarrollen en el Grupo de Física Aplicada del CIF.** Pasantía en Ingeniería Mecánica. Universidad Nacional de Colombia.

INVESTIGADORES FORMADOS

Tomas Sarmiento, Alba Avila Bernal, Jhon Idarraga, German Andres Gaviria, Andres Franco, Camilo Delgado, Carlos Perilla, Santiago Salinas, Ivan Lopez,

Eduardo Fajardo, Herbert Martinez, Diego Sandoval, Jose Fernando Sanchez, Tania Cabrera, Natalia Bolivar, Luis Merardo Rivera, Leonardo Rojas, Francisco Gutie-

rez, Richard Melo, Freddy Torres, Genry Gaspar, Andres Salinas, Fredy Castro, Juan Gabriel Mejia, Dairo Villadiego, Andres Escalante.



ÓPTICA

LAS MIRADAS DEL GRUPO DE ÓPTICA

El grupo de óptica del CIF se inició a comienzos de la década de los años noventa en colaboración con la Academia de Ciencias de Ucrania, en cabeza del físico Vladimir Markov (Ver Capítulo 1 - página 42). El proyecto fue concebido inicialmente como un Instituto Nacional de Óptica, para lo cual se le asignó un presupuesto que le permitió al CIF montar uno de los laboratorios de óptica más modernos de Latinoamérica, en ese entonces e incluso hoy en día.

Desde 1993 se vincula el profesor y físico Edgar Alfonso como investigador asociado, actualmente su director. "Yo entré para adecuar la infraestructura de los laboratorios", cuenta Alfonso, quien en esa época terminaba su maestría en la Universidad Nacional; estuvo dos años en el CIF y luego partió a España para hacer su doctorado.

El grupo se creó con el objeto de hacer investigación y desarrollo en el tema de la holografía, técnica que produce imágenes tridimensionales.



Detector LIDAR

Durante la última década del siglo XX, Markov lideró al grupo de físicos ucranianos y colombianos que trabajaban en holografía aplicada para procesamiento de imágenes, reproducción de imágenes artísticas y realización de análisis no destructivos de piezas y estructuras, almacenamiento de información y producción de sellos holográficos de seguridad.

A finales del año 1997 el Laboratorio de Óptica vinculó a los físicos Andrei Golovin y Liubov Kreminskaya, especialistas en óptica avanzada, quienes desde ese momento se responsabilizaron por la dirección de trabajos de investigación sobre el estudio de vórtices ópticos y en el desarrollo de un sistema LIDAR (Light Detection and Ranging).

Entre los temas científicos que estudió el grupo en sus inicios se destacaron:

- ▶ Características angulares y espectrales de hologramas multicolor de capa única.
- ▶ Desarrollo de un sistema holográfico de análisis no destructivo y del software para el análisis de las franjas.
- ▶ Análisis de interacciones multi haz en medios no lineales.
- ▶ Nuevos métodos coherentes de procesamiento de imágenes.

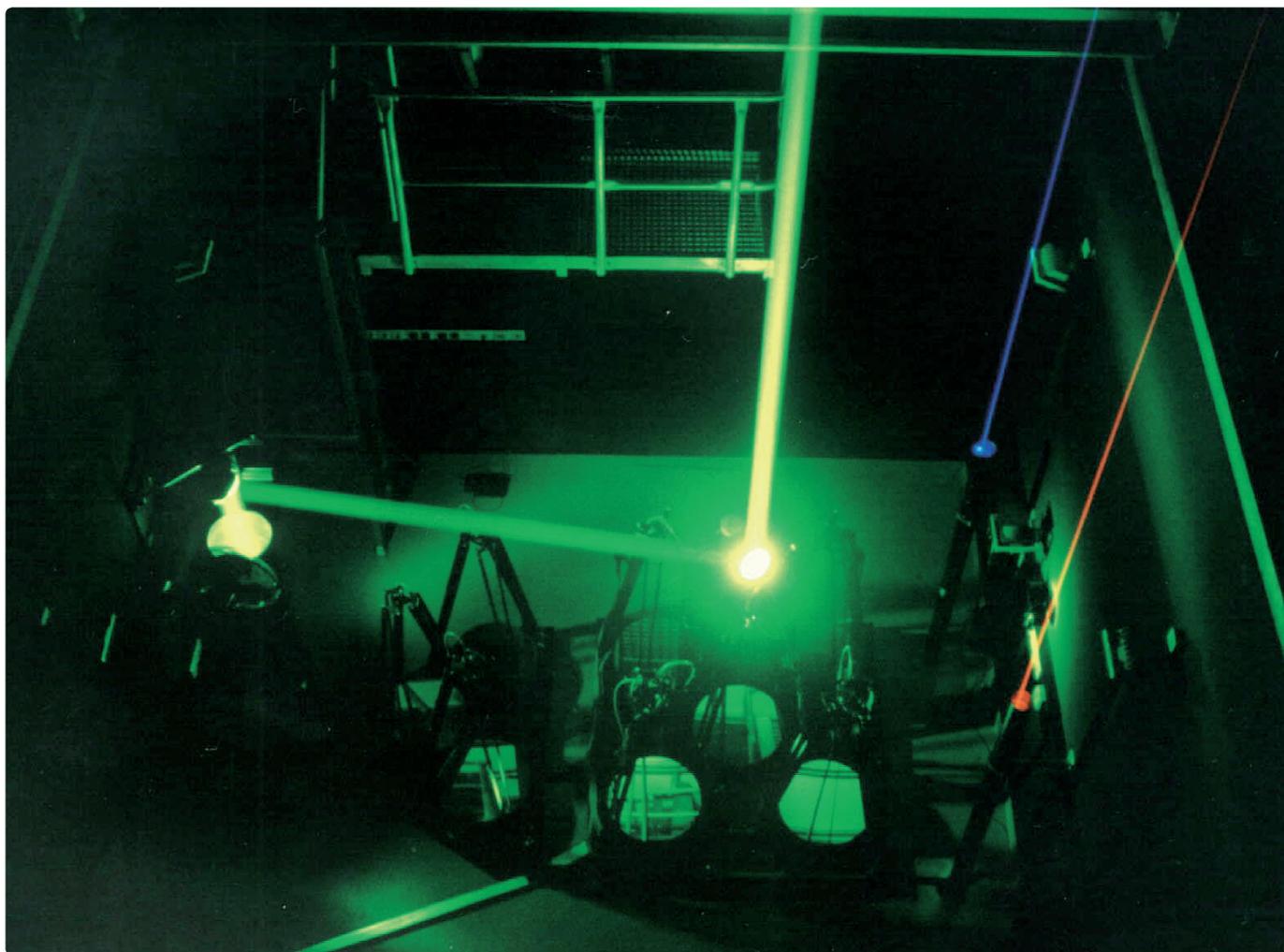
Otros proyectos adelantados por el grupo son:

- ▶ Aplicación industrial de holografía para la producción de hologramas de obras artísticas de valor tales como piezas del Museo del Oro, entre otras.

- ▶ Sistema para el ensayo no destructivo de piezas mediante interferometría (ESPI). Es de gran interés para la industria aeronáutica y petrolera, ya que permite la detección de defectos en una estructura mucho antes de que sean aparentes.
- ▶ Sistema para la detección de falsificaciones de billetes por métodos ópticos, con base en investigaciones realizadas en el campo de la interferometría.

El grupo ucraniano toma la decisión de aceptar otras propuestas en el exterior, razón por la cual el profesor Markov y su equipo de colaboradores se desvincula del CIF. Luego de algunos años de baja actividad, Alfonso asume la dirección del grupo en el año 2006.

Recientemente retomó el proyecto para el montaje de un Sistema LIDAR para la ciudad de Pereira, destinado a la medición de la contaminación atmosférica mediante espectroscopía láser. El objetivo de Alfonso, quien tiene como una de sus especialidades la óptica en láseres, es desarrollar un detector de partículas atmosféricas (LIDAR), partículas pesadas y contaminantes, principalmente aerosoles, que producen problemas a la capa de ozono. El proyecto con Pereira es resultado de un convenio con el Servicio Nacional de Aprendizaje, Sena, la Universidad Nacional y la Gobernación de Risaralda. "Hoy en día es muy importante estudiar la atmósfera: los cafeteros se quejan de que los aerosoles contaminan y debe ser importante medir cuántos de esos aerosoles y de qué manera están afectando sus cultivos", remata Alfonso.



Sistema LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging)

Desde un comienzo, el Laboratorio de Óptica ha tenido colaboraciones científicas con grupos homólogos de Ucrania, España, Inglaterra, Estados Unidos y Argentina, así como de la Universidad de Gent en Bélgica, y la Universidad de Münster en Alemania. Actualmente trabaja estrechamente con la Universidad Nacional de Colombia en sus sedes de Bogotá y Medellín.

Con la Universidad Nacional, el CIF lidera la realización de dispositivos en la fotónica, la optoelectrónica y nanotecnología.

Estamos pensando en desarrollos que nos coloquen alrededor de la frontera. Para el proyecto bicentenario, del cual fui ganador con un colega de la sede de Medellín, estamos haciendo desarrollos aquí en el CIF con el láser pulsado multilínea que compramos para hacer el LIDAR", continúa el relato Alfonso.

"Hacemos transformación superficial de semiconductores para lograr efectos ópticos como fotoluminiscencia o reflectancia con longitudes de onda muy definidas, con el fin de acoplarlo a guías de onda y fibras ópticas".

Alfonso explica que están desarrollando sistemas de información de tercera generación, llamados circuitos ópticos integrados, que cambian la conducción de electrones por la de fotones, lo que hace que la información se vuelva más rápida. *"Podríamos tener sistemas de cómputo más veloces y con una gran cantidad de almacenamiento de información", dice Alfonso.*

La ubicación del CIF en el campus de la Universidad Nacional hace posible que investigadores y estudiantes de la institución educativa utilicen permanentemente los laboratorios y realicen los montajes experimentales con relativa facilidad. *"Hay muchas ventajas de trabajar en el CIF. El hecho de que sea un centro privado facilita la adquisición de equipos, la importación de insumos, agiliza todos los procesos, lo que significa ventajas de operación. Es un buen matrimonio", remata Alfonso.*

Este laboratorio cuenta con una infraestructura importante que incluye mesas ópticas entre las cuales se encuentra la más grande de Latinoamérica, láseres de diferentes potencias y longitudes de onda, equipo óptico estándar, instrumentación para medición de radiación:

- ▶ **Laboratorio de holografía**, equipado con un láser azul de alta potencia, una mesa óptica, y todos los aditamentos ópticos requeridos para realizar diversos tipos de hologramas.
- ▶ **Cuarto de revelado**, con todo el equipo necesario para el revelado de placas fotográficas de diferentes tipos.
- ▶ **Laboratorio de fotolitografía**, equipado para la preparación de placas holográficas y para la realización de trabajos en fotolitografía.
- ▶ **Laboratorio de óptica**, equipado con mesas ópticas, láseres de potencia y todos los accesorios necesarios para la realización de trabajos en aplicaciones de la óptica, tales como ensayos no destructivos de estructuras por interferometría speckles, análisis de contaminación atmosférica por espectroscopía láser, etc.

INTEGRANTES DE ÓPTICA



Yuri Denisyuk, Vladimir Markov, Yobani Mejía, Ricardo Amézquita, 1997.

Edgar Alfonso Orjuela, físico de la Universidad Nacional de Colombia, MSc. de la misma universidad con el trabajo 'Interacción de láser de CO₂ con materiales películas delgadas' y PhD en la Universidad Autónoma de Madrid.

Darío Andrade, ingeniero físico de la Universidad del Cauca, realiza actualmente su maestría en Ingeniería – Materiales y Procesos, en la Universidad Nacional de Colombia y el CIF.

LOGROS E IMPACTO

La conformación del grupo de óptica generó interés y un cierto auge en el campo de la holografía en el país, y logró capturar imágenes de piezas representativas del Museo del Oro. El grupo potenció el estudio y el desarrollo de la holografía en Colombia.

Gracias a la intensa actividad durante los primeros años de existencia del grupo se formaron varios estudiantes, uno de los

cuales montó una empresa de holografía que hoy en día es exitosa y compite a nivel nacional.

Recientemente, con la nueva tendencia del laboratorio, -el desarrollo de sistemas fotónicos-, se ha logrado desarrollar redes ópticas, con potenciales aplicaciones en dispositivos ópticos. El grupo está en capacidad de hacer microláseres, seleccionar longitudes de onda especiales

y trabajarlas como filtros ópticos a nivel nanotecnológico, que hoy en día es el paradigma de la ciencia.

Se han logrado además avances en la construcción de dispositivos fotónicos y el objetivo del grupo es potenciar el desarrollo de esos dispositivos en el ámbito nacional.

PROYECCIÓN EN EL PAÍS Y EL MUNDO

El sistema LIDAR que será instalado en la ciudad de Pereira puede dar lugar a un desarrollo tecnológico nacional de la mayor importancia, tanto en lo relacionado con el medio ambiente como en la evaluación y preservación de recursos biológicos.

Además, en colaboración con el Departamento de Física de la Universidad Nacional, se desarrollarán otras aplicaciones de la óptica en el área de la

metrología, de los ensayos no destructivos de estructuras, del análisis de rugosidad de superficies y de la estabilidad de obras civiles, tales como represas, puentes, etc.

Los espacios y los equipos con que cuenta el laboratorio de óptica pueden aprovecharse todavía más, razón por la cual se piensa retomar los temas con los cuales se iniciaron los proyectos de investigación y desarrollo. También se

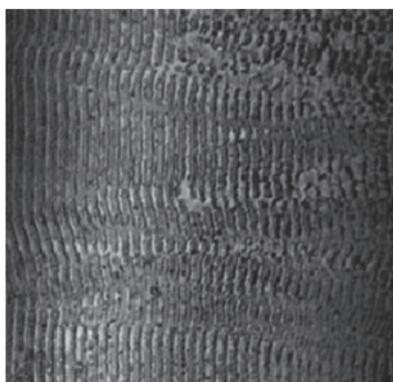
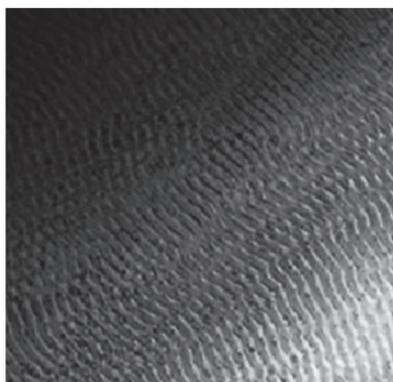
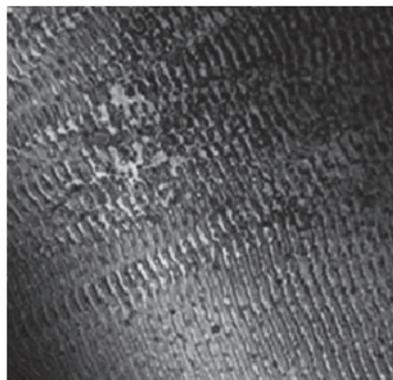
piensa montar un laboratorio de láseres para hacer experimentos, principalmente el de fotónica con el proyecto del bicentenario. *"La idea de ese proyecto es generar una política de estado que permita avizorar los desarrollos tecnológicos, y hacer innovación tecnológica"*, remata el director del grupo.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

1. Desarrollo de sistemas fotónicos.
2. Desarrollo del sistema LIDAR (Light Detection and Ranging) para el estudio de la contaminación atmosférica por espectroscopía láser. Este sistema permite detectar la densidad y el tipo de contaminantes en una amplia zona de una ciudad, con una cobertura de varios kilómetros, mucho mayor que la de las actuales estaciones fijas. Se dispone ya de un prototipo piloto.

PUBLICACIONES

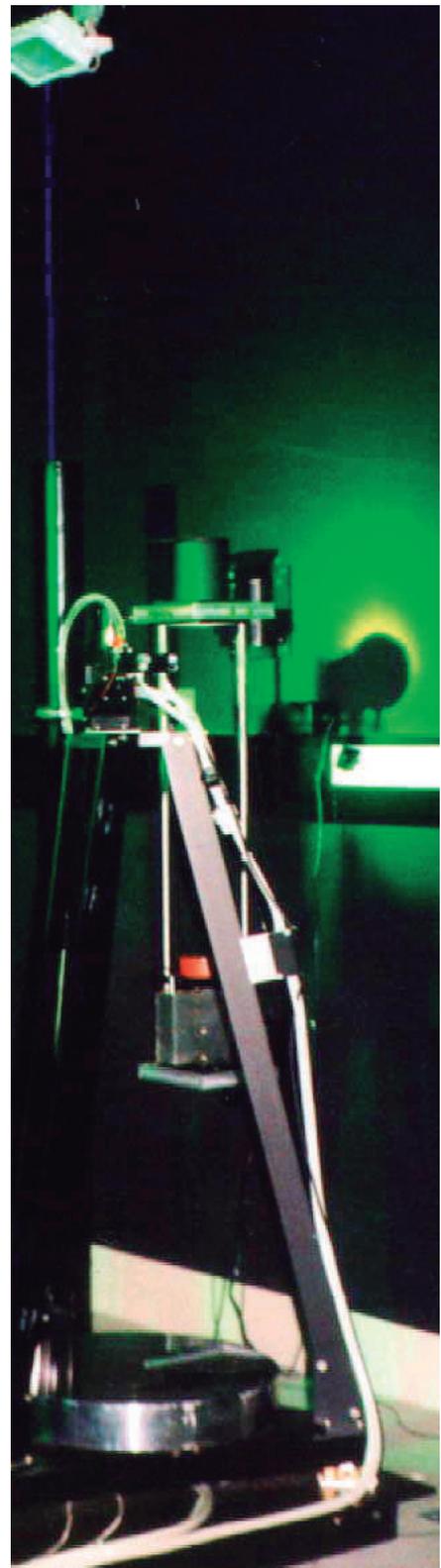
Artículos en revistas científicas



Confocal microscope images of samples irradiated with the indicated energies and argon gas injected

1. Kreminskaya L., Monroy F. **Formación de vórtices ópticos en la interferencia de múltiples haces.** Revista Colombiana de Física, Vol. 31, No. 2, pp. 125-128, (1999).
2. Kreminskaya L., Amézquita R., Markov V., Monroy F. **An optical vortex closes itself in a laser beam after passing through a gaussian lens.** SPIE Proc., Vol. 3572, pp. 232-235, Aug. (1999).
3. L.Kreminskaya, M. Soskin, A. Khizhnyak, **Gaussian lenses initiate optical vortices in laser beams while self-action in Kerr-like medium,** Chaos, Solitons & Fractals, (ISSN: 0960-0779), V. 10, N 4-5, pp. 737-744, (1999).
4. Golovin A. **Influence of the Phase Component of the Inverse Population Grating of an Active Medium on the Dynamics of the Ring Solid State Lasers.** Revista Colombiana de Física, Vol. 31, No. 2, pp. 117-120, (1999).
5. A.I. Khizhnyak, L.V. Kreminskaya, **Optical Singularities Make a Closed Orbit in Gaussian Beams Passed Gaussian Lenses.** Geometrical Optics Study, Ukrainian Phys. J. V43, N4 pp. 410-412 (1998).
6. L.V. Kreminskaya, M.S. Soskin, A.I. Khizhnyak, **The gaussian lenses give birth to optical vortices in laser beams** Optics Commun. 145, pp. 377-384, (1998).
7. Golovin A.B. **Influence of the Phase Component of the Inverse Population Grating of an Active Medium on the Dynamics of the Ring Solid State Lasers.** Proceeding of the II International Workshop on Optoelectronic Materials and their Applications (Including Solar Cells), La Habana, Cuba, November 2-6, pp. 282-284, (1998).
8. Markov V. **Holographic memory based on angular speckle selectivity of volume holograms.** J. Techn Phys. Lett, Vol. 24, No. 7, pp. 88-93, (1998).
9. I.V. Basistiy, L. V. Kreminskaya, I.G. Marienko M.S. Soskin, M.V. Vasnetsov, **Experimental observation of rotation and diffraction of a singular light beam, in International Conference on Singular Optics,** Marat S. Soskin, Editor, Proc. SPIE 3487, pp. 34-38; (1998).
10. A.V.Ilyenkov, L.V.Kreminskaya, M.S.Soskin, M.V.Vasnetsov, Birth, **Evolution and Annihilation of Phase Singularities in the Propagation of a Laser Beam Passed Through a Self-focusing Strontium Barium Niobate Crystal.** J. of Nonlinear Optical Phys. & Materials, 6, no.2, pp. 169-180; (1997).

