

EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN EN ÓPTICA EN CUBA

OPTICS RESEARCH IN CUBA

V. FAJER^a y M. SÁNCHEZ^{†b}

a) Editor Revista Cubana de Física

b) Facultad de Física, Universidad de La Habana, Cuba; maruchy@fisica.uh.cu[†]

[†] autor para la correspondencia

Received 15/11/2015; Accepted 1/12/2015

Celebrando la designación de 2015 como año internacional de la luz y las tecnologías basadas en la luz, se presenta un resumen de la investigación en el campo de la óptica en Cuba. Se exponen los principales resultados alcanzados en las instituciones que realizaron o realizan investigaciones en el campo de la Óptica en el país, y se han colocado en un contexto histórico.

Celebrating the designation of 2015 as the International Year of Light and Light-based Technologies, an overview of the research in the field of optics in Cuba is presented. The main results achieved in the institutions that have done research in the field of optics in the country are described and put into an historical context.

PACS: Optics, 42, History of science, 01.65.+g; Science and society, 01.75.+m

La investigación en óptica en Cuba como en la Física en general, es relativamente joven y comienza a partir de la década del 60 del siglo pasado [1].

Un hecho determinante en el desarrollo de la Física en Cuba fue la reforma universitaria llevada a cabo en el país en el año 1962, fecha en que se crean la Escuela y la Carrera de Física en la Universidad de la Habana (UH). La Escuela, que se transformó más adelante en Facultad, ha jugado un papel trascendental en la formación de una buena parte de los Físicos Cubanos en los pasados 50 años.

En la década del 70 del siglo XX se forman grupos de investigación en óptica en diferentes instituciones del país. Entre estos se destaca el grupo del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (IPSJAE) pionero en los trabajos de Óptica Coherente y que se convirtió en el polo más fuerte en la investigación en óptica en el país, llegando a tener un programa de Maestría en este campo. También se crearon centros dedicados a la investigación y al desarrollo de las aplicaciones de la Óptica, como el Buró Especial para la Construcción de Instrumentos Científicos con Producción Adjunta (BECICPA), que después se convirtió en el Centro de Desarrollo de Equipos e Instrumentos Científicos (CEDEIC) y finalmente se integró al Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN), que tuvieron y aún mantienen un importante impacto en el desarrollo e introducción de instrumentos ópticos en el país.

La investigación en óptica y el desarrollo de sus aplicaciones alcanza su momento de máximo esplendor en el país en la década del 80 del siglo XX. Sin embargo, en 1991 comienza el "Período Especial": denominación oficial de una larga etapa de crisis económica originada por el desastroso efecto que tuvo la desintegración de la URSS y el derrumbe del socialismo europeo sobre la economía y las condiciones de vida de los cubanos. Cuba se tuvo que enfrentar a la súbita desaparición de sus mercados, fuentes de

abastecimiento y créditos, así como al recrudecimiento del bloqueo norteamericano mediante las leyes Torricelli (1994) y Helms Burton (1996).

En consecuencia, la investigación científica en el campo de la Física y en Óptica en particular sufrió un fuerte impacto del que lamentablemente no se ha recuperado.

En este trabajo se presenta un resumen del desarrollo de la investigación en el campo de la óptica y sus aplicaciones en Cuba y se exponen los principales resultados alcanzados en las instituciones que realizaron o realizan investigaciones en este campo en el país.

I LOS INICIOS EN LA UNIVERSIDAD DE LA HABANA

A partir de la ya mencionada reforma universitaria de 1962, se crean la Carrera de Física y la Escuela de Física de la Universidad de la Habana. Anteriormente existían las Escuelas de Física-Matemática y la de Química-Física; dedicadas prácticamente a la formación de profesores para el nivel preuniversitario.

La reforma introdujo la investigación científica en las carreras universitarias, bajo la premisa de que esto era imprescindible para garantizar una docencia de calidad. En la Escuela de Física de la UH se decide priorizar como línea de investigación la física del estado sólido. En este empeño se contó con una fuerte colaboración internacional. Científicos de países como Francia, Italia, Inglaterra, México y Argentina, vinieron a la Escuela de Física en la década del 60 a impartir cursos y ayudaron a desarrollar los primeros laboratorios de investigación.

Entre los trabajos desarrollados se destacan los realizados en la caracterización óptica de semiconductores que condujeron a las primeras publicaciones en revistas científicas internacionales [2,3].

En la década del 70 del siglo XX se hace énfasis en la

Optoelectrónica, para lo que se contó con el apoyo del Dr. Z. I. Alferov (premio Nobel 2000) del Instituto Ioffe de San Petersburgo. En la década del ochenta se alcanza la madurez de las investigaciones en materiales y dispositivos optoelectrónicos y en los laboratorios de la Escuela de Física se obtuvieron fotodiodos de silicio, diodos emisores de luz (DELs) [4] y diodos láser [5].

Los primeros DEL de infrarrojo cercano basados en arseniuro de galio fueron obtenidos en el grupo de la Dra. Elena Vigil y los primeros láseres por el grupo del Dr. Pedro Díaz (1943-2004). El grupo de láseres semiconductores se mantiene hasta hoy realizando investigación básica en este campo.

En 1993 y 1998 se organizan en la Universidad de la Habana el primero y segundo Workshop on Optoelectronic Materials and their Applications, por el Dr. Osvaldo de Melo y la Dra. María Sánchez, respectivamente.