11. L.V. Kreminskaya, **Singular laser beams in free space and resonators**. Thesis for Candidate of Science Degree in Physics and Mathematics. 01.04.05 -Optics and Laser Physics, Institute of Physics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, (1997).
12. L. V. Kreminskaya, A.I. Khizhnyak, **Optical singularities are induced in Gaussian laser beams by Kerr-like medium: geometrical optics study, in International Colloquium on Optical Holography and its applications**, V.Markov, Editor, Proc. SPIE 3486, pp. 63-67; (1997).
13. Boone P., Markov V., Burykin N., Ovsyannikov V. **Coherent-optical localization and assessment of importance of damage and defects of cultural heritage**. NDT&E International Vol. 30, No. 2, pp. 61-67, (1997).
14. Markov V. **Spatial-Angular Selectivity of 3-D Speckle-Wave Holograms and Information Storage**. Journal of Imaging Science and Technology, Vol. 41, No. 4, pp. 383-388, (1997).
15. Markov V., Denisyuk Y., Amézquita R. **3-D Speckle-Shift Hologram and Its Storage Capacity**. Optical Memory and Neural Networks, Vol. 6, No. 2, pp. 91-98, (1997).
16. P. Boone, V. Markov. **Holography by video means used for museum objects diagnostic**. Non Destructive Testing, pp. 11-17, (1996).
17. Markov V., Khizhnyak A.I. **Selective characteristics of single-layer color holograms**, SPIE Proc. Vol. 2652, pp. 304-311, (1996).
18. Markov V., Mejia Y., Castañeda R. **Correlation analysis of pseudo-identical structures for pattern recognition**, SPIE Proc. Vol. 2659, pp. 187-196, (1996).
19. Markov V., Khizhnyak A.I., Boone P., Vanspaebroek Ph. **Holographic interferometry for polymer pipes vibration analysis**, SPIE Proc. Vol. 2652, pp. 226-235 (1996).
20. Markov V., Boone P., Vanspaebroek Ph. **Holographic investigation of brittle crack propagation in plastic pipes**, Optics and Laser in Engineering, Vol. 24, pp. 215-229, (1996).
21. Markov V., Khizhnyak A.I. **Selective properties of reflection single and multicolor holograms**, Revista Colombiana de Física, Vol. 28, pp. 35-46, (1996).
22. Markov V. **Display and applied holography in museum practice**, Optics & Laser Techn. Vol. 28, No. 4, pp. 319-325, (1996).
23. Markov V., Mejia Y., Castañeda R. **Analysis of a quasi-periodical structure through its autocorrelation function**, Optical Engineering, Vol. 35, No. 10, pp. 2845-2851, Oct. (1996).



24. A.V.Ilyenkov, A.I.Khizhnyak, L.V.Kreminskaya, M.S.Soskin and M.V.Vasnetsov, **Birth and Evolution of Wavefront Dislocations in a Laser Beam Passed through Photorefractive LiNbO₃:Fe Crystal**, Applied Physics B, 62, pp. 465-471 (1996).
25. A.V.Ilyenkov, A.I.Khizhnyak, L.V.Kreminskaya, M.S.Soskin, M.V.Vasnetsov, **Wavefront Dislocations in a Laser Beam due to Optical Damage in Photorefractive LiNbO₃:Fe Crystal**, in **Notions and Perspectives of Nonlinear Optics**, Ole Keller (ed.), (World Scientific Series on Nonlinear Optics, vol. 3, World Scientific, pp. 624-630, (1996).
26. A.V.Ilyenkov, A.I.Khizhnyak, L.V.Kreminskaya, M.S.Soskin, M.V.Vasnetsov, **Self-action in Photorefractive Crystals as a Source of Phase Singularities, in Nonlinear Optics of Liquid and Photorefractive Crystals**, Gertruda V. Climusheva, Editor, Proc. SPIE 2795, pp. 164-171 (1995).
27. A.V.Ilyenkov, A.I.Khizhnyak, L.V.Kreminskaya, M.S.Soskin, M.V.Vasnetsov, **Wavefront Dislocations in a Laser Beam Passed through Photorefractive Crystals, in Laser Optics'95: Nonlinear Dynamics in lasers**, Neal B. Abracham, Yakov I. Khanin, Editors, Proc. SPIE 2792, pp. 196-202 (1995)
28. A.V. Ilyenkov, A. I. Khizhnyak, L. V. Kreminskaya, M. S. Soskin, M.V. Vasnetsov, **Birth and Evolution of Wavefront Dislocations in Laser Beam passed through Photorefractive LiNbO₃:Fe Crystal**, in International Conference on Holography and Correlation Optics, Oleg V. Angelsky, Editor, Proc. SPIE 2647, pp. 43-47 (1995).

PROYECTOS

3. **Laboratorio de Óptica - Instituto Internacional de Óptica Aplicada - CIF**. Colciencias.
4. **Desarrollo de Aplicaciones de la Holografía para la Industria y la Cultura**. Colciencias.
5. **Diseño y construcción de un sistema de interferometría speckles para el análisis pericial de documentos judicialmente cuestionados**. Colciencias – Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses.
6. **Diseño y construcción de un sistema LIDAR móvil para el monitoreo de la calidad del aire en el eje cafetero**. Sena – Fondo de Regalías – Gobernación de Risaralda – FIGAV.
7. **Programa nacional de fotónica para el desarrollo de sensores ópticos y sistemas de medición en el rango micro y nanométrico**.

PATENTES

- *Método para establecer la secuencia temporal de dos trazos cruzados de tintas liposolubles de diferente color aplicando pulsos de luz. Radicación No. 00098552. Superintendencia de Industria y Comercio de Bogotá.*

CONGRESOS

- ▶ *III Escuela y Taller Internacionales en Fotónica y IV Encuentro Latinoamericano en Óptica, Láseres y sus Aplicaciones*
- ▶ *I Curso de Formación de Investigadores del Proyecto Conjunto CIF/U.N. sobre Holografía Aplicada a la Industria y la Cultura.*

TESIS Y TRABAJOS DE GRADO

Maestría

- ▶ *Andrade, Darío Fernando (En proceso) **Fabricación de redes de difracción sobre silicio monocristalino con láser pulsado multilínea de Nd-YAG.** Tesis de Maestría en Ingeniería y Ciencia de Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.*
- ▶ *1999 Amezcuita, Ricardo **Estudio de las características de dispersión de una rejilla de difracción de volumen.** Tesis de Maestría en Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.*
- ▶ *1999 Monroy, Freddy Alberto **Estudio de las dislocaciones ópticas que sufre el haz láser al atravesar un modulador de fase.** Tesis de Maestría en Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.*
- ▶ *1995 Mejía, Yobani **Reconstrucción de rejillas unidimensionales a partir del teorema de la autocorrelación. Aplicación a pequeños desplazamientos registrados por el método de doble exposición.** Tesis de Maestría en Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. (Mención Meritoria).*

Pregrado

- ▶ *Ariza Niño, Federico José **Extracción de la onda con dislocación de borde del patrón de difracción producido por un semiplano infinito.** Trabajo de grado en Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.*

INVESTIGADORES FORMADOS

Como producto de esos años de intensa actividad, el laboratorio de óptica formó a varios de los profesores del departamento de física de la Universidad Nacional, como **Yobani Mejía**, **Ricardo Amézquita** y **Fredy Monroy**.

FUNDAMENTOS CLÁSICOS DE LA FÍSICA

EL VALOR DE LA INCERTIDUMBRE, LA PROBABILIDAD Y EL RIESGO

El grupo de Fundamentos Clásicos de la Física se creó en 1999 pero su director, el ingeniero Héctor Múnera, con PhD en ingeniería nuclear, llevaba una década vinculado con el CIF. Desde 1975, época de sus estudios doctorales en Berkeley, y luego a principios de la década de los años ochenta en ETHZ, el Politécnico de Zurich, Múnera trabajaba en el tema de su interés: la teoría de las probabilidades y los fundamentos de teoría de decisión y riesgo, en el campo de las plantas nucleares. *“Tenía la idea de definir la probabilidad como una cuestión relacionada con los eventos físicos que no son repetitivos”*, dice. *“Es un tema original, relacionado con los fundamentos de causalidad”*. Y así se decidió a regresar a los fundamentos clásicos de la física, tema que lo había interesado al principio de su carrera cuando en 1974 publicó en la Revista Colombiana de Física un artículo sobre la interconvertibilidad de energía potencial y masa.

Múnera publica a nombre del CIF desde 1988, cuando se vincula al centro como investigador asociado. Siempre ha sido



Profesor Germán Arenas (izquierda) y Prof. Héctor A. Múnera (derecha) inspeccionando el soporte rectangular de un péndulo soportado sobre esfera rodante (año 2005).

así. Paralelamente, entre el 2000 y el 2008, fue profesor de tiempo completo en el departamento de física de la Universidad Nacional de Colombia, donde dictó mecánica newtoniana y un curso electivo sobre introducción a la tecnología nuclear, siempre muy demandado tanto por estudiantes de ciencias como de ingeniería. El grupo fue tomando forma desde finales de la década de los años ochenta y se consolidó en 1999.

“En 1988 yo había empezado un tema de investigación sobre la velocidad de la luz. La luz, según Einstein se mueve a una velocidad constante con respecto a un observador que está en movimiento y es el único objeto de la naturaleza que hace eso; en todos los demás casos la velocidad del observador influye en el resultado final”. Múnera ha estado desde entonces, como ratón de biblioteca leyendo y releendo toda la bibliografía original desde el famoso experimento de Michelson – Morley para medir la velocidad de la luz, y base experimental de la posterior teoría de la relatividad de Albert Einstein. Si al comienzo dedujo que la interpretación que se le había dado al experimento estaba errada, hoy cree que además estuvo mal diseñado.

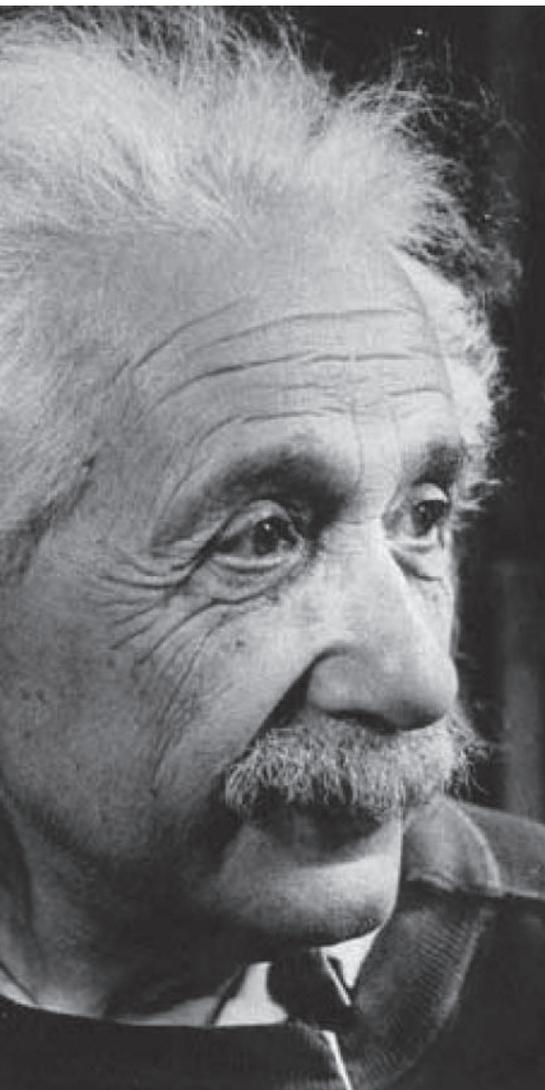
A Múnera no lo convence ni el experimento, ni las interpretaciones, a pesar de que Michelson fue considerado uno de los mejores experimentalistas de su época y recibió el premio Nóbel por sus investigaciones relacionadas con la velocidad de la luz. Es más, Múnera incluso duda de la teoría de la relatividad. *“Desafortunadamente ser hereje es ser loco. Eso es lo que más le agradezco al CIF y a Eduardo Posada, que tenga una casa en donde estar y hacer experimentos, aunque éstos sean altamente controversiales”.*

Ahora Múnera, además de su trabajo teórico que ocupa la mayor parte de su tiempo, también se dedica a la parte experimental. Hacia el 2002 trató de hacer un experimento similar, pero

con los equipos con que se cuenta hoy en día en el CIF y en la Universidad Nacional, a todas luces más sofisticados que los utilizados en el experimento de Michelson – Morley en 1887. *“Logramos una resolución como 100 veces mejor y el resultado es que la velocidad de la luz no es constante porque se la está sumando con respecto a un “algo” externo de referencia, llámese éter, un sistema de referencia inercial o un ‘vacío físico’ como dicen los físicos contemporáneos. Encontramos que hay una variación”.* Eso significa que *“la luz no se mueve con velocidad constante sino que se suma con el movimiento de la Tierra con respecto a las estrellas fijas”.*

Múnera ha trabajado este experimento a nivel nacional con sus colegas Edgar Alfonso y Germán Arenas, ambos físicos con PhD. Son temas complejos y de larga duración. *“Para que el experimento sea más creíble tendría que realizarse bajo una atmósfera y condiciones más controladas”.* Y para eso el grupo, con el apoyo del grupo de física aplicada y desarrollo tecnológico del CIF, está diseñando un equipo en el que un interferómetro longitudinal, prácticamente con un solo brazo se insertará en un tubo donde se hará vacío, y luego se llenará con un gas de composición conocida para poder tener una atmósfera controlada y además para poder capturar los datos en forma automática. *“Yo soy optimista que ese experimento puede ser algo interesante”.*

Ahora trabaja también en otra área experimental, conjuntamente con investigadores de Francia y de Inglaterra, que tiene que ver con la detección de anomalías gravitacionales a través de péndulos. Parece ser que los péndulos detectan o se comportan de manera diferente ante eclipses solares. *“El economista y físico francés Maurice Allais (premio Nóbel de economía en 1988), con quien trabajé el área de mi investigación doctoral, tenía un experimento con un péndulo especial que se inventó*



Albert Einstein

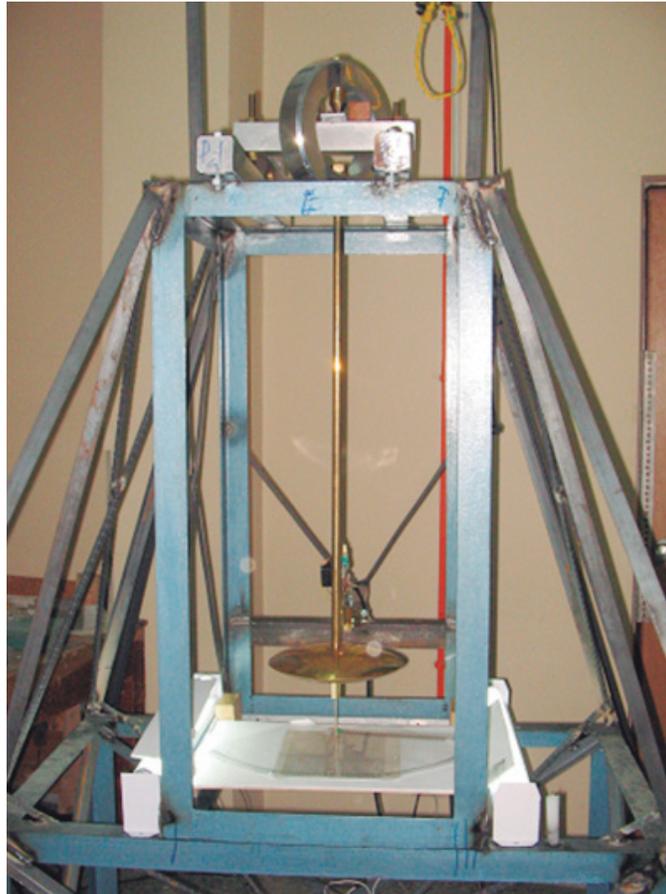
en el año 1954". En un par de ocasiones Allais operó su péndulo en presencia de eclipses, encontrando que se presentaba una anomalía extraña, tema que publicó, interpretando el fenómeno como una "violación de la gravitación newtoniana y, por ende, einsteniana".

Múnera trabaja ahora con Thomas Goodey, quien a pesar de ser un matemático es un excelente experimentalista. Ha perfeccionado el péndulo de tal manera que ahora trabaja de forma automática, para confirmar (o negar) los resultados de las observaciones de Allais durante ocho años de mediciones. "Si son reales es de nuevo algo supremamente importante porque sería la demostración de que hay una falla en la teoría general de la relatividad, o más que falla, que hay fenómenos que no están incluidos en ella", dice.

"Desde 2005 hemos estado haciendo experimentos, persiguiendo los eclipses y estamos encontramos algunas correlaciones", continúa. "La última medición fue en Islas Fidji en julio de 2010, y en Maldivas estuve con Thomas y su grupo de trabajo haciendo mediciones durante el eclipse de enero de 2010. Aún no hemos obtenido resultados positivos".

Pero Múnera no da marcha atrás. Hizo una revisión de literatura en este tema y encontró que desde 1920 existen otras anomalías gravitacionales que a su juicio resultan muy interesantes. El físico italiano Quirino Majorana, profesor de la Universidad de Roma "hizo un experimento con una balanza a la que rodeó unas veces con plomo y otras con mercurio. Observó que el peso de la masa cambiaba

según estuviera rodeado con uno o con otro. Ese cambio gravitacional la gente del establecimiento lo desecha como absurdo porque viola el principio de Einstein. Yo estoy convencido de que experimentalmente es correcto".



Péndulo soportado sobre esfera rodante en soporte anular, utilizado para observaciones durante los eclipses solares de marzo y octubre de 2005.

De tal manera que el grupo ha venido trabajando desde hace varios años en el estudio de fenómenos físicos fundamentales. Busca repetir en forma sistemática el experimento de Michelson - Morley para determinar efectos diarios, anuales y multianuales de los movimientos de la tierra sobre la velocidad de la luz.

El experimento constituye uno de los únicos esfuerzos internacionales para confirmar o refutar experimentalmente los resultados obtenidos por esos autores;

si los resultados llegan a ser positivos se abrirán grandes áreas, hasta ahora inexploradas para la investigación. En ese caso, se planea repetir el experimento en lugares con latitud diferente, tanto en el hemisferio norte como en el sur gracias a los contactos en Francia, Inglaterra, Rumania, México, Brasil y Argentina.

Además de lo anterior, el grupo trabaja en electromagnetismo y electrodinámica en la búsqueda de nuevas aplicaciones de las soluciones no convencionales de las ecuaciones de Maxwell descubiertas por Múnera.

Este Grupo utiliza el laboratorio y los equipos del Grupo de óptica, equipado con una mesa óptica de altas especificaciones, la más grande de América Latina, un interferómetro de Michelson completo, con dos láseres de diferentes longitudes de onda y un sistema completo de adquisición de datos por computador.

INTEGRANTES DE FUNDAMENTOS CLÁSICOS DE LA FÍSICA

Héctor Augusto Múnera Orozco, ingeniero químico de la Universidad de Antioquia, Magister en ingeniería de sistemas de la Universidad Nacional de Colombia, sede de Bogotá, M.Sc. en estudio de radiaciones de la Universidad de Surrey en Inglaterra, y Ph.D. en ingeniería nuclear de la Universidad de California en Berkeley, con disertación doctoral sobre teoría de decisión bajo incertidumbre aplicada a la percepción del riesgo asociado con plantas de generación nucleoelectrónica.

Edgar Alfonso Orjuela, físico de la Universidad Nacional de Colombia, M.Sc. de la misma universidad con el trabajo 'Interacción de láser de CO₂ con materiales películas delgadas' y Ph.D. en la Universidad Autónoma de Madrid.

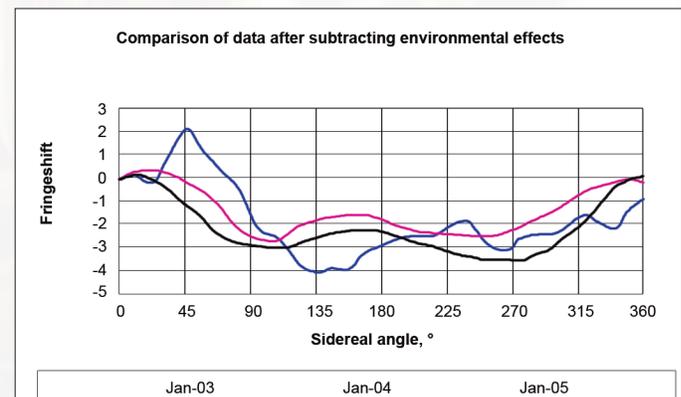
Germán Arenas, físico de la Universidad Nacional de Colombia, MSc. de ciencia de la misma universidad, y PhD en ciencias naturales – física de la Universidad de Kaiserslautern, Alemania.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El grupo de Fundamentos Clásicos de la Física trabaja en cuatro temas: Mecánica clásica, gravitación, espacio-tiempo y electrodinámica. El trabajo teórico tiene las siguientes líneas de investigación:

1. Interpretación de experimentos de Michelson-Morley a la Miller.
2. Interpretación de anomalías gravitacionales.
3. Dinámica clásica en presencia de pequeñas perturbaciones.
4. Dinámica clásica de partículas extensas.
5. Espacio absoluto y éter.
6. Gravitación de Le Sage.
7. Electrodinámica a la Hertz.

El trabajo experimental del grupo se concentra en la repetición del experimento de Michelson-Morley. Además, como trabajo marginal del grupo, se realiza investigación aplicada sobre tecnología nuclear, principalmente en problemas relacionados con el medio ambiente.



Datos obtenidos en el experimento de MMM en los meses de enero de 2003, 2004 y 2005. Tomados de la presentación ante la conferencia internacional PIERS 2009 (Progress in Electromagnetic Research Symposium), Pequín, China, 23 marzo 2009.

LOGROS E IMPACTO

Ya se ha producido un primer trabajo teórico sobre gravedad de tipo Le Sage, que puede explicar todas las anomalías locales durante eclipses, las observaciones de Majorana, y la variación de la "constante" newtoniana con orientación, composición de materiales y tipo de experimento; más importante aún, las anomalías en la aceleración de satélites terrestres y en la velocidad de rotación de las galaxias también son predichas por este modelo, sin recurrir al concepto ad hoc de "materia oscura" tan popular entre los actuales cosmólogos teóricos. Este modelo constituye en el fondo una reinterpretación de las ecuaciones de la relatividad general, que básicamente describen un fluido, pero que Einstein interpretó como si fueran su famoso espacio-tiempo.

De las ecuaciones del fluido dinámico que llena el espacio tridimensional común y corriente, lo mismo que el aire, pueden derivarse fácilmente las ecuaciones de Maxwell, pero con una ventaja, que fue notada por Hertz a fines del siglo XIX, antes de Einstein. Las ecuaciones de los fluidos, y por lo tanto las del electromagnetismo de Hertz, cumplen con la relatividad de Galileo, sin necesidad de introducir la controversial idea einsteiniana de una luz que se mueve con velocidad igual para todos. Una de las estudiantes adelantó su tesis de maestría en física sobre la electrodinámica hertziana.

A mediados de la década de los años noventa el director del grupo trabajó conjuntamente con su colega Octavio

Guzmán, quien dicho sea de paso fue el primer físico colombiano con maestría en este campo. Como resultado de esa colaboración se produjeron varias publicaciones teóricas, que incluyen la simetrización de las ecuaciones de Maxwell, sin necesidad de invocar el mítico monopolo de Dirac, que nunca ha sido encontrado. Identificaron, desde el punto de vista matemático, nuevas soluciones longitudinales en las ecuaciones de Maxwell, soluciones que todo el mundo consideraba imposibles. Encontraron nuevas soluciones a la ecuación de ondas, tema que también se encontraba cerrado.

PROYECCIÓN EN EL PAÍS Y EL MUNDO

El grupo continúa haciendo las mediciones de la velocidad de la luz en el laboratorio mediante un interferómetro de Michelson-Morley operado de forma continua, concientes de que se trata de una investigación de largo plazo.



Además continuará el trabajo iniciado para confirmar la existencia de periodicidades dinámicas en procesos físicos y de otras variaciones dinámicas inusuales. Estas periodicidades y anomalías podrían estar relacionadas con la estructura de espacio-tiempo, con nuevos fenómenos gravitacionales, o con fenomenología hasta ahora desconocida. Actualmente se sigue la pista a anomalías de péndulos, de gravímetros, y aún algunas en procesos radiactivos. El trabajo teórico sobre gravedad de tipo Le Sage, que puede explicar todas las anomalías locales, y más importante aun las anomalías en la aceleración de satélites terrestres y en la velocidad de rotación de las galaxias, así como la variabilidad de la "constante" newtoniana G , podría tener un impacto global significativo si sus predicciones se confirman.

Interferómetro de Michelson con un brazo muy corto, actualmente en montaje final para la fase II del experimento de MMM (Diciembre 2010).

PROYECTOS

1. 2001 Medición de la velocidad absoluta del laboratorio por el método de Michelson-Morley/Miller.

PUBLICACIONES

Libros

1. Tecnología Nuclear en Colombia: Pasado, Presente y Futuro. Vol. 1: **Los protagonistas en carne y hueso**. Vol. 2: **Aplicaciones pacíficas en Colombia, y sus principios básicos**. Vol. 3: **Papel del Instituto de Asuntos Nucleares y sus Sucesores**.
2. Dynamics of the physical pendulum on the rotating earth: **Influence of small periodic external gravitational fields**.
3. A Neo-Cartesian approach to the mechanics of classical extended particles.
4. The Michelson-Morley experiment: **history and critical evaluation of old and new experiments**.

Capítulos en libros

1. Múnera Héctor A. **A realistic four-dimensional hydrodynamic aether interpreted as a unified field equation**. Singapur, 2000, Lorentz Group, Cpt And Neutrinos, ISBN: 9810240627, Vol. 1, págs:425 - 433, Ed. World Scientific Publishing Co Singapur.
2. Múnera Héctor A. **Equivalence between Maxwell equations and Dirac-like equations for $j=1$ bosons**. Singapur, 2000, Lorentz Group, Cpt And Neutrinos, ISBN: 9810240627, Vol. 1, págs:257 - 265, Ed. World Scientific Publishing Co Singapur.
3. Múnera Héctor A. **The photon as a charge-neutral and mass-neutral composite particle**. Part I. The qualitative model. Holanda, 2002, Gravitation And Cosmology: From The Hubble Radius To The Planck Scale, ISBN: 1402008856, Vol. n/a, págs:469 - 476, Ed. Kluwer Academic Publishers Holanda.
4. Múnera Héctor A. **A semiclassical model of the photon based on objective reality and containing longitudinal field components**. Estados Unidos, 2001, Modern Nonlinear Optics, ISBN: 0471389323, Vol. 3, págs:335 - 385, Ed. John Wiley Sons Nueva York.
5. Múnera Héctor A. **The evidence for length contraction at the turn of the 20th century: non-existent**, 87-102 en Valeri Dvoeglazov (ed.), **Einstein and Poincaré—The Physical Vacuum**, Apeiron, Montreal, Canadá (2006) 184 pp. ISBN 0-9732911-3-3.
6. Múnera Héctor A. **A neo-Cartesian approach to electromagnetic force**. Estados Unidos, 2004, Has The Last Word Been Said On Classical Electrodynamics? --New Horizons, ISBN: 1589490363, Vol. 1, págs:200 - 224, Ed. Rinton Press.

7. Múnera Héctor A. **Nuevos elementos en la relación entre el experimento de Michelson-Morley y el segundo postulado de Einstein** presentada ante el *Simposio Internacional Einstein Científico, Filósofo, Humanista*, Universidad del Valle, Cali, Colombia (Noviembre 28-Diciembre 2, 2005). ISBN: 958-670-470-X.

Artículos en revistas científicas

1. Múnera Héctor A. y Héctor R. Maya, **The method of the apparent vertical applied to pendulum dynamics**, enviado a *LATIN AMERICAN JOURNAL OF PHYSICS EDUCATION* (Noviembre 2010) 10 pp.

2. Múnera Héctor A. **An Extension Of Majorana's Gravity Shielding Consistent With Solar Eclipse Anomalies**, aceptado para publicación en la serie de libros editada por Valeri Dvoeglazov, *Contemporary Fundamental Physics series*, Nova Science Publishers (March 2010).

3. Múnera Héctor A. **A ball rolling on a freely spinning turntable: insights from a solution in polar coordinates**, *LATIN AMERICAN JOURNAL OF PHYSICS EDUCATION* **5**, No. 1 (Jan 2011) 7 pp. (<http://www.lajpe.org>)

4. Múnera Héctor A. **The principle of equivalence: demonstrations of local effective vertical and horizontal**, *THE PHYSICS TEACHER* **48** (Feb 2010) 131-133.

5. Múnera Héctor A. **El experimento de Michelson-Morley y el segundo postulado de Einstein: Inextricablemente Unidos** 257-303 en Germán Pino (compilador), **Einstein Científico, Filósofo, Humanista**, Universidad del Valle, Cali, Colombia (Junio 2009).

6. Múnera Héctor A. **Towards the reinstatement of absolute space, and some possible cosmological implications**, *ICFAI UNIVERSITY JOURNAL OF PHYSICS*, vol II, Nos. 2-3, pp. 9-24 (April-July 2009).

7. Camilo Delgado y Múnera Héctor A. **Utilización de una fuente neutrónica reciclada para enseñar análisis por activación gamma inmediata**, *REVISTA COLOMBIANA DE FÍSICA* **41**, No. 2 (Abril 2009) 506-509.

8. Múnera Héctor A. **A Cartesian approach to teach classical mechanics at junior university level**, *JOURNAL OF THE PHYSICS EDUCATION SOCIETY OF JAPAN-SUPPLEMENT* 114-115 (2008).

9. Múnera Héctor A. Daniel Hernández Deckers, Germán Arenas, Edgar Alfonso, **Observation of a significant influence of earth's motion on the velocity of photons in our terrestrial laboratory** en Chandrasekhar Roychoudhuri, Al F. Kracklauer, y Katherine Creath (eds), **The Nature of Light: What Are Photons?**, *Proceedings of SPIE Volume 6664* (Agosto 2007). ISBN 9780819468123, ISSN 0277-786X.

10. Camilo Delgado y Múnera Héctor A. **Efecto de la atracción gravitacional del sol, luna y planetas sobre la dinámica continua de un péndulo de torsión ideal**, *REVISTA COLOMBIANA DE FÍSICA* **38**, No. 1 (2006) 349-352.

11. Múnera Héctor A. Daniel Hernández-Deckers, Germán Arenas y Edgar Alfonso, **Observation during 2004 of periodic fringe-shifts in an adialeptometric stationary Michelson-Morley experiment**, *ELECTROMAGNETIC PHENOMENA* (Institute for Electromagnetic Research Kharkov, Ukraine) **6**, No. 1(16) (January-March 2005) 70-92.

12. Isabel Garzón y Múnera Héctor A. **Método de Hertz para solucionar las ecuaciones de Maxwell: El caso del dipolo oscilante**, *MOMENTO* **29** (Diciembre 2004) 30-42.

13. Luz Stella Veloza y Múnera Héctor A. **Simulación por MonteCarlo de la función respuesta de detectores de radiación gamma**, MOMENTO **28** (Junio 2004) 88-97.
14. Múnera Héctor A. Inti Sodemann y Mauricio Mariño **On the stability of a two-body system under a retarded gravitational interaction** REVISTA COLOMBIANA DE FISICA **36**, No. 1 (2004) 196-200.
15. Múnera Héctor A. **On the consistency of observed anisotropies with classical mechanics**, JOURNAL OF NEW ENERGY **7**, No. 3 (Fall 2003) 94-100.
16. Múnera Héctor A. Edgar Alfonso y Germán Arenas, **Preliminary observations with a stationary Michelson-Morley interferometer close to the Equator**, JOURNAL OF NEW ENERGY **7**, No. 3 (Fall 2003) 101-105.
17. Múnera Héctor A. Edgar Alfonso y Germán Arenas, **Empirical verification of the existence of large fringe-shifts in the original Michelson-Morley and Miller experiments, and a novel interpretation of its origin**, JOURNAL OF NEW ENERGY **6**, No. 4 (Summer 2002) 185-209.
18. Múnera Héctor A. **Bell's-type inequalities revisited: new constraints from objective reality**, MOMENTO **25** (Diciembre 2002) 3-27.
19. Múnera Héctor A. **The effect of solar motion upon the fringe-shifts in a Michelson-Morley interferometer à la Miller**, ANNALES DE LA FONDATION LOUIS DE BROGLIE (PARIS) **27**, No. 2 (2002) 463-484.
20. Camilo Carrillo, Carolina Daza, Múnera Héctor A. y Fabio Fajardo, **Sistemas no-inerciales y fuerzas de flotación** REVISTA COLOMBIANA DE FISICA **33**, No. 2 (2001) 268-271.
21. Múnera Héctor A. **Two new Dirac-like representations for massive $j=1$ bosons**, HEAVY ION PHYSICS, **10** (2000) 409-420.
22. Múnera Héctor A. **An electromagnetic force containing two new terms: Derivation from a 4D-aether**, APEIRON **7**, Nos. 1-2 (Enero-Abril 2000) 67-75.
23. Múnera Héctor A. **Nuevas soluciones cerradas, en coordenadas esféricas, de la ecuación de ondas homogénea en tres dimensiones**, MOMENTO **20** (Junio 2000) 1-30.
24. Múnera Héctor A. y Octavio Guzmán, **Explicit examples of free-space non-planar electromagnetic waves**, APEIRON **7**, Nos. 1-2 (Enero-Abril 2000) 59-66.
25. Múnera Héctor A. **The relativistic enthalpy-momentum wave equation for particles moving in a dynamic fluid: a building block for the representation of interacting bosons and fermions**, PHYSICS ESSAYS **12**, No. 2 (Junio 1999) 275-282.
26. Andrei E. Chubykalo, Múnera Héctor A. y Román Smirnov-Rueda, **Is the free electromagnetic field a consequence of Maxwell's equations or a postulate?**, FOUNDATIONS OF PHYSICS LETTERS **11**, No. 6 (1998) 573-584.
27. Múnera Héctor A. **Redshift in absolute space: periodicity of quasars and other cosmological implications**, APEIRON **5**, Nos. 3-4 (Julio-Octubre 1998) 169-179.
28. Múnera Héctor A. **Michelson-Morley experiments revisited: Systematic errors, consistency among different experiments, and compatibility with absolute space**, APEIRON **5**, Nos. 1-2 (Enero-Abril 1998) 37-54.

29. Múnera Héctor A. María B. Canal y Mauricio Muñoz, **Risk associated with transportation of spent nuclear fuel under demanding security constraints: The Colombian experience**, RISK ANALYSIS **17**, No. 3 (1997) 381-390.
30. Múnera Héctor A. y Octavio Guzmán, **A symmetric formulation of Maxwell's equations**, MODERN PHYSICS LETTERS A **12**, No. 28 (1997) 2089-2101.
31. Múnera Héctor A. **An absolute space interpretation (with non-zero photon mass) of the non-null results of Michelson-Morley and similar experiments: An extension of Vigier's proposal**, APEIRON **4**, Nos. 2-3 (Abril-Julio 1997) 77-79.
32. Múnera Héctor A. y Octavio Guzmán, **Magnetic potentials, longitudinal currents, and magnetic properties of vacuum: all implicit in Maxwell's equations**, APEIRON **4**, Nos. 2-3 (Abril-Julio 1997) 63-70.
33. Múnera Héctor A. y Octavio Guzmán, **New explicit nonperiodic solutions of the homogeneous wave equation**, FOUNDATIONS OF PHYSICS LETTERS **10**, No.1 (Febrero 1997) 31-41.
34. Múnera Héctor A. Octavio Guzmán, Diego Buriticá y Jorge I. Vallejo, **Soluciones no-convencionales de la ecuación de ondas viajeras**, REVISTA COLOMBIANA DE FISICA **27**, No. 1 (1995) 215-218.
35. Múnera Héctor A. **A quantitative formulation of Newton's first law**, PHYSICS ESSAYS **6**, No. 2 (1993) 173-180.
36. Múnera Héctor A. **On the extinction paradox, the finiteness of resources, and the nature of probability**, THE NUCLEAR ENGINEER **32**, No. 2 (Marzo-Abril 1991) 56-59.
37. Múnera Héctor A. **On the existence of Heisenberg-like classical uncertainty relations**, PHYSICS ESSAYS **3**, No. 4 (Dic. 1990) 375-378.

Documentos de trabajo y artículos en preparación

1. Múnera Héctor A., **Michelson-Morley and Sagnac experiments: kinematically equivalent in an inertial frame**, Working paper (23 August 2009).
2. Múnera Héctor A. e Garzón Isabel, **Maxwell y las dos escuelas de Maxwellianos : Las analogías con calor y mecánica de fluidos**, Documento de trabajo (Julio 2009).
3. Múnera Héctor A. e Garzón Isabel, **"Los cuaterniones: nota histórico-técnica"**, Documento de trabajo (Julio 2009).
4. Múnera Héctor A., **Experimental comparison of the Eisteinian, Lorentzian, and Newtonian interpretations of the Michelson-Morley experiment**. Documento de trabajo (Julio 21, 2006).
5. Múnera Héctor A., **The missing statistical analysis in the 1887 Michelson-Morley experiment** (28 Noviembre 2004).

Congresos

1. Múnera Héctor A., **Force: the midwife for transfer of momentum-The case of contact forces**, presentada ante la *International Conference on Physics Education ICPE2009: Development and Innovation in Physics Education*, Bangkok, Tailandia (18-24 Octubre 2009).
2. Múnera Héctor A. y Garzón Isabel, **Hertz electric dipole as a tool to explain concepts in electrodynamics**, presentada ante la *International Conference on Physics Education ICPE2009: Development and Innovation in Physics Education*, Bangkok, Tailandia (18-24 Octubre 2009).
3. Múnera Héctor A., Hernández Deckers Daniel, Arenas Germán, Alfonso Edgar, López Iván, **Observation of a non-conventional influence of earth's motion on the velocity of photons, and calculation of the velocity of our galaxy**, presentada en *Progress in Electromagnetics Research Symposium PIERS-2009*, Pequín, China (23-27 Marzo 2009).
4. Arenas Germán y Múnera Héctor A., **Un interferómetro muy asimétrico** presentada en *XI Encuentro Nacional de Óptica & II Conferencia Andina y del Caribe en Óptica y sus Aplicaciones- 2008*, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia (10-14 noviembre 2008).
5. Múnera Héctor A., **Limitations of point-and line-representations of extended bodies in elementary rotational mechanics**, OP71-B, presentada ante la *International Conference on Physics Education ICPE2007: Building Careers with Physics*, organizado por la Universidad Cadi Ayyad, Marrakech, Marruecos (Noviembre 11-16, 2007) p. 157.
6. Múnera Héctor A., Quiroga Diego y Delgado Camilo, **Use of a recycled neutron source for teaching some experimental nuclear techniques in a developing country**, OP70-D, presentada ante *International Conference on Physics Education ICPE2007: Building Careers with Physics*, organizado por la Universidad Cadi Ayyad, Marrakech, Marruecos (Noviembre 11-16, 2007) p. 156.
7. Múnera Héctor A. y Garzón Isabel, **Unfolding of the Maxwellian helical fields of the vacuum** presentada ante *International Conference on Fundamental and Applied Research in Physics FARPhys2007*, Facultad de Física, Universidad Alexander I. Cuza, Iasi, Rumania (Octubre 25-28, 2007).
8. Veloza Luz Stella, Múnera Héctor A., C. A. De Los Reyes y Calderón C. **Protocolo de dosimetría interna para determinar la dosis incidental de radiación absorbida por un lactante, debida a la incorporación de galio 67 en leche materna** presentada ante *IV Congreso Latinoamericano de Física Médica, ALFIM2007*, Cartagena, Colombia (7-10 Octubre 2007).
9. Múnera Héctor A., Hernández Deckers Daniel, Arenas Germán, Alfonso Edgar, **Observation of a significant influence of earth's motion on the velocity of photons in our terrestrial laboratory** presentada ante *SPIE2007*, San Diego, California, Estados Unidos (Agosto 26-30, 2007).
10. Múnera Héctor A., Hernández Deckers Daniel, Arenas Germán, Alfonso Edgar, **Observation of highly significant correlations between earth motion and fringe-shifts in a stationary Michelson-Morley experiment during the period 2003-2005** presentada ante la *14th Annual Conference of the Natural Philosophy Alliance, Examining Postulates Behind Natural Philosophy*, Departamento de Matemáticas, Universidad de Connecticut, Storrs, Estados Unidos (Mayo 21-25, 2007).
11. Delgado Correal Camilo y Múnera Héctor A., **Aproximación descriptiva del estudio ambiental de estuarios mediante técnicas nucleares**, presentada ante *IX Seminario Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia (Septiembre 28-29, 2006).

12. Múnera Héctor A., **Conservation of Linear Momentum as the Fundamental Concept for teaching the First Course of Physics for Physics Majors at National University in Bogotá, Colombia** presentada ante la *International Conference on Physics Education ICPE2006*, Tokio, Japón (Agosto 13-18, 2006).
13. Múnera Héctor A., **The missing statistical analysis in the 1887 original Michelson-Morley experiment** presentada ante la *International Conference on Physics Education ICPE2005*, Miranda House, Universidad de Delhi, New Delhi, India (Agosto 21-26, 2005).
14. Múnera Héctor A., **The local horizontal plane: a demonstration of Einstein's equivalence principle**, presentada ante la *International Conference on Physics Education ICPE2005*, Miranda House, Universidad de Delhi, New Delhi, India (Agosto 21-26, 2005).
15. Múnera Héctor A., Alfonso Edgar y Arenas Germán, **Results obtained with a stationary Michelson-Morley interferometer operated continuously near the equator**, presentada ante la *23rd. Annual Meeting of the Society for Scientific Exploration*, Las Vegas, Nevada, EEUU (Mayo 19-22, 2004).
16. Múnera Héctor A., **Two neglected effects in the dynamics of a physical pendulum**, presentada ante la *23rd. Annual Meeting of the Society for Scientific Exploration*, Las Vegas, Nevada, EEUU (Mayo 19-22, 2004).
17. Múnera Héctor A., Alfonso Edgar y Arenas Germán, **Preliminary results obtained with a stationary Michelson-Morley-Miller interferometer at the CIF, Bogotá, Colombia**, presentada ante la *10th Annual Conference of the Natural Philosophy Alliance, New Developments in Physics, Chemistry and Cosmology*, Departamento de Matemáticas, Universidad de Connecticut, Storrs, Estados Unidos (Junio 9-13, 2003).
18. Múnera Héctor A., **On the validity of Newtonian mechanics in a universe having a preferred direction**, presentada ante la *10th Annual Conference of the Natural Philosophy Alliance, New Developments in Physics, Chemistry and Cosmology*, Departamento de Matemáticas, Universidad de Connecticut, Storrs, Estados Unidos (Junio 9-13, 2003).
19. Múnera Héctor A., Alfonso Edgar y Arenas Germán, **Measurement of the laboratory's absolute velocity, using the method of Michelson-Morley/Miller: A progress report** presentación por invitación ante *Physics as a Science, Arrecife 2002*, Universidad Autónoma de Madrid (España) y Centro Cultural Blas Cabrera, Arrecife de Lanzarote, Islas Canarias, España (1-5 Julio 2002).
20. Múnera Héctor A., **A charge-neutral composite model of the photon** presentado ante *Vigier 2000 Symposium-Gravitation and Cosmology: From the Hubble Radius to the Planck Scale. A Symposium in Celebration of the eightieth birthday of Jean-Pierre Vigier*, Universidad de California, Berkeley (Agosto 21-25, 2000).
21. Múnera Héctor A., **Reinterpretation of Michelson-Morley/Miller: Propagation in a preferred frame**, presentada por invitación ante *STORRS2000, The New Natural Philosophy*, Universidad de Connecticut, Storrs, Estados Unidos (Junio 5-9, 2000).
22. Múnera Héctor A., **Two new representations of photon spin**, presentada ante el *III Latinoamerican Workshop on Nuclear and Heavy Ion Physics*, Isla de San Andrés, Colombia (Septiembre 13-17, 1999).
23. Múnera Héctor A., **Equivalence between Maxwell equations and Schroedinger-Klein-Gordon equations for $j=1$ bosons** presentada ante *Internacional Workshop: Lorentz Group, CPT and Neutrinos*, Universidad Autónoma de Zacatecas, Méjico (Junio 23- 26, 1999).

24. Múnera Héctor A., **A realistic four-dimensional hydrodynamic aether interpreted as a unified field equation** presentada ante *Internacional Workshop: Lorentz Group, CPT and Neutrinos, Universidad Autónoma de Zacatecas, Méjico* (Junio 23- 26, 1999).
25. Múnera Héctor A. y Guzmán Octavio, **An explicit example of a family non-planar free-space electromagnetic waves containing magnetic scalar potentials**, presentada por invitación ante *Progress in Electromagnetics Research Symposium, PIERS 98*, organizado por la Academie de l'Electromagnetisme, Nantes, Francia (Julio 13-17, 1998).
26. Múnera Héctor A. y Guzmán Octavio, **Explicit examples of free-space non-planar electromagnetic waves containing magnetic scalar potentials**, presentada ante *Causality and Locality in Modern Physics and Astronomy: Open Questions and Possible Solutions, Vigier II Symposium, University of York, Toronto, Canada* (Agosto 24-28, 1997).
27. Múnera Héctor A., **A reanalysis of the Michelson Morley experiment: consistency with absolute space**, presentada ante *Causality and Locality in Modern Physics and Astronomy: Open Questions and Possible Solutions", Vigier II Symposium, University of York, Toronto, Canada* (Agosto 24-28, 1997).
28. Múnera Héctor A., **Bell-type inequalities revisited: new constraints from objective reality** presentada ante *Causality and Locality in Modern Physics and Astronomy: Open Questions and Possible Solutions", Vigier II Symposium, University of York, Toronto, Canada* (Agosto 24-28, 1997).

TESIS Y TRABAJOS DE GRADO

Doctorado

- ▶ *Maya Taboada, Héctor Roger (En proceso) Dinámica del péndulo paracónico en un campo de fuerzas externo de origen gravitacional. Tesis de doctorado en Física, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.*

Maestría

- ▶ *Delgado Correal, Maykol Camilo (En proceso) Sobre la interpretación de ráfagas de rayos gamma de origen cósmico. Codirector del trabajo de Maestría en Física, Observatorio Astronómico, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.*
- ▶ *2005 Garzón Barragán, Isabel Representación del campo electromagnético de un dipolo eléctrico oscilante mediante campos y potenciales simétricos: El caso del campo (P,N) y los potenciales de Hertz (Πe,Πm). Tesis de Maestría en Física, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.*
- ▶ *2004 Veloza Salcedo, Luz Stella Desconvolución de espectros gamma discretos. Tesis de Maestría en Física, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.*

Pregrado

- ▶ *2009 Vargas Beltrán, John Henry Tecnología nuclear: Conceptualización e implementaciones didácticas. Codirector de la Tesis de Grado para Licenciatura en la Facultad de Ciencias de la Educación, Proyecto Curricular en Física, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.*

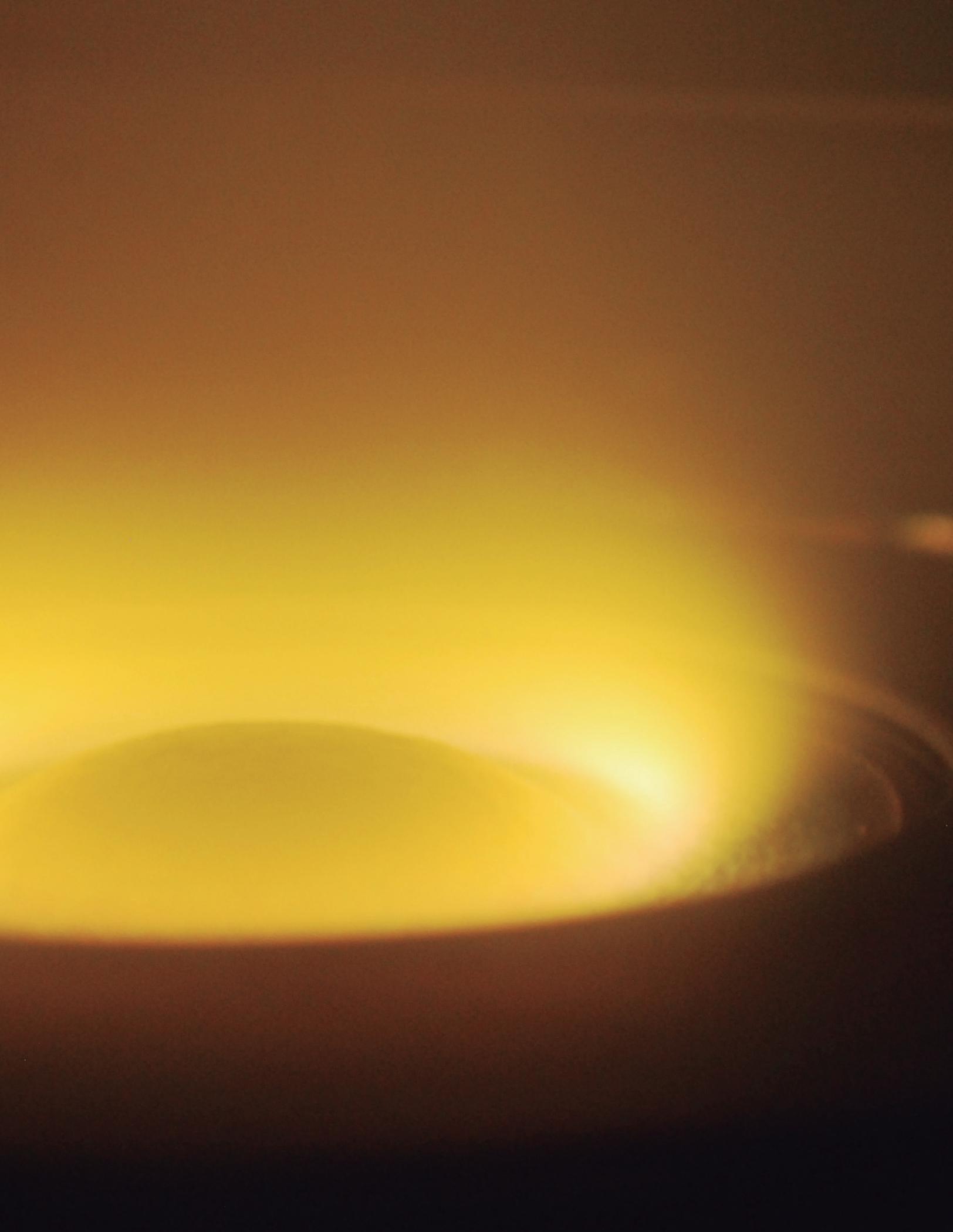
- ▶ 2007 Herrera Muñoz, Diana Carolina **Medición de radiación gamma en materiales de construcción en Colombia.** Proyecto Grado, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2007 Delgado Correal, Mayckol Camilo **Primeros resultados de la observación de rayos gamma inmediatos utilizando una fuente neutrónica portátil: los casos el N, Si y Cd.** Proyecto Grado, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2007 Quiroga, Diego Germán **Construcción y caracterización de flujos de un irradiador para fuente de neutrones de Am-Be.** Proyecto Grado, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2005 Viatela Sastoque, Yrina **Efecto del sol y la luna sobre dos péndulos paracónicos cuyos planos de oscilación están desfasados 90°.** Proyecto Grado, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia.
- ▶ 2005 Hernández Deckers, Daniel **Reducción de datos del experimento con interferómetro estacionario de Michelson-Morley-Miller.** Trabajo de Grado en Física, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

INVESTIGADORES FORMADOS

Héctor Augusto Múnera Orozco
 José Edgar Alfonso Orjuela
 Germán Arenas
 Maykol Camilo Delgado Correal

Nissim Illich Fraija Cabrera
 Isabel Garzón Barragán
 Mario Fernando Guerrero Gutiérrez

Daniel Hernández Deckers
 Luz Stella Veloza Salcedo
 Irina Viatela Sastoque



CIENCIA DE LOS MATERIALES

LA FÍSICA DE LOS MATERIALES Y SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA

Este grupo nace por una coyuntura de oportunidad: confluyen la posibilidad de adquirir equipos de la Universidad de Lausana, en Suiza, en condiciones muy favorables para el CIF –una donación-, y la aprobación de un proyecto de investigación en la Universidad Distrital para importarlos y ponerlos a funcionar en Colombia, lo que demuestra la importancia de mantener relaciones nacionales e internacionales para llevar a cabo la investigación.

“Con este equipo se comienzan a desarrollar proyectos en ciencia de materiales, particularmente crecidos en forma de películas delgadas, con propiedades que pueden ser aplicadas en óptica y en ingeniería”, explica el físico Edgar Alfonso, becario de Colciencias por el CIF, investigador asociado del Centro desde hace 15 años, e integrante fundamental del grupo.

El equipo que se importó, de pulverización catódica, se usa desde entonces para el depósito de materiales en forma de películas y tiene la posibilidad de trabajar en dos configuraciones: DC y RF. Con la primera, el equipo se utiliza para el depósito de materiales metálicos, en capas finas, del orden de la micra, mientras que con el sistema RF los investigadores pueden depositar cualquier tipo de material metálico o aislante, como tungsteno, titanio, nitruro de titanio, materiales que poseen muy altos puntos de fusión que resultarían imposibles de depositar en película delgada por otro tipo de técnica.

En aplicaciones industriales, estos materiales tienen múltiples usos: para recubrir las partes finales de un implante debido a que tienen la propiedad de no degradarse. También con ellos es posible hacer superficies resistentes a la corrosión, más

duras y más duraderas, lo que significa que los tiempos de vida son mayores. *“Todo lo podemos hacer en películas del orden de la micra”,* explica Alfonso. *“Este equipo de pulverización catódica es el corazón del grupo”.*

Una vez en el CIF, el equipo se instala, se ‘pone a punto’, y se empiezan a desarrollar proyectos. En 1999 el profesor Alfonso se retira de la Distrital y se vincula a la Universidad Nacional como docente, lo cual no fue obstáculo para continuar su vinculación con proyectos que buscaban hacer nitruración de metales con el objetivo de cambiar propiedades mecánicas de los aceros.

Uno de los proyectos del grupo que se considera más importante lo constituye el realizado en alianza con Colcerámicas – Empresas Grival S.A. y Colciencias en el año 2003, buscando solucionar una

necesidad concreta: la posibilidad de recubrir plásticos con metales para darle un acabado de lujo a sus productos de grifería, mediante películas cerámicas (TiN o nitruro de titanio).

Además del aspecto ornamental, que permite recubrir el plástico con metal para darle una apariencia de 'metal fino', el componente tecnológico residía en "encontrar las condiciones óptimas de preparación y poder ser capaces de recubrir una pieza plástica con un metal que pudiera ser competitiva comercialmente", continúa Alfonso. El proyecto duró tres años, al cabo de los cuales "se logró hacer el depósito del metal sobre el plástico, tener una gama de coloraciones en la preparación y se presentó el

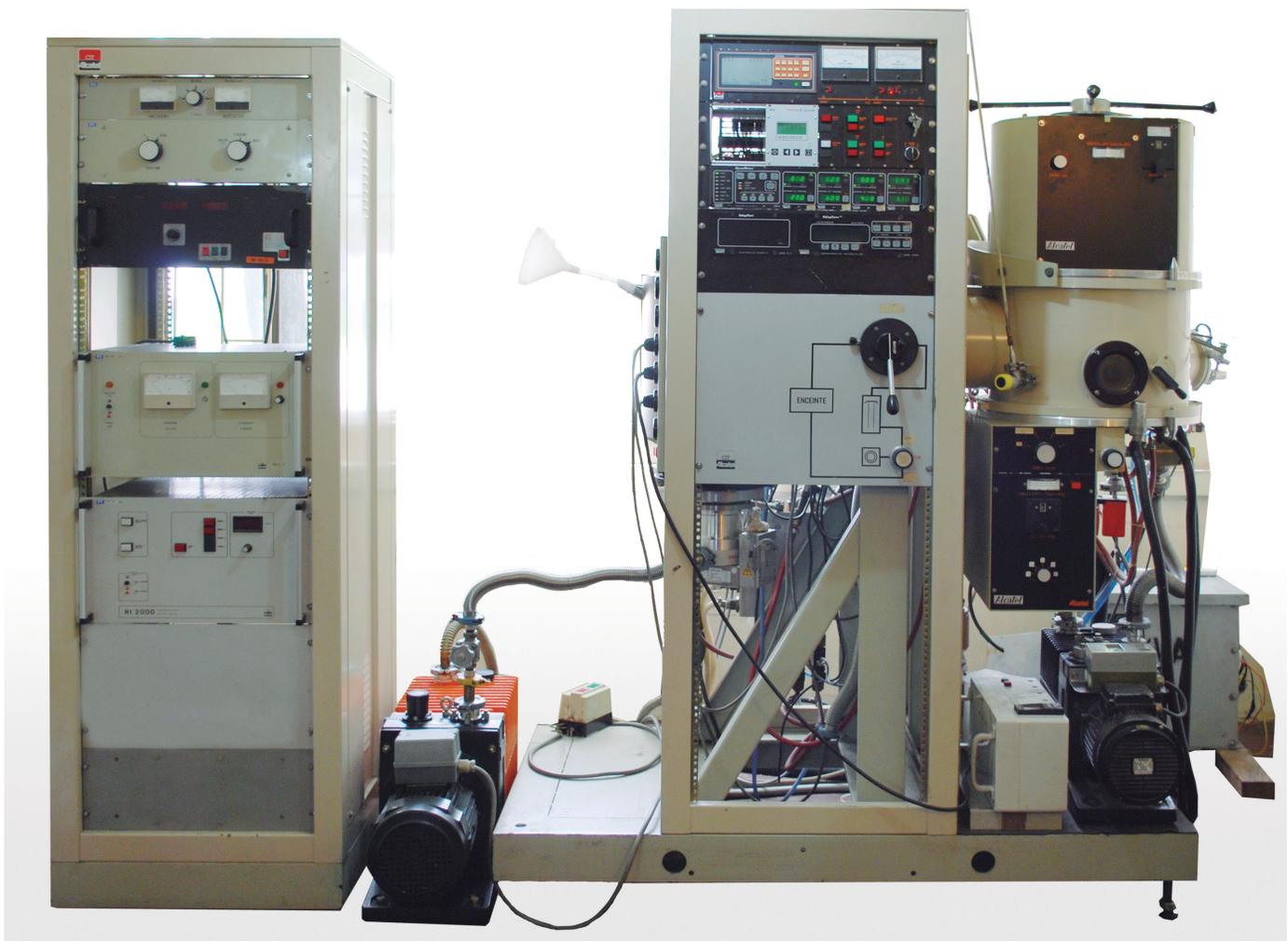
informe ante el Comité Técnico". Se trata de un proceso que se realiza en otros países como Alemania, Japón y Estados Unidos, pero en Colombia no se sabía como hacerlo y ahora ya el país cuenta con el know how.

La idea del grupo es desarrollar materiales que tengan aplicaciones tecnológicas. "Existen materiales como el titanio, que tienen propiedades altamente deseables en la industria: son duros, buenos conductores, tienen altos puntos de fusión y no se corroen fácilmente", explica Alfonso. "Empezamos a hacer depósitos de titanio sobre aceros para mejorar las propiedades de los aceros, evitar desgaste y corrosión; se hicieron recubrimientos de multicapas de titanio y

nitruro de titanio. Eso dio como resultado una tesis de maestría".

En cuanto a la parte óptica, el grupo ha logrado crecer óxidos de silicio que tienen la propiedad de no rayarse, son duros y transparentes, y sirven como recubrimientos finales de elementos ópticos, como lentes. "Estamos haciendo también recubrimiento en óxidos de estaño que sirven para celdas solares, como capas base para depositar otros materiales; y hemos depositado óxidos de manganeso utilizados en superconductores. Finalmente hemos integrado óxidos de estaño y de manganeso para aplicaciones ópticas como guías de onda", explica Alfonso.

En síntesis, el grupo crece materiales en



Equipo de pulverización catódica

forma de películas delgadas del orden de la micra para aplicaciones tecnológicas con propiedades mecánicas y propiedades ópticas. La actividad del grupo está centrada en el desarrollo de recubrimientos cerámicos (nitruro de titanio y nitruro de zirconio), destinados a la protección de herramientas de corte e instrumentos de cirugía, materiales compuestos basados en la utilización de fibras de carbono o de nanotubos y recubrimientos en forma de multicapa, de materiales metálicos depositados sobre plásticos.

A finales del 2010 el grupo adelantaba una tesis de PhD para hacer oxinitruro de zirconio, un material que tiene altas propiedades mecánicas, de enorme aplicación desde el punto de vista tecnológico.

Otra línea de investigación en la que trabaja el grupo es en el recubrimiento de prótesis humanas para disminuir la corrosión generada por el cuerpo. Se trata de un proyecto conjunto entre dos disciplinas, medicina y física, para crear dispositivos que permitan tener prótesis con la posibilidad de que se anclen al cuerpo humano sin que éste lo rechace, ni haya contaminación, ni se degrade

con el tiempo. Este estudio ha logrado materiales con alta biocompatibilidad, utilizando el titanio y el titanio-aluminio-vanadio. *“La idea es tomar un acero que sea biocompatible, depositarle capas finales de óxido de titanio, titanio-aluminio-vanadio, o titanio, y hacer que en ese material, que tiene unas propiedades mecánicas muy importantes se recubra, se reproduzcan y crezcan células óseas, de tal manera que puedan adherirse. Eso permite una adherencia entre la prótesis y el cuerpo humano”*, continúa explicando Alfonso.

El laboratorio cuenta con equipos para la producción de películas delgadas de diferentes materiales, y dispone de la mayoría de las técnicas modernas para la producción de ese tipo de muestras. A través del convenio con la Universidad Nacional se dispone además de todas las técnicas modernas de caracterización:

- ▶ **Laboratorio de depósito de películas delgadas**, equipado con una máquina Alcatel de pulverización catódica RF y DC magnetron y evaporación térmica. Ese equipo dispone además de un mezclador de gases, medidor de espesores de alta precisión, sistema de ultra alto vacío.

- ▶ **Laboratorio de tratamientos térmicos**, dotado con un horno de inducción de alta frecuencia de 30 KW, de un horno de ultra alta temperatura en ultra alto vacío y de los accesorios necesarios para la preparación de muestras de diferentes materiales.



Proceso de pulverización de Titanio

INTEGRANTES DE CIENCIA DE MATERIALES

Eduardo Posada Flórez, físico de la Universidad de Lausana, en Suiza y PhD en física de la misma universidad.

Edgar Alfonso Orjuela, físico de la Universidad Nacional de Colombia, MSc. de la misma universidad con el trabajo 'Interacción de láser de CO2 con materiales películas delgadas' y PhD en la Universidad Autónoma de Madrid.

Jhon J. Olaya, técnico en sistemas del Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, ingeniero metalúrgico de la Universidad Libre de Colombia, MSc. de la Universidad Nacional de Colombia y PhD de la facultad de ingeniería, del Instituto de Investigaciones en Materiales, en la Universidad Nacional Autónoma de México.

Dianey Clavijo, médica de la Universidad Nacional de Colombia, con MSc. en docencia universitaria de la Universidad del Rosario.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Recubrimientos de diferentes sustratos con películas delgadas (Ti, TiAlV, Zr, ZrO, ZrNO, SiO₂, MgO, SnO₂) en mecánica y óptica.

LOGROS E IMPACTO

El grupo de ciencia de materiales trabaja tanto con la industria, como con proyectos de investigación de las universidades, principalmente con la Universidad Nacional de Colombia, que conducen a tesis de maestría y doctorado. El convenio de la Nacional con el CIF estipula que los espacios donde se trabaja son de la Universidad y los equipos son del CIF, y establece además que los profesores pueden desarrollar sus proyectos de investigación con sus estudiantes en el centro, trabajos que culminan y publican en revistas indexadas.

Esta colaboración ha permitido además que el CIF participe en la consolidación del Doctorado en Materiales de la Facultad de Ingeniería y que su laboratorio sea parte indispensable de los trabajos allí realizados.

El proyecto con Grival desarrollado por el CIF permitió desarrollar el conocimiento necesario para recubrir plásticos con metales.

PROYECCIÓN EN EL PAÍS Y EL MUNDO

El Grupo de Materiales del CIF está interesado en realizar proyectos que logren no solamente un impacto académico, con la generación de nuevo conocimiento y desarrollo de tecnologías, sino apoyar a la industria con la creación de dispositivos útiles con aplicaciones ópticas y mecánicas.

En la actualidad, los laboratorios de óptica y de materiales del CIF trabajan estrechamente en proyectos conjuntos, entre ellos integrar multicapas de óxidos con el fin de aplicarlos en dispositivos ópticos tales como guías de onda. "La idea es que lo que se produce en nuestro laboratorio de fotónica poderlo terminar en el de materiales y lograr que nuestros dispositivos fotónicos los podamos recubrir con capas de óxidos de silicio para hacerlos trabajar como celdas solares, guías de onda o como filtros ópticos", explicó Alfonso.

Esta proyección busca el fortalecimiento y modernización de la infraestructura existente para la producción y caracterización de materiales con aplicaciones tecnológicas.

PROYECTOS

1. Estudio exploratorio para el desarrollo de la tecnología de deposición de metales en la producción de griferías mediante procesos físicos en reemplazo de procesos químicos. (2002) Colciencias – Grival.
2. Depósito de nitruros metálicos mediante pulverización catódica. Universidad Distrital.

PUBLICACIONES

Artículos en revistas científicas

1. Mayorga P A, Landínez D.A., Madueño Q., Alfonso J.E., Jairo Roa J. **Conductivity Fluctuation of YBa₂Cu₃O₇- / Sr₂YSbO₆/SrTiO₃ Thin Films**. Brazilian Journal of Physics, v. 36, n. 3B, p. 1084-1087, 2006.
2. N. Hoyos, R. Bolívar, J.E. Alfonso. **Crecimiento de películas de platino sobre titanio mediante pulverización catódica con magnetron DC**. Revista Colombiana de Física v. 38, n. 4, p. 1519-1522, 2006.
3. J.E. Alfonso, J. Torres S., J.F. Marco. **Influence of the Substrate Bias Voltage on the Crystallographic Structure and Surface Composition of Ti₆Al₄V Thin Films Deposited by rf Magnetron Sputtering**. Brazilian Journal of Physics, v. 36, n. 3B, p. 994-996, 2006.
4. E.C. Corredor, E. Vera, C.A. Ortíz y J.E. Alfonso. **Respuesta a la corrosión de películas delgadas de Ti₆Al₄V crecidas sobre sustratos de acero 316L por pulverización catódica magnetron RF**. Revista Colombiana de Física, v. 38, n. 4, p. 1471-1474, 2006.
5. J.E. Alfonso, Fernando Pacheco, J. Torres. **Incidencia de la nitruración por plasma y sales en las propiedades mecánicas de películas de TiN y bicapas de Ti.TiN crecidas por sputtering magnetron RF sobre acero 420**. Revista Colombiana de Física, Vol. 38, No. 2, 477-480 (2006).
6. E.M. Cárdenas, C.A. Ortíz, J.E. Alfonso. **Películas de Ti₆Al₄V crecidas sobre aceros 316L mediante la técnica de pulverización catódica magnetron RF y nitruradas por plasma**. Revista Colombiana de Física, Vol. 38, No. 2, 469-472 (2006).
7. E.C. Corredor, E. Vera, C.A. Ortíz y J.E. Alfonso. **Modelo del circuito eléctrico equivalente para pruebas de corrosión de películas delgadas de Ti₆Al₄V crecidas sobre acero 316L**. Revista Colombiana de Física, Vol. 38, No. 1, p. 21-24 (2006).
8. J.E. Alfonso, Fernando Pacheco, Alvaro Castro P, and G. Arenas. **Micro hardness study of the TiN thin films grown by rf magnetron on 420 steel, nitrurated by plasma**. Phys. Stat. Sol. (C) 2, No. 10, 3790-3793 (2005).
9. J.E. Alfonso, Fernando Pacheco, Álvaro Castro P, and J. Torres. **Influences of the substrate bias voltage on the crystallographic structure and mechanical properties of Ti₆Al₄V coatings deposited by rf magnetron**. Phys. Stat. Sol. (C) 2, No. 10, 3786-3789 (2005).
10. J.E. Alfonso, Fernando Pacheco, Alvaro Castro P, and J. Torres. **Influences of power on the structure and mechanical properties of TiN coating deposited by rf magnetron**. Phys. Stat. Sol. (C) 2, No. 10, 3782-3785 (2005).

TESIS Y TRABAJOS DE GRADO

Maestría

1. Galindo Guerra José Alejandro (En proceso). **Propiedades ópticas de películas delgadas de TiO depositadas mediante pulverización catódica.** Tesis de Maestría en Materiales y Procesos, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia
2. 2010 Clavijo Dianney. **Crecimiento de películas delgadas de Ti6Al4V.** Tesis de Maestría en Medicina, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia.
3. 2008 Buitrago Jaime **Crecimiento de películas delgadas de NbN y caracterización de sus propiedades estructurales y eléctricas.** Tesis de Maestría en Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
4. 2005 Pacheco Reina Fernando. **Crecimiento de capas de titanio y nitruro de titanio sobre el acero D3 mediante la técnica de pulverización catódica (sputtering).** Tesis de Maestría en Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.

Pregrado

1. 2006 Cardenas Rodriguez Edith Milena. **Caracterización de películas delgadas de Ti6Al4V, por el método de Sputtering RF sobre acero AISI 316 L y realizarles nitruración por plasma, observando el comportamiento a la corrosión; para contribuir al desarrollo de materiales bioimplantables.** Trabajo de grado en Física, Facultad de Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja.
2. 2006 Corredor Vega Edna Consuelo. **Producción de películas delgadas de Ti6Al4V por pulverización catódica RF sobre sustratos de acero 316L y caracterización de sus propiedades para ser utilizado como material bioimplantable.** Trabajo de grado en Física, Facultad de Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja.
3. 2004 Vega Hernando, Mora Carlos Alberto. **Control y adquisición de datos para un sistema de baja presión.** Trabajo de grado en Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.
4. 2004 Moreno Carlos. **Efectos del Potencial de polarización sobre la dureza y orientación Cristalográfica de Recubrimientos de TiN sobre Aceros M2 mediante Sputtering.** Trabajo de grado en Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

Pasantía

1. 2007 Cáceres Andrea de los Angeles. Pasantía de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. **Corrosión-Erosión de Recubrimientos de Nitruro de Niobio.**
2. 2005 Hoyos Norma Constanza. Pasantía de la UPTC de Tunja. **Crecimiento de Películas delgadas de Pt sobre Ti.**

UN CIF PARA COLOMBIA
Y PARA LA REGIÓN

El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en general, y el Centro Internacional de Física en particular, han sufrido y se han beneficiado de los altibajos de la inversión colombiana en CTI, pero la falta de continuidad en las políticas de apoyo, -vengan de donde vinieren- es uno de los factores que más afecta las actividades científicas en el nivel nacional, independientemente de si éstas son llevadas a cabo por la universidad, por el sector privado, o por los centros de investigación públicos y privados del país.

La historia del CIF evidencia la trayectoria de un grupo de pensadores en la construcción de una nación que, como ha quedado planteado, se extiende más allá de los 25 años que oficialmente cumplió la institución en 2010. Con sus éxitos y fracasos, construyendo desde la diversidad de tendencias, ideales y disciplinas, superando obstáculos y al mismo tiempo liderando procesos de política científica, la historia del CIF es un reflejo del proceso de consolidación de la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia, pero también de sus vacíos y de sus necesidades. Es la historia también de otros centros de investigación del país que casi de manera simultánea han estado a punto de desaparecer y, que en otros momentos, han logrado desarrollos de impacto para el país y para el mundo.

Algunos miembros de la comunidad científica consideran que el CIF ha sido pionero y líder, y que ésta puede ser una de las razones de los logros alcanzados, pero también de su difícil evolución en un entorno que muchas veces no ha sido el más solidario. A esta situación se suma el papel innovador del centro, que desde sus orígenes propende por un verdadero acercamiento al sector industrial, en un momento en el que Colombia llevaba años hablando de su importancia, pero eran escasas las iniciativas que habían pasado de la teoría a la práctica,

algunas de ellas en el sector agrícola.

"Fue el CIF pionero en Colombia porque así se concibió desde hace más de 25 años y por lo tanto jugó ese papel altamente excepcional, que buscaba el vínculo con la empresa desde el inicio", afirma Fernando Chaparro, ex director de Colciencias.

Este distintivo de su carácter incidiría también en su recorrido por un camino lleno de obstáculos, donde fue necesario comenzar muchas veces y culminar procesos no en todas ellas, mientras se ganaba la confianza del sector productivo, que tradicionalmente ha estado más acostumbrado a comprar la tecnología llave en mano que a creer que en el país si es posible competir, y hacerlo no solamente con calidad, sino a menor precio.

Sus antecedentes como Asociación Pro-Centro Internacional de Física, ACIF, lo consolidan como un espacio de formación de capacidades en ciencias básicas, principalmente en la física, de integración con la comunidad internacional, de actualización y de posibilidades de intercambio fluido de conocimientos. Como CIF inicia un camino nuevo hacia la investigación y la acción, buscando responder a los interrogantes planteados por los diferentes sectores – medicina y salud, empresarial e industrial, biotecnológico, entre otros-, con énfasis también en la generación de conocimiento nuevo y, con él, ofrecer su aporte a los debates de la comunidad internacional de las ciencias básicas.

Su mirada es amplia, -holística si se quiere- y no se circunscribe exclusivamente a la física. Ese enfoque novedoso, donde las diferentes disciplinas se entrecruzan, enriquecen y complementan, también ha sido resaltado por otros miembros de la comunidad investigativa e innovadora del país, así como por los tomadores de decisión que se han atrevido a aceptar la invitación de

sus directivos e investigadores para ver qué es lo que sucede allí dentro, en sus laboratorios, oficinas y salas de reuniones, donde la libertad de pensar, de crear, de probar, de discutir, de plantear ideas, de cruzar conocimientos y disciplinas, equivocarse y empezar de nuevo, es pan de cada día. De todas estas vivencias siempre se sale ganando.

Esa construcción de cultura ha caracterizado al CIF, y seguro que también a sus homólogos como la Corporación para Investigaciones Biológicas, CIB en Medellín, al Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas, CIDEIM en Cali, y a los centros de investigación más recientes como Corpogen, la CIC y Corasfaltos en Bucaramanga, el Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y el Caucho, ICIPC, en Medellín. La experiencia de unos ha servido para mostrarles el camino a los otros, demostrar cuáles estrategias funcionan y cuáles no. *"Todos estos centros han construido cultura, en medio de los problemas y las necesidades",* dice Juan Francisco Miranda, con conocimiento de causa desde las dos orillas, como ex director del CIDEIM y exdirector de Colciencias.

Algunos de los más conocedores de la política científica colombiana se asombran aún de que el CIF –o la CIB o el CIDEIM- existan. *"Es un milagro que existan en el país este tipo de institutos de investigación",* exclaman; o *"es un milagro mantener una organización de esta naturaleza en Colombia y un esfuerzo portentoso de quienes la lideran y la sostienen, a quienes hay que admirar"*. No se explican cómo sobreviven teniendo que afrontar dificultades financieras, falta de comprensión en su labor, de confianza, los avatares de la política científica del país. Otros, como el neurocirujano Rodolfo Llinás, piensan que son 'sufridores crónicos'. Llinás no concibe que el interés y la importancia de la ciencia deban explicarse y argumentarse y que sea necesario hacer

largas antesalas y producir emotivos encuentros para que el país finalmente decida invertir en ciencia. Es la mirada de un colombiano que aprovechó la oportunidad de hacer ciencia en sofisticados laboratorios de Estados Unidos, pero que visita frecuentemente al país para animar la actividad científica.

Uno de los primeros pupilos del CIF, Rafael Hurtado, se sorprende en cambio de la profunda transformación del centro en estos 25 años. *"Es un sitio donde no solamente se habla de física, sino que se hace física y eso es un avance importantísimo"*, dice, consciente de que no es producto del azar, sino del tesón. *"Yo veo en el CIF también la historia de otros centros de investigación"*.

Pareciera que fueran muchas las fuerzas en contra, consecuencia de ir en sentido contrario, o por lo menos diferente, a la corriente. También han sido muchas las circunstancias que han resultado en grandes aportes al país, como por ejemplo *"la labor de Galileo Violini, quien ayudó a despertar la física en Colombia y logró sacarla de su aislamiento"*, de acuerdo con el físico de la Universidad de Los Andes, Juan Pablo Negret. *"Eso no da frutos inmediatos, pero a la larga es muy importante"*, dice.

El director de la Corporación para la Investigación en Corrosión, CIC, Jorge Panqueva, reconoce el mérito de otro de los impulsores del centro. *"El CIF fue un impulsor, en cabeza de Eduardo Posada, de todo el proceso de creación*

de los Centros de Desarrollo Tecnológico, CDT, a partir de la ley 29 de 1990", dice, aludiendo también al impacto de los logros académicos y tecnológicos en el contexto del desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación en el país.

Son ejemplos de algunos de los tantos aportes del CIF a la política científica del país, además de todos aquellos mencionados en los dos capítulos anteriores. Pero el camino todavía está lejos de llegar al final y aun son muchos los senderos que deberán enfrentar el CIF, los centros de investigación, y el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

RELACIÓN UNIVERSIDAD – CENTROS DE INVESTIGACIÓN

Respondiendo a la evolución de la política científica del país, que con la Ley 1286 de 2009 resume su objetivo principal en 'lograr un modelo productivo sustentado en la ciencia, la tecnología y la innovación, para darle valor agregado a los productos y servicios de nuestra economía y propiciar el desarrollo productivo y una nueva industria nacional¹', el papel de los centros de investigación y desarrollo tecnológico cobra mucha más relevancia.

De acuerdo con el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, OCyT, la inversión en Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación, ACTI, de los centros de investigación y desarrollo

tecnológico se incrementó de 80 mil millones de pesos en el año 2000 a 158 mil millones en el 2007². Según datos más recientes que surgen del proyecto 'Diseño y aplicación de una metodología para la caracterización de Centros Autónomos de Investigación y Desarrollo Tecnológico' que midió 60 centros privados o mixtos, el CIF ocupó el segundo lugar, después de la CIB.

El estudio calificó tres componentes: la capacidad, -recurso humano, infraestructura, capital social y grupos-, la producción científica y técnica, - biblio-

gráfica, técnica, extensión y divulgación, productos de formación- y la inversión y financiación.

La producción científica y los desarrollos tecnológicos de los centros tienen cada vez un mayor impacto en la sociedad, teniendo en cuenta su carácter sectorial por un lado, y la libertad para dedicarse a la investigación y la innovación por otro, dentro de un contexto de servicio a las necesidades de su entorno. Los centros se han convertido en una necesidad para el país.

Aunque históricamente las universidades y los centros de investigación han competido por recursos para llevar a cabo sus actividades científicas,

1. Ley 1286 de enero 23 de 2009. Diario Oficial. Año CXLIV No. 47241.

2. Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2008. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. Bogotá, marzo, 2009.

tecnológicas y de innovación, la consolidación de los centros hace que la competencia sea cada vez más notoria. Además, como quedó planteado en el primer capítulo, sus relaciones han tenido momentos difíciles, desde el punto de vista político, administrativo, social, incluso misional.

“Los centros como el CIF luchan... para que la Universidad los reconozca y no los desaparezca o absorba”, dice Miranda. “En lugar de entender que son posibilidades, las universidades los ven como rivales”.

Uno de los fundadores del CIF, Carlos Aguirre, destaca la importancia de que existan centros no universitarios de investigación *“porque tienen mayor flexibilidad en su manejo como intermediarios entre la creación de conocimiento y su aplicación... la flexibilidad también viene porque la utilización de recursos se hace más fácil. El problema con estos centros es que no tienen suficientes recursos”.* Lauritz Holm-Nielsen, antes funcionario del Banco Mundial y hoy rector de la Universidad de Aarhus en Dinamarca, dice que en América Latina los centros de investigación son lanchas rápidas y las universidades son transatlánticos.

La tendencia mundial, -Dinamarca y Chile son ejemplo-, es buscar alianzas entre los centros de investigación y las universidades para adelantar proyectos específicos. *“Los centros que no son gubernamentales y que surgen fuera de las universidades, tarde o temprano buscan alianzas con las universidades”,* explica Fernando Chaparro, sin que sea necesario integrarse a ellas. *“Yo creo que esa es una de las fortalezas que tuvo el CIF desde el inicio, que nació con alianzas estrechas con las universidades; la Universidad Nacional le dio cabida desde el inicio”.*

“No solo hay economías de escala que ayudan a reducir costos para los dos, sino que la universidad puede contar con profesores de muy buena calidad, como los investigadores de estos centros, y a su vez los centros pueden vincularse a programas, sobre todo de maestrías y doctorados, muchas veces formando el doctorando, adscrito a ese centro de investigación”, continúa Chaparro.

De hecho ese es el modelo que ha existido entre el CIF y la Universidad Nacional, y que incluso se ha extendido a otras universidades. Se trata de alianzas estratégicas en beneficio mutuo.

“El CIF ayudó a que los postgrados y la investigación en la universidad (Nacional) se hicieran en contacto estrecho, operativo y práctico con investigadores de talla internacional; no creo exagerar”, recuerda Antanas Mockus, exrector de la Universidad Nacional. Pero la relación no ha sido fácil, porque algunos miembros de la comunidad universitaria perciben cierto parasitismo en esta relación. *“Claramente es una relación de mutua conveniencia, aunque es claro que los centros de investigación y las universidades se compiten. Tal vez donde la competencia es más voluminosa y suscita más discusión es en el tema de las asesorías y consultorías, porque la universidad le hace competencia a sus egresados. Ese es el problema más grande. Para los centros las universidades son útiles en varios sentidos: tener nuevas generaciones de investigadores, trabajar con gente talentosa y poder acabar de formarla, y luego reclutarla en el centro es de mutuo provecho, legítimo y lícito”.*

Finalmente el país está tomando conciencia de la importancia de integrar a todos los actores del sistema; universidades y centros son aliados naturales con funciones complementarias de vital importancia para el desarrollo del país.

LA SUPERVIVENCIA DE LOS CENTROS DE INVESTIGACIÓN

Recientemente cuatro centros de investigación del país se asociaron para unir esfuerzos, compartir laboratorios y desarrollar proyectos en los que se aprovechen las fortalezas de cada uno. Incluso ven la posibilidad de centralizar la unidad administrativa para reducir costos en aspectos que van desde las importaciones de reactivos y equipos, hasta el manejo de procesos de contratación, propiedad intelectual etc.

Ha sido uno de los objetivos de Posada desde la década de los años noventa, cuando se pensó que la titularidad de 'Centro de Excelencia' vendría a apoyar la supervivencia de los centros de investigación, con la posible asociación de los mismos. Desde el 2010, el CIF, el CIDEIM, la CIB y la CIC crearon la Asociación de Centros de Investigación, y trabajan en la materialización de lo que se firmó en el documento.

Jorge Panqueva, de la CIC, dice que buscan *“unir esfuerzos para poder generar productos de mayor impacto”,* teniendo en cuenta que el Sistema Nacional de CTI debe solucionar los problemas del ser humano, impregnarle valor agregado a los recursos naturales del país y definir directrices, como por ejemplo la explotación de los recursos naturales de una forma sostenible.

"Ahí está la gran brecha", continúa.

"Mientras nosotros, como centros, no nos ocupemos de la esencia del país, será muy difícil mostrarle a la sociedad que esto es útil y que la beneficia".

Los centros identifican actualmente esas líneas estratégicas donde unos pueden aprovechar las potencialidades de los otros, - habilidades en desarrollos de instrumentación, equipamiento electrónico, tecnologías de medición, y el conocimiento adquirido en los distintos campos -, y, teniendo como mira el beneficio de la sociedad colombiana, concentrarse en proyectos específicos de salud, energía, biotecnología o corrosión.

Es una iniciativa que puede funcionar, y para ello plantean aprender de experiencias exitosas entre ellas el modelo alemán del las sociedades Max Planck, Leibniz o Fraunhofer. *"Cuando uno ve las experiencias en el exterior, se da cuenta que no hay alternativa: o trabajamos juntos o nuestros aportes se reducen a cuestiones puntuales que a la larga serán insignificantes",* remata Panqueva. Pero lograrlo quizá tome su tiempo, pues hasta ahora se esbozan las reglas del juego. A finales del 2009, los directores de estos centros fueron invitados a Alemania con el fin de conocer los modelos y próximamente vendrán al país los representantes de esas dos últimas entidades.

La propuesta podría ayudar a la supervivencia de esos cuatro centros, incluso de los demás que se acojan por el camino. Pero a nivel general, hay consenso en que el Estado debe proveer recursos a los centros de investigación, independientemente de la generación de recursos propios por proyectos o por prestación de servicios, según sea el caso. El 'case' del Estado debe ser permanente y continuo, siempre y cuando las entidades demuestren resultados concretos y verificables en su producción académica o técnica.

"Yo creo que el CIF ha ido por buen camino, en el sentido de hacer investigaciones aplicadas que le han permitido producir resultados y vender productos", dice el capitán Alberto Ospina, primer director de Colciencias. *"Autosostenerse totalmente es muy difícil, porque la investigación es costosa y de muy largo término".*

La micóloga Ángela Restrepo, de la CIB ha debido enfrentar la 'fragilidad' de su centro de investigación por la falta de presupuesto permanente, y hace énfasis en que deben ingeniar la manera de obtener recursos que no son los usuales de un centro de investigación para tratar de sobrevivir, como por ejemplo ofrecer servicios. *"¿Cómo hace una institución sin ánimo de lucro, sin fondos permanentes, sin apoyo constante, para sobrevivir todos estos años, para formar personal, para proyectarse hacia el futuro?",* se pregunta. La investigación es de largo aliento y con proyectos financiados a máximo tres años, es difícil dedicarse a obtener resultados, pues hay que compartir el tiempo entre la investigación y la gestión para buscar fondos adicionales. Otro sería el escenario si los investigadores no tuvieran que enfrentar *"estas dificultades económicas que los abruman día a día",* remata.

En la CIB el modelo administrativo ha evolucionado en dos frentes, el productivo y el científico, para generar aplicaciones prácticas con base en el conocimiento adquirido. *"Pero hay tantos (otros conocimientos) a los que no se les puede ver aplicación al momento",* dice Restrepo. *"Así que montamos una CIB productiva y otra CIB pensante y simplemente le de el gusto a los investigadores de tratar de contestar preguntas que los agobien, que les llamen la atención".*

"En el CIF tenemos los dos extremos", dice Posada. Por un lado está el Laboratorio de Biofísica donde se hace investigación básica, pero orientada a conocer

una enfermedad que ataca gravemente a la población colombiana, y en la otra orilla está el grupo de Física Aplicada y Desarrollo Tecnológico que genera equipos para el sector productivo. En el intermedio, hay grupos que cumplen las dos funciones. José García, líder del grupo de física aplicada, afirma que los desarrollos obtenidos le han generado recursos al CIF, supremamente útiles en momentos difíciles.

El CIF rompió el mito sobre la dificultad de relacionar la academia con la industria, de acuerdo con el físico Gustavo Holguín, señalando a Posada como el gran impulsador de esta tarea.

Miranda lo respalda: *"Eduardo ha sido muy incisivo en tratar de encontrar nexos con el aparato productivo, y yo creo que esa es una de las inmensas ventajas que tiene hoy el CIF: que en todo ese proceso, lleno de tropiezos y complicaciones, fueron construyendo caminos".* De todos estos años de relación del centro con la industria identifica una trayectoria que lo ha enriquecido, desde el diseño del primer equipo (SUED), pasando por el biofiltro de Emgesa, hasta el que hoy muestra con orgullo, el Scan Power. *"Allí hay una línea de aprendizaje de una ventaja que encontró el CIF -que a mí me parece extraordinaria: haber podido desarrollar unas capacidades de interacción con el sector productivo real, y empezar a producir cosas dentro de una lógica de investigación aún con mucho corte académico, muchas tensiones al interior del CIF, pero se acercan al sector productivo".*

No se trata exclusivamente de tocar las puertas de las empresas, identificar sus problemas y proponer soluciones, sino al mismo tiempo diseñar proyectos de investigación que permitan llegar hasta la raíz del problema y encontrar nuevas soluciones o alternativas para abordarlo, explica Panqueva. *"Todavía prevalece la idea que lo exterior es mejor que lo*

nuestro. Pero especialmente en el nivel ejecutivo comienza uno a encontrar ya receptividad a estas propuestas”.

Chaparro continúa: “A las universidades y a los centros de investigación les interesa esa proximidad con la industria por la demanda de conocimiento que ella genera, por la alianza que se puede hacer para generar proyectos conjuntos, universidad – empresa, y ahí es lo que se empieza a perfilar como la característica más importante de la ciencia contemporánea, que busca una alianza con la industria y el sector productivo en general, sector servicios, puede ser la banca, los seguros, etc.”.

Lo confirman sus clientes. Germán Hermida de Sika Ltda, manifiesta que el SUED ha sido un buen ejemplo de la relación de la comunidad científica con la empresa, “porque este equipo tiene un aporte colombiano importante sobre todo al nivel del software y del hardware. La verdad es un orgullo para este país”.

Como gerente de la Empresa de Energía de Cundinamarca, EEC, Gustavo Esguerra también creyó en las potencialidades del CIF para generar tecnología: “A lo largo de mi vida he tenido muchas experiencias en compra de tecnología, sobre todo de computadores y de software. Recuerdo un caso en que la adaptación del software a nuestras necesidades costó mucho más que los mismos equipos. Ese es el costo oculto de la compra de la tecnología”. Sin contar con muchos casos en los que se compra la tecnología y si la empresa no está preparada para usarla adecuadamente, “se vuelve un estorbo que rápidamente se abandona”. Cuando la ‘negociación’ se hace con el CIF, continúa, la producción del equipo garantiza la adaptación a las condiciones locales.

“Este es uno de los puntos que el CIF debería explotar más, porque tiene una inmensa potencialidad, que no ha

desarrollado suficientemente. El CIF es un centro de investigación y de desarrollo, que puede desarrollar un producto pero no necesariamente tiene la capacidad de comercializarlo”.

El Scan Power, los medidores de energía con posibilidades de hacer corte y reconexión remota, los caudalímetros, los proyectos de reforestación productiva y el biofiltro, son algunos de los ejemplos de trabajos que el CIF adelantó con la EEC.

“El CIF ha logrado establecer una serie de alianzas estratégicas muy interesantes, como la de Cartón de Colombia, aplicando conocimiento de punta, derivado de la física contemporánea, a procesos de producción y a mejorar por ejemplo la exactitud y precisión de instrumentos y de equipos de producción en la industria”, añade Chaparro.

Pero este es un proceso que no se da de la noche a la mañana y mientras se consolida es necesaria una política de apoyo que garantice la sostenibilidad de los centros de investigación y desarrollo autónomos. “La contribución de estos centros al desarrollo científico en estadísticas que maneja Colciencias es mayor que la de las universidades”, dice Panqueva. “Estas entidades no solamente están formando personas académicamente, sino están en contacto con los problemas de la sociedad”.

A juicio de Nohora Elizabeth Hoyos, una de las fundadoras del CIF y directora del Centro Interactivo de CTI Maloka, “el CIF es una muestra clara de la imposibilidad de desarrollar al máximo sus capacidades por buscar recursos para una supervivencia elemental cuando debería ser todo lo contrario” y pone de ejemplo los institutos de biotecnología en Cuba que “son tan fuertes y tan apoyados por el gobierno, que generan unos recursos altamente significativos porque venden sus productos a la Comunidad Europea, y son pioneros y vanguardistas. Cuba fue

el primer país que desarrolló un fármaco contra el cáncer de pulmón y solamente uno de estos resultados puede cambiar en forma casi dramática las cifras económicas de un país, de una región y del mundo”.

La consecución de recursos por concepto de la financiación de proyectos de investigación es la fuente de recursos viable y legítima utilizada por los grupos que, como el de biofísica, clasificado por Colciencias como A1, continúan haciendo investigación básica en enfermedades tropicales. El reconocimiento se demuestra en los resultados obtenidos por las diferentes líneas de investigación que están activas, y por las cada vez más frecuentes publicaciones internacionales. “Finalmente el reconocimiento se da por la calidad y la cantidad de publicaciones”, dice la líder del laboratorio, Marcela Camacho. Pero también por el posicionamiento. “Una de las perspectivas es insertarnos más formalmente en las comunidades para consolidar nuestra posición en el país”, lo que es fundamental, teniendo en cuenta que los mismos colombianos deben estar enterados de los avances en el conocimiento científico que aporta su comunidad científica. “A veces los tomadores de decisión en Colombia buscan en el exterior información que aquí se está generando”, remata.

Hoyos resume así sus ideas, con base en su trayectoria y sus aportes a la política científica nacional, incluso desde las discusiones que lideró a partir de la creación de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC en 1970. “Me parece que Colombia le tiene que apostar en forma contundente y de largo plazo al fortalecimiento institucional. Los centros de investigación siguen enfrentando avatares que los desvían de su objetivo, porque la institucionalidad no está soportada suficientemente por el gobierno lo cual esperamos que cambie con la nueva legislación, los recursos y

el fondo que se acaba de crear para enfocar y aprovechar su talento para lo cual fueron fundados y no en el desvío de la búsqueda de recursos, hacia la gestión y la supervivencia elemental. Debería ser una apuesta de alto nivel dándoles los recursos para estarse modernizando en equipos, para capacitar a su gente, para crear relaciones inter-

nacionales, y por supuesto, establecer mecanismos muy claros y eficientes de corto plazo para que el conocimiento que se genere allí se traduzca en actividades y resultados empresariales que a su vez se traducirán en forma muy clara en el desarrollo económico y social de Colombia".

Todos están de acuerdo en que para

garantizar la viabilidad de una institución como el CIF es necesario un cambio estructural de la política para la financiación científica del país.

EXPLICAR EL CIF A LA SOCIEDAD

Por eso, otro de los retos de los centros de investigación y desarrollo tecnológico es darse a conocer masivamente, contando lo que hacen, demostrando sus posibilidades y generando confianza en la sociedad

Esguerra dice que lo que falta es 'mercadear' su actividad. "El sector productivo en general ha venido avanzando en la tercerización de sus actividades y su desarrollo tecnológico", explica. "Cada vez tiene menos capacidad propia y ahí es donde caben los centros de investigación", donde se encuentran técnicos, físicos, investigadores en general. "Resultaría muy barato para una empresa tener un acuerdo de colaboración con un centro como éste, incluso darle una plata mensualmente".

Para llegar a convencer a una empresa es necesario aprender a ganar su confianza, lo que implica entender la forma como los industriales conciben el mundo, aprender su idioma, "hablar más en términos de productividad, de dinero, de eficiencia", explica José García.

Esguerra insiste: "Creo que la nueva visión de ciencia y tecnología del país debería tener muy claro que de lo que se trata es de generar conocimiento útil para el desarrollo del país y que la industria y el

sector productivo deberían apoyarse más en los centros de investigación colombianos".

Y en esa mirada deberían coincidir todos los actores que aportan en el desarrollo económico y social del país. Colciencias por ejemplo, dice García, no debe considerarse ni ser considerado con una mirada paternalista, posición que le parece desequilibrada. El escenario ideal sería ofrecer las condiciones para que las personas que generan tecnología en este país puedan hacerlo "porque a ambos nos interesa, porque es un pilar de nuestra sociedad, de fundamental importancia para Colombia", subraya. Es una labor de dos aliados para formar país.

Adolfo Naranjo, ex director de la Incubadora de Empresas Innovar, como muchos otros miembros de la comunidad científica, tecnológica y de innovación, lamenta la ausencia de una 'clara apuesta decidida y comprometida' para la consolidación del Sistema de CTI. "El camino hacia adelante debe ser a partir del conocimiento que ya existe en el país, con referentes internacionales, pero que consolidemos nuestro modelo y le apostemos en el largo plazo. Si vamos a apostar a consolidar centros de investigación, hagámoslo en serio".

Para lograr insertar a la sociedad en la actividad de los centros de investigación y desarrollo tecnológico, es válido el papel que sus líderes juegan en la consolidación y buen norte de la política científica nacional. "Los centros de investigación deben hacer política científica, desde la institución, no desde el grupo", dice Octavio Guzmán. "Esa es una de las funciones importantes del CIF".

Los picos en los altibajos de la política científica a que hacíamos referencia al inicio de este capítulo los define Llinás como "actos de amor a corto plazo, muy característicos en Colombia. Se requiere un motor diferente", y hace énfasis en que ni la ciencia, ni menos la educación pueden ser considerados como un lujo. "La sociedad debe evolucionar".

Lo cierto es que el CIF ha demostrado que en Colombia es posible hacer ciencia de punta, de nivel internacional y reconocida mundialmente, al igual que en muchos otros de los centros mencionados anteriormente.

¿ES NECESARIO EL CIF PARA EL PAÍS?

El CIF ha logrado posicionarse en la comunidad científica del país, para la cual, como la gran mayoría de los centros de investigación y desarrollo tecnológico, es un referente claro de construcción de un modelo de generación de conocimiento que ha evolucionado y se inserta en el país y en el mundo, con una actitud coherente y de alerta a las necesidades de la sociedad.

La voz de Eduardo Posada, su director desde 1985, - al comienzo alternada con Galileo Violini- es escuchada y sus opiniones consultadas diariamente. No pasa una semana sin que haya estado ante por lo menos un auditorio hablando de política científica, o de los resultados de los grupos de investigación y desarrollo tecnológico del centro, o de la historia de la ciencia y la tecnología, o de la enseñanza y divulgación de la ciencia, o de su línea de investigación preferida, en la que trabajó por más de 20 años: la superconductividad.

Es esa comunidad científica que reconoce en el CIF un referente obligado en la historia del país la que también propone y sugiere posibilidades para los próximos 25 años. Por ejemplo el tema de la internacionalización que no tiene actualmente la fuerza que tuvo en sus primeros años y que a juicio de varios, entre ellos Antanas Mockus y Fernando Chaparro, es necesario revivir y fortalecer.

"Lo que le falta al CIF es el impulso regional; retomar la idea de convertirlo en un centro regional latinoamericano de mayor importancia. Creo que deberíamos hacer un esfuerzo mayor en eso", dice Carlos Aguirre. "Una fuerte red nacional trasciende fácilmente las fronteras porque cada actor está conectado con el exterior de alguna manera".

Aguirre considera que la ciencia se vincula por los investigadores y las redes que crean, y propone al CIF profundizar en el seguimiento de todos aquellos jóvenes investigadores que han pasado por sus laboratorios.

Cree además que es un buen momento para buscar cooperación internacional, para lo cual hay que dedicar un esfuerzo que no puede estar en cabeza de su director exclusivamente.

"Yo creo que una posibilidad se encuentra, por ejemplo, en todo lo que está surgiendo tanto a nivel de la integración regional, una es la de América Latina y otra la Iberoamericana. Esta última es especialmente fuerte en este momento, con el proceso que está surgiendo del Espacio Iberoamericano del Conocimiento (EIC), en el contexto del cual se está haciendo un esfuerzo por identificar centros de excelencia con proyección regional que puedan ser integrados a una infraestructura que se constituya como parte de los centros compartidos con países iberoamericanos", dice Chaparro, donde claramente ve la inserción del CIF, ampliando sus horizontes no solamente a la proyección andina inicial, sino iberoamericana.

En la reciente visita del físico y director del ICTP de Trieste, el guatemalteco Fernando Quevedo al CIF habló de la posibilidad de exportar el modelo a otros países. *"Uno de mis proyectos más importantes como nuevo director del ICTP es promover centros de excelencia en países en desarrollo", dijo. "Ya que el CIF existe y ha funcionado bien, sería uno de los primeros, para organizar conferencias a nivel regional y visitas de científicos, generar proyectos en común, representar al ICTP en Colombia, Centroamérica y el Caribe en particular en las actividades*

en que el CIF ha demostrado que tiene la experiencia. Esa es la forma de proyectar a otros países los que el CIF ha logrado en Colombia".

La apuesta al futuro del CIF también tiene que ver con la formación del recurso humano que, de alguna manera, va de la mano con la consolidación de su papel internacional. Por esta línea están Isabel Llano, Rafael Hurtado y el propio Chaparro quien cree que *"ese binomio, con mayor vinculación a programas de PhD y buscar revitalizar su vocación original de ser un centro internacional de física, serían las dos grandes características que yo le plantearía al CIF".*

Hurtado, uno de los beneficiarios de los cursos de la década de los años ochenta dice que los cursos fueron importantes *"para generar un ambiente y construir red",* pero reconoce que *"sin un apoyo específico para esa actividad es muy difícil porque realmente son cursos muy costosos".* Como subproducto de ese programa inicial tan exitoso y con tanto impacto en la ciencia básica del país reconoce ver en la estructura actual del CIF *"un espacio de interdisciplinariedad, donde uno encuentra ingenieros, biólogos, químicos; hay realmente una multi-disciplinariedad en los equipos de trabajo y eso me parece muy significativo".* María Elisa Forero, también beneficiaria de esos cursos recuerda y agradece la oportunidad de haber conocido a científicos de ciencia de punta del mundo entero.

“A mi me parece que el CIF cumple un papel muy importante en ayudar a los investigadores y a los estudiantes a ver cómo el conocimiento duro adquirido en la universidad y en los laboratorios puede tener una aplicación comercial viable, o sea que el conocimiento realmente puede generar bienestar económico aplicándolo en casos concretos”.

Adolfo Naranjo, exdirector de la Incubadora de Empresas Innovar.

Los cursos dejaron huella y eso lo sabe perfectamente Posada, razón por la cual si es consciente de reiniciar esta labor, aunque de una manera diferente, pues con las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones otro sería el modelo.

Quienes ven en los desarrollos y aplicaciones tecnológicas generadas en el CIF una actividad promisoría, no dudan en apoyar decididamente esta línea de investigación, producción y asesoría al sector industrial.

“Yo creo que el sector de la energía es uno de los que el CIF debería enfatizar”, dice Ernesto Villareal. “El crecimiento energético continuará siendo muy importante en el país y ahí debería el CIF dirigir esfuerzos para investigar la energía en todas sus formas y aplicaciones”. Holguín dice que además de las fuentes energéticas, el CIF debería especializarse en temas de actualidad y de alto impacto en la sociedad como la medicina.

Chaparro sugiere profundizar y consolidar la integración entre las ciencias básicas y la producción. *“Con todo lo que se está planteando en este momento entre la alianza de la universidad – empresa – estado de Bogotá, el CIF es uno de los centros de excelencia de la región y ahí también debe desempeñar un papel muy importante”.*

Y lo harán. El grupo de Física Aplicada y Desarrollo Tecnológico se ha consolidado en el sector energético y ha demostrado que compite con la tecnología extranjera y ha logrado superarla. Sus desarrollos en este campo están en la mira cotidiana de los profesionales que conforman el grupo, donde cada uno aporta su conocimiento, destreza y habilidad para crear y construir soluciones a productos y procesos.



Libia Carbonell, Cesar Ramos, Irma Rugeles y Claudia Avila, Grupo de administración 2011.



Saya Garavito, Eduardo Posada y Maria Isabel Martinez, Coordinación de Proyectos 2011.

“El CIF es un centro de investigación al que le debemos brindar todo el apoyo porque ha demostrado la capacidad de gestionar proyectos de alta tecnología que están aportando a la solución de necesidades reales que tiene nuestro país. Es una institución con la que se facilita trabajar, porque además hay un buen ambiente de trabajo”.

Lilia Patricia Arias, jefe del Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica, CIAF, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC.

En el área ambiental el grupo de biotecnología continuará profundizando en la línea de biorremediación y el desarrollo de biofiltros para los recursos agua, aire y suelo. La biotecnología y la nanotecnología aplicadas a la agricultura, campos en los que el CIF también ha trabajado en los últimos años se reforzarán, teniendo en cuenta la experiencia del grupo en reforestación productiva y establecimiento de protocolos para propagación masiva. En un momento en que el mundo entero se preocupa por las consecuencias del cambio climático, el grupo de biotecnología profundizará en los temas que ha identificado como prioritarios, como por ejemplo en el análisis de flujo de dióxido de carbono en sistemas agroforestales, estudios de impacto ambiental y planes de manejo.

El apoyo y fomento a la ciencia básica es fundamental. *“Cuando en el CIF se hablaba de astrofísica me parece que era una excelente idea porque estos grupos de científicos básicos son los que generan interés, impulsan, promueven, discuten y ven el mundo de una manera diferente”*, dice Aguirre.

En los laboratorios del CIF continuarán llevándose a cabo los experimentos del grupo de Fundamentos Clásicos de la Física, así como las investigaciones y desarrollos del grupo de Materiales y de Óptica que, junto con el grupo de Biofísica tienen estrecha relación con la Universidad Nacional de Colombia,

“El CIF es una buena idea. Tenemos la obligación de que este experimento funcione bien”.

Carlos Aguirre,
fundador del CIF

hecho que permite la formación permanente de futuros investigadores.

Toda la investigación y todos los desarrollos que produce el CIF son posibles no solamente por la dedicación de los directores de cada una de las unidades de pensamiento del centro, sino por todos aquellos estudiantes y profesionales que han tenido la oportunidad de entrenarse, especializarse en los temas que les interesan. *“El CIF forma investigadores, pero la mayoría cumplen un ciclo y se van”*, dice Marta Lucía Guardiola. *“Parte de mi misión, después de un periodo de tiempo, es empujarlos del nido, cuando siento que es el momento de irse los dejo, no quiero retenerlos porque ellos tienen que seguir creciendo como seres humanos y como investigadores”*.

El apoyo y fomento a la ciencia básica es fundamental. *“Cuando en el CIF se hablaba de astrofísica me parece que era una excelente idea porque estos grupos de científicos básicos son los que generan interés, impulsan, promueven, discuten y ven el mundo de una manera diferente”*, dice Aguirre.

Tantos aliados a través de los más de 25 años, premios Nóbel y presidentes de la república, ministros, directores de Colciencias y otros funcionarios públicos, rectores de universidades y directores de centros homólogos, comunidad científica nacional e internacional, representantes de industrias y empresas, estudiantes, pensadores, innovadores, pero más que nadie los que están allí, en el Edificio Manuel Ancizar en la ciudad universitaria, los que han sido solidarios en las épocas difíciles y han compartido las glorias y los éxitos, los que entran y salen sin horario alguno pero con la responsabilidad de cumplir, los que los atienden en la cotidianidad y hacen que el CIF continúe su labor diaria; sin ellos no habría CIF.

La visión y el empuje de los actuales y de los que lleguen, las alianzas estratégicas que benefician el desarrollo del centro, las empresas que le apuesten y las ganas de trabajar que nunca faltan, serán algunas de las características que permitirán que el CIF viva, publique, cree, invente, transforme, actúe, opine, se equivoque y vuelva a plantear. Así se da la generación del conocimiento en el centro, a través de un trabajo colectivo, interdisciplinario y permanente que todos los integrantes de los grupos de investigación y desarrollo tecnológico practican a diario. En el CIF hay libertad para pensar, actuar y construir.

ANEXOS

ANEXO 1 - LISTADO DE CURSOS DICTADOS POR LA ACIF 1982 - 1985

EVENTOS 1982 - 1985 ASOCIACIÓN PRO-CENTRO INTERNACIONAL DE FÍSICA, ACIF

AÑO	LUGAR	FECHA	EVENTO	DIRECTOR(ES)
1982	Bogotá	Mar. 30 - Abr. 7	I Taller de Ondas Gravitacionales	E. Amaldi G. Pizzella
	Bogotá	Jun. 1 - 30	I Curso Internacional de Geofísica	A. Cisternas A. Udías
	Bogotá	Jul. 13 - 30	I Curso Latinoamericano y Conferencia Internacional sobre Energías Alternas	G. Elías G. Furlan
	Cali	Ago. 16 - 27	I Curso Latinoamericano de Enseñanza de la Física	M. Vicentini
	Bogotá	Nov. 29 - Dic. 10	II Curso Latinoamericano de Enseñanza de la Física	A. de Tezanos
1983	Bogotá	Feb. 21 - Mar 4	III Curso Internacional de Enseñanza de la Física	U. HaberSchaim
	Bogotá	Mar. 7 - 26	II Curso Internacional de Geofísica	F. J. Palacio
	Bogotá	Ago. 8 - Sep. 2	I Curso Internacional de Física Nuclear	K. P. Lieb G. Medrano
	Bogotá	Ago. 29- Sept 9	I Curso Internacional de Física Médica	J. Cameron
	Bogotá	Dic. 5 - 9	I Taller de Técnicas de Vacío	H. Jöstlein E. Posada
1984	Bogotá	Feb. 5 - 8	Conferencia Internacional sobre la Naturaleza de la Investigación Epistemológica	
	Bogotá	Feb. 11 -12	Encuentro UNESCO - ACIF sobre un Programa de Física para Latinoamérica	
	Bogotá	Feb. 13 - 24	Curso Internacional de Astrofísica	L.Z. Fang R. Ruffini
	Bogotá	Abr. 2 - 13	Curso sobre Preservación de Alimentos por el Frío	A. Gac J.A. Muñoz
	Bogotá	Jul. 23 - Ago. 3	II Curso Internacional de Física Médica	A. Laugier T. Villafana
	Bogotá	Ago. 20 - 25	I Curso Nacional sobre Láseres y sus Aplicaciones	E. Alvarez E. Barbosa
	Medellín	Oct. 22 - 26	I Encuentro Latinoamericano sobre Láseres y sus Aplicaciones	E. Alvarez C. Massone V. A Pais
	Bogotá	Nov. 26 - Dic. 7	I Curso Internacional de Biofísica	R. Fayad A.M. Rodríguez

AÑO	LUGAR	FECHA	EVENTO	DIRECTOR(ES)
1985	Bogotá	Jan. 28 – Feb. 22	II Curso Internacional de Física Nuclear	G. Medrano
	Bogotá	Jun. 10 - Jul. 5	Escuela Regional Latinoamericana sobre Microprocesadores	E. Posada C. Verkerk
	Buenos Aires	Jul. 15 -26	Curso Internacional sobre Paleomagnetismo (Co-org.: Universidad de Buenos Aires)	D.A. Valencio
	Bogotá	Aug. 26 - Sep. 24	I Taller de Investigación en Física Teórica	
	Bogotá	Sep. 30 - Oct. 11	Meteorología con especial referencia a la Predicción Numérica	G. Necco
	Cali	Nov. 18 - 29	Curso Internacional sobre Ciencia de Materiales	E. Savino
	Santiago	Sep. 23-28	Taller sobre Física del Plasma	

ANEXO 2 - LISTADO DE LIBROS DE MEMORIAS ACIF – CIF

Publicada por: World Scientific Publishing Company, Singapur

Stochastic Processes applied 10 Physics and other Related Fields, Edts. B. Gomez, S.M. Moore, A.M Rodríguez Vargas and A. Rueda, (1983).

Workshop on the Search of Gravitational Waves, Edts. E. Posada and G.Violini, (1983).

Non Conventional Energy Sources, Edts. G. Furlan, H. Rodríguez and G.Violini, (1984).

Galaxies, Quasars and Cosmology, Edts. Fang Li Zhi and R. Ruffini, (1985).

Reactor Physics for Developing Countries and Nuclear Spectroscopy Research, Edts. K. Lieb and G. Medrano, (1986).

Proceedings of the First Latin American School on Biophysics, Edts. R.Fayad, A.M. Rodríguez and G. Violini, (1987).

Methods and applications of Nonlinear Dynamics, Edts. A.W. Saenz, (1988).

First International Course on Condensed Matter, Edts. D. Prosperí, S. Rosati and G. Violini, (1988).

Symmetries and Non-Linear Phenomena, Edts. D. Levi and P. Winternitz, (1988).

Thin films and Small Particles, Edts. M. Cardona and J. Giraldo, (1989).

Plasma Physics and Controlled Thermonuclear Fusion, Edt. R. Krikorian, (1989).

Disordered Systems and Biological Models, Edt. L. Peliti, (1989).

Lasers and Quantum Optics, Edt.s. L. Narducci, E. Quel, J. Tredicce (1990).

Publicadas por CIF

I Encuentro Nacional de Optica - Memorias -, Edts. A. Guzmán, R. Castañeda, (1989).

Status and Problems of Science in Latin America, Edts. M.L Guardiola, J.L. Villaveces and G. Violini (1990).

Publicadas por otras entidades

Encuentro y taller latinoamericano "El Microcomputador en la enseñanza de la ciencia", Ediciones universitarias de Valparaíso-UCV (1989).

ANEXO 3 - LISTADO DE CURSOS DICTADOS POR EL CIF 1986 - 2010

AÑO	LUGAR	FECHA	EVENTO	DIRECTOR(ES)
1986	Bogotá	Abr. 7 - 18	III Curso Internacional de Física Médica	A. Dutreix, P. Rinck
	Bogotá	Abr. 21- 25	Curso sobre Aplicaciones de los Microprocesadores en el Gobierno, la Industria y la Universidad	F. Sequeda
	Bogotá	May. 26 - 30	II Curso Nacional sobre Física de Láseres y sus Aplicaciones	E. Alvarez
	Río de Janeiro	Jun. 30 - Jul.6	II Encuentro Latinoamericano sobre Láseres y sus Aplicaciones	E. Alvarez, C. Massone
	Bogotá	Jul. 7-18	Curso sobre Materia Condensada	S. Rosati
	Bogotá	Ago. 8 - 29	I Curso Internacional de Física de Partículas	G. Violini
	Bogotá	Agosto	II Taller de Investigación en Física Teórica	
	Bogotá	Sep. 1-5	Curso Internacional sobre Dinámica No-lineal	A. W. Sáenz
	Bogotá	Sep. 29 - Oct. 10	Curso Internacional sobre Física de Semiconductores y sus Aplicaciones en la Microelectrónica	F. Sequeda
	Bogotá	Oct. 6 - 9	Curso Nacional sobre la Tecnología de Producción de Circuitos Integrados y Celdas Solares	F. Sequeda
	Bogotá	Nov. 17 - 28	II Curso Internacional de Biofísica	R. Fayad, M.I. Llano
	Bogotá	Dic. 1 - 5	Curso Internacional de Catálisis	R. Rosei
	Bogotá	Dic. 9 -12	IV Curso Internacional sobre Enseñanza de la física y de la Biología a nivel básico universitario	M. Arcá, P. Guidoni
	EVENTOS COPATROCINADOS			
	Medellín	Abr. 7 - 11	IV Escuela Nacional de Física Teórica	
	Amalfi (Italia)	Jun. 16 - 20	Simposio Internacional sobre Física del Proceso Cognitivo	
	Quito	Junio	Seminario de Física - Universidad Católica	
	Bogotá	Octubre	Simposio Newtoniano	

AÑO	LUGAR	FECHA	EVENTO	DIRECTOR(ES)
1987	Bogotá	Feb. 2-6	Taller sobre Cristalografía de Macromoléculas e Inmunología Estructural	R. Poljak
	Medellín	Feb. 16 - 28	II Taller Latinoamericano sobre Física del Plasma y Fusión Termonuclear (Co-org.: Universidad de Antioquia)	R. Krikorian
	Bogotá	May. 25 - 30	Curso Internacional sobre Sistemas de Refrigeración y sus Aplicaciones a la Conservación de Alimentos y Flores	A. Gac
	Bogotá	Jun. 15 - 24	Seminario Internacional sobre Irradiación de Productos Naturales	D. Baraldi, G. Medrano
	Quito	Jul. 15 - 21	Curso Regional sobre Aplicación de Microcomputadores (Región Andina)	F. Sequeda
	Santo Domingo	Jul. 20 - 24	Curso Regional sobre Aplicaciones de los Microcomputadores (América Central y el Caribe) (Co-org.: UNPHU, SODOFI)	F. Sequeda
	Bogotá	Agosto	III Taller de Investigación en Física Teórica	G. Violini
	Bogotá	Sep. 7 - 16	Curso Internacional sobre Riesgo Sísmico (Co-org.: CERESIS)	A. Cisternas, A. Udías
	Bogotá	Sep. 7 - 18	Taller Internacional sobre Teoría de Sistemas Desordenados en Modelos Biológicos	L. Peliti
	Bogotá	Sep. 17 - 18	I Seminario sobre Cultivo de Tejidos Vegetales (Co-org.: ACAC)	M. de Peña
	Medellín	Sep. 23 - 25	I Encuentro Nacional de Optica	R. Castañeda, A. Guzmán
	Bogotá	Sep. 28 - Oct. 9	Curso Internacional sobre Diseño y Manufactura Asistidos por Computador	J. Figueroa
	Cusco	Oct. 19 - 23	Curso Internacional sobre Liofilización (Co-org.: Multiciencias)	C. Ferro Fontán, V. Latorre
	Bogotá	Oct. 19 - 30	Curso Internacional sobre Microanálisis y Microestructuras (Co-org.: Univ. Nacional de Colombia)	K. Heinrich, P. Orozco
	Bogotá	Nov. 9 - 20	Escuela Internacional sobre Reactores de Investigación (Co-org.: IAN)	G. Medrano
	Quito, Guayaquil	Nov. 16 - 27	Taller Ecuatoriano sobre Enseñanza de la Física (Co-org.: EPN, EPL)	A. Albán, C. Díaz, A. Ulloa
	Bogotá	Nov. . 23 - 27	I Conferencia Internacional sobre Socioeconomía de la Ciencia	L. Lomnitz, G. Medrano
	Bogotá	Nov. 30	Curso Internacional de Magnetohidrodinámica	M. Robert
	Pasto	Dic. 7 - 18	VI Curso Internacional sobre Enseñanza de la Física en la Universidad (Co-org.: Universidad de Nariño)	P. Guidoni, M. Vicentini
	Pasto	Dic. 10 - 12	Encuentro UNESCO - CIF sobre Computadores en la Enseñanza de la Física	A. Pantoja
EVENTOS COPATROCINADOS				
Cajamarca	Jul. 6 - 12	VII Simposio Peruano de Física		
Bogotá	Ago. 10 - 21	Taller Internacional sobre Periodismo Científico (realizado en el CIF)		
Popayán	Ago. 25 - 29	XII Congreso Nacional de Física		
Bogotá	Sep. 25	Foro sobre Biotecnología		
Lima	Nov. 3 - 6	Seminario sobre Biomoléculas		
Cali	Nov. 30 - Dic. 4	Curso sobre Cristalografía		

AÑO	LUGAR	FECHA	EVENTO	DIRECTOR(ES)
1988	Cusco	Ene. 13 - 22	VII Curso sobre Enseñanza de la Física (Co-org.: Multicencias)	A. Pantoja
	Bogotá	Ene. 26	Foro sobre Ciencia y Desarrollo	E. Posada
	Bogotá	Feb. 1 - 5	Encuentro Latinoamericano sobre Física de Bajas Temperaturas (Co-org.: Univ. Nacional de Colombia)	V. Niño
	Bogotá	Feb. 15 - 16	III Curso Internacional de Biofísica	R. Poljak
	Paipa (Colombia)	Feb. 22 - 27	Taller sobre Grupos de Simetría y Ecuaciones Diferenciales No-lineales	D. Levi, P. Winternik
	Bogotá	Apr. 11 - 12	Taller de Investigación en Biofísica de Membranas	M.I. LLano
	Bogotá	May 16 - Jun. 3	Taller sobre el Uso de Microprocesadores en Instrumentación	A. Colavita, A. Ortiz
	Bogotá	Jun. 20 - 4	Curso sobre Materiales Magnéticos	A. Hernando
	Quito	Jul. 11 - 15	Curso sobre Procesos Lógicos y Enseñanza de la Física	F. Flores
	Bogotá	Jul. 11 - 15	V Simposio Latinoamericano sobre Física de Superficies, Películas Delgadas y Partículas Pequeñas (Co-org.: CLAF, UNAM, Univ. Nacional de Colombia)	R. Barrera, M. Cardona, J. Giraldo
	Quito	Jul. 12 - 15	Seminario sobre Historia de la Física	C.A. Hernández
	Paipa (Colombia)	Jul. 18 - 22	I Taller Latinoamericano sobre Superficies, Interfaces y Pequeños Conglomerados (Co-org.: Univ. Nacional de Colombia)	R. Barrera, J. Giraldo
	Bogotá	Aug. 15 - 26	II Curso Internacional de Física de Partículas	J.P. Negret, A. Susinno, G. Violini, A. Yavin
	Bogotá	Aug. 22 - 30	Exposición sobre Física de Altas Energías (Co-org.: Univ. de Los Andes-FERMILAB)	B. Gómez
	Mar del Plata	Aug. 22 - 31	Escuela Internacional de Láseres y Óptica Cuántica (Co-org.: CEILAP)	L. Narducci, E. Quel, J. Tredicce
	Mar del Plata	Sep. 1 - 4	III Taller Latinoamericano sobre Láseres y sus Aplicaciones (Co-org.: CEILAP)	E. Quel
	Bogotá	Sep. 5 - 9	Curso de Optoelectrónica	P. Tombesi
	Bogotá	Sep. 12 - 16	Curso de Fibras Ópticas	S. Celaschi
	Bogotá	Oct. 10 - 15	I Curso de Cerámicas	P. Vincenzini
	Bariloche	Nov. 21 - 25	IV Curso Internacional de Física Médica (Co-org.: Comisión Nacional de Energía Atómica-Arg.)	A. Dutreix
Bucaramanga (Colombia)	Nov. 28 - Dic. 7	I Curso sobre Corrosión (Co-org.: Univ. Industrial de Santander)	G. Morandi, J. Panqueva, C. Retamoso	
EVENTOS COPATROCINADOS				
Bogotá	Feb. 21 - 23	Simposio Colombiano de Cristalografía		
Bogotá	Feb. 22 - Mar. 3	Aplicaciones de Anticuerpos Monoclonales en Biología		
Rio de Janeiro	May 2 - 6	Conferencia Latinoamericana sobre Superconductividad de Alta Temperatura Escuela Brasileira de Superconductividad		
Barranquilla	Jul. 5 - 9	Coloquio Regional de Física		
Santiago	Jul. 18 - 29	III Taller Latinoamericano sobre Plasmas		
Bogotá	Jul. 28 - 30	Taller sobre Divulgación de Ciencia y Tecnología		

AÑO	LUGAR	FECHA	EVENTO	DIRECTOR(ES)
1989	Valparaíso	Ene. 16 - 20	Encuentro Latinoamericano y Taller sobre el Uso de Microprocesadores en la Enseñanza de las Ciencias (Co-org.: Univ. Católica de Valparaíso)	A. Peñalosa, R. Buzzo
	Bogotá	Ene. 26	Encuentro sobre Programa Andino de Nuevos Materiales	C. Aguirre
	Bogotá	Ene. 30 - Feb. 1	Encuentro sobre Estado y Problemas de la Ciencia en Latinoamérica y el Caribe (Co-org.: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y la TWAS)	M. H. Hassan, L.E. Mora O.
	La Paz	Ene. 30 - Feb. 10	Curso sobre Rayos Cósmicos (Co-org.: Univ. Mayor de San Andrés)	C. Aguirre, N. Iucci
	México	Feb. 13 - 17	Encuentro Latinoamericano de Grupos de Investigación en Enseñanza de la Física (Co-org.: Centro de Instrumentos de la UNAM)	F. Flores
	Bogotá	Feb. 20 - 21	Encuentro del Grupo de Trabajo Chile-Colombia - Venezuela sobre Microprocesadores en la Enseñanza de la Física	A. Pantoja
	Tandil	Mar. 13 - 21	Taller sobre Mecánica de Fluidos (Co-org.: Univ. Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires y otras instituciones argentinas)	R. Gratton
	Bogotá	Abr. 12 - 26	IV Taller de Investigación en Física Teórica	C. Di Castro
	Cali	Abr. 23 - May 6	Curso Internacional sobre Avances y Problemas en Cultivo de Tejidos y Células Vegetales (Co-org.: ICRO, CIAT, FNCC)	M. de Peña, W.M. Roca, I.K. Vasil
	Medellín	Jul. 31 - Ago. 12	Taller Andino sobre Sistemas Expertos y Robótica (Co-org.: EAFIT)	J. Trujillo
	Bogotá	Ago. 9 - 10	Seminario sobre Filosofía de la Ciencia y Física Contemporánea	M. Nauenberg
	Bogotá	Agosto - Septiembre	V Taller de Investigación en Física Teórica	R. Baquero, E. Ferrari, F. Garcia M., G. Preparata
	Bogotá	Ago. 8 - 18	Curso sobre Fractales	A. Aharony, L. Pietronero
	Bogotá	Ago. 22 - 25	Seminario sobre Teoría de la Superconductividad	R. Baquero
	Bucaramanga	Sep. 4 - 8	I Encuentro Andino y II Nacional de Óptica (Co-org.: Univ. Industrial de Santander)	A. Guzmán, Y. Torres
	Bucaramanga	Sep. 4 - 15	II Curso sobre Corrosión (Co-org.: Univ. Industrial de Santander)	F. Räu chle
	Bogotá	Nov. 13 - 18	II Curso sobre Redes Neuronales y Automatas	E. Goles, S. Martínez
EVENTOS COPATROCINADOS				
Concepción	Ene. 9 - 20	II Escuela Latinoamericana de Biofísica		
Bariloche	Ene. 16 - 29	IV Simposio Argentino de Física Teórica de Partículas y Campos		
Valdivia	Enero	Instituto de Física de Verano		
Ecuador	May 8 - 12	Congreso de la Sociedad Ecuatoriana de Física		
Rio de Janeiro	Jul. 31 - Ago. 4	STATPHYS		
Bogotá	Ago. 28 - Sep.	Congreso de la Sociedad Colombiana de Física		
Quito	Dic. 11 - 16	II Encuentro sobre Física, Matemática, Informática y sus Aplicaciones		

AÑO	LUGAR	FECHA	EVENTO	DIRECTOR(ES)
1990	Campinas (Brasil)	Feb.12 - 16	Escuela de Verano sobre Anillos de Almacenamiento de Radiación Sincrotrón y sus Aplicaciones (Co-org.: Lab. Nal. de Luz de Sincrotrón-Campinas)	C. Gonçalves
	Bogotá	Mar. 26 - Abr. 6	Curso sobre Diseño de Microprocesadores Dedicados	E. Sánchez
	Bogotá	Abr. 9 - 10	Seminario sobre Rayos Cósmicos de Alta Energía	A. Menzione
	Bogotá	Abr. 16 - 20	IV Curso de Biofísica (Co-org.: Univ. Nacional de Colombia, Instituto Neurológico, Sociedad Colombiana de Física)	L. F. Wolff
	Bogotá	Abr. 23 - 27	Curso sobre Física Médica (NRM) (Co-org.: Instituto Neurológico)	P. Rinck
	Bogotá	May 16	Taller sobre Física de Partículas	S. Torres
	Bogotá	May 21 - 22	Seminario sobre Aplicaciones de Ingeniería Genética al Mejoramiento de Productos Agrícolas	M.A. Moreno
	Bogotá	Jun. 29	I Conferencia Conmemorativa Eddien Alvarez	E. Ouel
	Bogotá	Ago. 21 - 24	Curso sobre Groups de Lie y Cuasicristales	R. Haase
	Cusco	Sep. 3 - 7	VI Simposio Latinoamericano de Física de Superficies (Org.: Sopefi, Multiciencias, Univ. del Cusco, CLAF)	F. Ponce
	Yucay (Perú)	Sep. 10 - 15	II Taller Latinoamericano de Superficies, Interfaces, y Pequeños Conglomerados (Org.: Sopefi, Multiciencias, Univ. del Cusco, CLAF)	F. Ponce
	Cartagena	Sep. 17 - 22	III Curso Nacional sobre Corrosión	E. Otero, F. Raüchler,
	Bogotá	Oct. 16 - 20	Taller sobre Atmósferas Controladas y la Preservación de Alimentos	A. Gac
	Bogotá	Oct. 29 - Nov. 2	Curso Regional sobre Superconductividad	E. Posada
	Bogotá	Dic. 5 - 7	Taller sobre Redes Sísmicas	Q. Taccetti
Bogotá	Durante el año	Seminarios del Laboratorio de Biofísica	L. Osses	
EVENTOS COPATROCINADOS				
Panamá	Jul. 1 - 15	XXI CURCCAF		
Porto Alegre	Jul. 2 - 7	III Encuentro de Investigadores de la Enseñanza de la Física		
Buenos Aires	Jul. 16 - 27	Encuentro Latinoamericano sobre Plasmas		
Rio de Janeiro	Jul. 16 - 28	Curso sobre Instrumentación de la Física de Alta Energía		
Bogotá	Jul. 26 - 28	Curso sobre Medición de Humedad de Productos Agrícolas		
Bogotá	Jul. 21 - 23	Simposio sobre Neurofísica		
Bogotá	Oct. 15 - 20	Curso sobre Dosimetría en Radioterapia		
Bogotá	Oct. 22 - 25	Seminario Internacional sobre Radiocirugía Estereotáxica		
Habana	Oct. 29 - Nov. 2	Conferencia Latinoamericana sobre Aplicaciones del Efecto Mössbauer		
Bogotá	Nov. 19 - 24	V Coloquio Distrital sobre Enseñanza de la Física		
Oaxtepec	Dic. 2 - 13	IV Escuela Mexicana de Partículas y Campos		
Santiago	Dic. 10 - 15	Escuela sobre Física Estadística y Sistemas Cooperativos		
1991	Bogotá	Apr. 1 - 3	Regional Meeting on Fundamental Physics	G. Violini
	Bogotá	Sep. 16 - 20	Curso sobre Mantenimiento de Equipos de Cómputo	J.A. Ramírez, J. Domínguez, W. Escobar

AÑO	LUGAR	FECHA	EVENTO	DIRECTOR(ES)
1992	Bogota	Mar. 16 - 20	III Encuentro Nacional de Optica II Taller Internacional sobre Fibras y Sensores Opticos Taller sobre Holografía I	A. Guzmán A. Guzmán W. McGowan, J. Tron- linger, F. Unterseher, C. Domínguez
	Bogota	Marzo 20 - 30	Taller sobre Holografía II	V. Markov
	Cartagena	Aug. 17 - 21	Fifth Symposium on Pan-American Collaboration in Expe- rimental Physics	G. Violini
	San José	Nov. 1 - 7	Workshop on Basic Science for the Benefit of	
	Bogotá	Nov. 9 - 14	Developing Countries	
	Bogotá	Dec. 7 - 18	Curso ICRO-UNESCO: Técnicas de Registro de "Patch-Clamp" y Monitoreo de Calcio Intracelular	I. Llano, W. Stühmer
1993	Bogotá	Apr. 14 - 23	Seminario-Taller sobre La Física Contemporánea: su historia, orígenes conceptuales y tendencias	J. Arias de Greiff, G. Battimelli, M.C. Busta- mante, O. Darrigol, M. Patty
	Bogotá	Jul. 26 - 31	Curso-Taller sobre Imágenes Diagnósticas en Medicina	A. Bernard, J. C. Bencomo, C. Borrás, J. Gili Planas, A. Lobo- guerrero
	Bogotá	Feb. 11 - 13	Seminario Internacional sobre Aplicaciones Industriales de las Radiaciones Ionizantes	J. Ahumada, C. Cibiel M. Darbois, M.E. Molina A. Ross, T. Sadat, H. Marsiglia, L.H. Vélez
	Bogotá	Nov.	Encuentro ONU- AEE/ Astrofísica	H. Houbold, Weestar- leer, S. Torres
1994	Bogotá	Jul. 11 - 15	I Curso sobre Holografía Aplicada a la Industria y la Cultura	S.A. Benton, V. Markov
	Bogotá	Aug. 16 - 25	Curso Taller Internacional sobre "Microgravimetría y Geomagnetismo en Prospección Geofísica"	J.L. Tellería, V.R. Graterol, F. Gil
	Bogotá	Nov. 28 - Dec. 1	I Escuela Nacional de Astrofísica	S. Torres
	Cali	Abr. 25 - 27	Tecnologías Orientadas a Objetos	E. Sánchez
	Bogotá	Dec. 5 - 7	Curso sobre Materiales en Implantología	S. Szmukler - Moncler
1995	Bogotá	Mar. 27 - 31	Curso sobre Hidrodinámica Física y Medios Granulares	H. Herrmann, D. Quemada, M. Hoyos
	Bogotá	Sep. 25 - 30	II Taller Colombiano de Fenomenología	M. A. Pérez, R. Martínez G. Valencia, M. J. Herrero, B. Gómez L. A. Wills, C. Quimbay C.A. Ramírez, R. Roldán J. Morales, L.N. Granda. H. Ocampo
	Bogotá	Mar. 6 - 17	Curso-Taller sobre Captura y Manejo de Datos y Señales Biológicas	M. Delay, Y. Tan, J. E. Hill, J. E. García

AÑO	LUGAR	FECHA	EVENTO	DIRECTOR(ES)
1996	Medellin	Feb. 6 - 9	Curso Teórico-Práctico sobre Holografía:	V. Markov
	Bogotá	Feb. 12 - 14	Principios y aplicaciones en la industria y la cultura	P. Boone, Y. Denisjuk
	Bogotá	Jun. 21 - 28	Curso en Educación en Ciencia - Tecnología	A. Pantoja, D. Segura, C. I. Chaparro, P. Boero, O. F. Borda, C. Castellanos, J.E. García, J. Carizosa, M. Peña, C.M.Cárdenas, E. Quevedo, M.L. Guar- diola, J. Betancourt, P. Orozc, V. Markov
	Bogotá	Sept. 9 - 11	Simposio Iberoamericano sobre Sistemas Bioinspirados	J. Aguiló, A. Giraldo, J. Prieto, J. Toro, X. Arregüit, C. Jaramillo, E. Sánchez, E. Valde- rama
	Bogotá	Sept. 9 - 13	Curso Internacional sobre Física de Medios Porosos	H. Herrmann, A. Calvo, M. Rosen
San Andrés - Isla	Oct. 28 - Nov. 2	Curso Internacional sobre Meteorología Tropical	W. Fernández, J. Amador, V. Magaña J. Eslava, L. Gónima H. Torres, J. D. Pabón	
1997	Cartagena	Mayo 26 - 31	Curso Internacional sobre Estructura y Función de Proteínas	S. Phillips, Función de Proteínas, A. North G. Bentley, K. Gering P. Alzari, N. Carrasco M. Soriano, M. Zakin M. Amzel, C. Rojas
	Bogotá	Sept. 15 - 27	Curso Teórico-Práctico sobre Biotecnología Vegetal	V. Buchanan-Woll, Vegetal C. Ainsworth, M.T. Regueros, M.L. Guardiola, M.I. Torres Arzayús, A.M. Cotes M. Caro, M. Guzmán M.E. Rueda, O. Acosta J. Peñaranda, F. Aristizábal, J. Cerón, E. Andrade, J. Mayer J. Tohme, F. Angel J. Angel, R. Mantilla, D. Uribe, M.M. Hernández, M.L. García, M.M. Zambrano, M. Reyes, R. Artunduaga, C. Suárez, C. Reverend, A. López

AÑO	LUGAR	FECHA	EVENTO	DIRECTOR(ES)
1998	Bogotá	Ago. 24 - 26	Seminario "Única Alternativa de Supervivencia: Producción y Desarrollo Sostenible. Rentabilidad de la Agricultura Sostenible"	M.T. Palacios, R. Alfaro, E. García Barros, H. Groot, C. Uribe Granja, R. Forero, P. Izquierdo, C.M. Herrera Santos, J.E. Peinado, D. Corredor
	Bogotá	Oct. 13 - 16	Seminario sobre Redes Neuronales	A. Pérez Uribe
2010	Bogotá	Ago. 11 - 14	I Workshop de Fundamentos y Aplicaciones en Microscopía	M. Herrera, C.M. Spinel, G.A. Torres
	Bogotá	Oct. 15	Seminario Prospectiva de la Ciencia y la Tecnología en la Fuerza Aérea Colombiana	M. I. Martínez
	Villa de Leyva	Sep. 16	Seminario de educación de la Fuerza Aérea Colombiana - 2010: "la calidad de la educación en perspectiva internacional"	M.I. Martínez

BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Abdus Salam.
http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1979/salam-bio.html
- ▶ Alonso, Marcelo y Stühmer Walter (1996) *Report of the experts*. Bogotá.
- ▶ Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia. *Imágenes en el tiempo y en el espacio*. Revista *Innovación y Ciencia*, volumen II, No. 5, 1993 – 1994.
- ▶ Ávila Bernal, Carlos Arturo y Gómez Moreno, Bernardo (2010) *Grupo de física de altas energías de la Universidad de los Andes Veinte años de investigación en la frontera de las altas energías*. Universidad de los Andes.
- ▶ Barreto Bonilla, Gloria, Bermeo Andrade, Helga y Saavedra Moreno, Carolina (2008) *Science and Technology Policy in Colombia: A critical glance from the*
- ▶ Technological Development Centres – TDC. *Paper presented in the Prime-Latin America Conference at Mexico City, September 24-26 2008*.
- ▶ COLCIENCIAS (2002). *Apoyo a Centros Tecnológicos*. Seminario del Banco de Proyectos Exitosos. Bogotá.
- ▶ De Greiff, Alexis (2006) *Abdus Salam: A Migrant Scientist in Post-imperial Times*. *Economic and Political Weekly (India) XLI (2006)*, N 3, 228-234.
- ▶ DNP, Colciencias, Presidencia de Colombia (2006). *Fundamentar el crecimiento y el desarrollo social en la ciencia, la tecnología y la innovación, 2019*, *Visión Colombia Segundo Centenario*.
- ▶ Fog, Lisbeth (1995) *25 años creando futuro*. Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC. Bogotá.
- ▶ Fog, Lisbeth (2002) *Equipo de energía ultrasónica para tomar ecografías al concreto*. *Scientific American Latinoamérica*, Año 1 No. 3. Agosto 2002. Páginas 24 – 30.
- ▶ Forero-Pineda, Clemente. (2007) *Fundación Alejandro Ángel Escobar 50 años*. Bogotá.
- ▶ Gómez Buendía Hernando y Jaramillo Salazar, Hernán - compiladores (1997) *37 Modos de hacer ciencia en América Latina*. Tercer Mundo Editores y Colciencias. Bogotá.
- ▶ Ley 1286 de enero 23 de 2009. *Diario Oficial*. Año CXLIV No. 47241.
- ▶ Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, OCyT Colombia 2005 (2006) *Indicadores de ciencia y tecnología*. Bogotá.
- ▶ Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2009). *Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2008*. Bogotá.
- ▶ Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, OCyT – Colciencias (2010). *Diseño y aplicación de una metodología para la caracterización de Centros Autónomos de Investigación y*
- ▶ *Desarrollo Tecnológico*. Resumen Ejecutivo.
- ▶ Ospina, Martha Luz (1998) *Colciencias 30 años: Memorias de un compromiso*. Bogotá.
- ▶ Otero Ruiz, Efraim (2002). *La medicina nuclear Temprana historia y reminiscencias personales*. Academia Nacional de Medicina – Asociación Colombiana de Medicina Nuclear. Bogotá
- ▶ *Página del Centro Latinoamericano de Física, CLAF* *http://www.clafisica.org/*
- ▶ Posada Flórez Eduardo y Llinás, Rodolfo (1995). *Ciencia y Educación para el Desarrollo*. Informe de Comisionados III. Colección Documentos de la Misión. Misión Ciencia, Educación y Desarrollo. Tomo 4. Bogotá, D.C.
- ▶ Restrepo, Ángela, et al (2010) *La CIB Un lugar para el conocimiento 1970 – 2010*. Corporación para Investigaciones Biológicas. Medellín
- ▶ Rojas, William (2010) *¿Qué es la CIB? Un sueño hecho realidad*. Discurso pronunciado en la celebración de los 40 años de la Corporación para Investigaciones Biológicas, CIB, el 14 de julio de 2010, Medellín.
- ▶ Sagasti, Francisco (1985) *El cambio de contexto de la ciencia y la tecnología para el desarrollo*. CIID, Ottawa, Canadá.
- ▶ Servantie, Vinciane (2004) *Valoración del Impacto de la Corporación Innovar 1994- 2004*.

- Proyecto de grado para Magíster en Administración, Universidad de los Andes, dirigido por Juan Carlos Montes.
- ▶ Turriago Hoyos, Álvaro (2007). *The Colombian National System of Innovation: politics, trends and Outcomes*. 5TH International Conference Globelics Russia.
 - ▶ Violini, Galileo (1986) *La fundación del Centro Internacional de Física en Colombia para América Latina*. *Latinamerican Journal of Metallurgy and Materials*, Vol. 6, Nos. 1 & 2.
 - ▶ Centro de documentación del CIF:
 - ▶ Actas de Consejo de Administración y de Consejo Científico Internacional.
 - ▶ Archivo de recortes de prensa nacional
 - ▶ Documentos varios.
 - ▶ Estudios de factibilidad del CIF.
 - ▶ Informes de labores.
 - ▶ Entrevistas personalizadas con:

Adolfo Naranjo, Álvaro Pantoja, Alberto Ospina, Ángela Restrepo, Antanas Mockus, Carlos Aguirre, Carlos Perilla, Carlos Quimbay, Carmen Helena Carvajal, César Ramos, Clara Spinel, Diego Sandoval, Diego M. Sierra, Dolly Montoya, Eduardo Posada, Efraím Otero, Ernesto Villarreal, Fernando Chaparro, Fernando Cristancho, Fernando Quevedo, Galileo Violini, Germán Hermida, Gustavo Esguerra, Gustavo Holguín, Héctor Múnera, Herbert Martínez, Humberto Rodríguez, Irma Rugeles, Jorge Ahumada, Jorge Panqueva, José García, Juan Manuel Díaz, Juan Francisco Miranda, Juan Pablo Negret, Libia Carbonell, Lilia Patricia Arias, Luis H. Blanco, Luis Rivera, Marcela Camacho, María Cristina Plazas, María Elisa Forero, Marta Lucía Guardiola, Martha Lucía Posada, Natalia Bolívar, Nohora Elizabeth Hoyos, Octavio Guzmán, Paulo Orozco, Rafael Hurtado, Rodolfo Llinás, Saya Garavito, Silvia Rivera, Walter Stühmer.
 - ▶ Entrevistas vía Internet: Sergio Torres, Herman Moreno e Isabel Llano.

Este libro se terminó de imprimir en abril de 2011 en los
talleres de MECARS Impresores,
Calle 38 Sur No. 72K - 34
Bogotá, Colombia.