Figura 1. Foto tomada en entrada de la Facultad de Física de la Universidad de la Habana durante la clausura del "1st Workshop on Optoelectronic Materials and their Applications", celebrado en esta institución en noviembre de 1993.

II EL INSTITUTO TÉCNICO MILITAR

La Cátedra de Física del Instituto Técnico Militar, "José Martí" fundado en la Habana en 1967, realizó un significativo aporte al desarrollo de la Óptica en Cuba. En este centro se realizaron trabajos en holografía y comunicación óptica. Se trabajó en el diseño de moduladores de interrupción (Q-switching) empleando dispositivos electro-ópticos con neobato de litio y magneto-ópticos con molibdato de plomo. También se realizaron investigaciones sobre reconocimiento multispectral. En este centro se diseñó y construyó en 1974 un láser de CO₂. El grupo estuvo compuesto entre otros por los físicos Carlos Alvarez, Ramón Buergo, Miguel A. García, Edwin Pedrero, Juan Monzón y Mercedes Carnero.

III GRUPO DE ÓPTICA DEL ISPJAE

En 1975 se crea, en el Departamento de Física de la Escuela de Ciencias Básicas del ISPJAE, un pequeño grupo de investigación con la idea de construir un láser de colorante

empleando rodamina 6G. Aunque este láser no logró fabricarse completamente, sirvió para ganar experiencia en el diseño y construcción de los diferentes láseres que se desarrollaron posteriormente, en la década de los 80 del siglo XX [6]. Varios de los integrantes del grupo hicieron entrenamientos y estudios de doctorado en la desaparecida Unión Soviética.

A partir del desarrollo alcanzado y a propuesta del Dr. Ángel Augier, en 1983 se crea la Unidad de Ciencia y Técnica (UCT) "Óptica Coherente" dentro de la Facultad de Ingeniería Electrónica del ISPJAE.

Se abordaron varias líneas de trabajo: el diseño y construcción de láseres, la Holografía, las técnicas de Speckle o moteado y la comunicación óptica.

En el año 1988, se construye en el IPSJAE el primer bisturí láser de CO₂. Se hicieron 2 bisturíes láseres (BL1 y BL2) con una potencia de 40 W de salida que se utilizaron para realizar operaciones de cirugía general, neorectomías y otras en el Hospital docente "General Calixto García Iñiguez" de la ciudad de la Habana.

Posteriormente se diseñaron y construyeron láseres de neodimio-YAG en regímenes de generación libre y de sincronismo de modos, de rubí con generación libre de pulsos de 0.5 J y un conmutador pasivo de centros de color, que fue utilizado para realizar hologramas. Se construyó también una Instalación Tecnológica Láser denominada ITELA de 400 W de potencia.

Los trabajos de fabricación de láseres se llevaron a cabo bajo la dirección del Dr. Luis Martí López fallecido repentinamente en 2011, quien recibió de manera póstuma la Orden Carlos J. Finlay en el año 2012.

En la línea de Holografía (técnica de realización de imágenes tridimensionales), se destacan los trabajos realizados por la Dra. Beatriz Moreno quien creó un laboratorio de Holografía en el Museo de Bellas Artes y encabezó el grupo que hizo el registro de los hologramas de algunas reliquias que pertenecieron al Lugarteniente General Antonio Maceo y Grajales y de la medalla del Premio Nobel de Literatura de Ernest Hemingway. También se desarrollaron técnicas de Speckle para el estudio de sistemas mecánicos.

Adicionalmente se realizaron trabajos en el procesamiento digital de imágenes y la comunicación óptica. Empleando diodos emisores de luz infrarroja, se creó un canal de comunicación entre las oficinas centrales de la Academia de Ciencias de Cuba, en el edificio del Capitolio y otras instituciones de la Academia.

El grupo también hizo importantes aportes en la formación de recursos humanos, así en 1979 el ISPJAE abrió una especialidad de posgrado en Holografía Láser, y en el año 1995 un programa de Maestría en Óptica, único en el país, del que se realizaron al menos dos ediciones.

IV EL PROGRAMA ESPACIAL INTER-COSMOS

Durante el vuelo Espacial Conjunto Soviético-Cubano, que tuvo lugar del 18 al 26 de septiembre de 1980 a bordo de la nave Soyuz-38, cuatro de los 20 experimentos realizados fueron diseñados por físicos e ingenieros cubanos.

En particular, el experimento "HOLOGRAMA", nacido en el Instituto de Investigación Técnica Fundamental (ININTEF) de la Academia de Ciencias de Cuba, bajo el liderazgo científico de Roberto Homs, es prueba del desarrollo alcanzado en la investigación en óptica en el país. Aunque el experimento no se pudo realizar en el vuelo de 1980, se realizó en dos partes, una a fines de 1980 en la estación orbital soviética Saliut-6 y la última, en marzo de 1981, durante el siguiente vuelo conjunto del Programa Intercosmos. La primera parte consistió en la transmisión de información holográfica entre la estación y la tierra por una canal de TV, y la segunda en la toma de imágenes 3D del proceso de disolución de sal en un líquido, para el estudio de la dinámica del proceso [7].

V LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE

La Universidad de Oriente (UO) fue pionera en el desarrollo de la Óptica y la Espectroscopia en Cuba. En esta institución se abren las carreras de Física-Matemática y Química-Física en el año 1956.

En marzo de 1970 se oficializa la Escuela de Física de la UO en coincidencia con la primera y única graduación de 19 Ingenieros Físicos en este centro. La Escuela contaba con cinco Departamentos, uno de ellos dedicado a la Óptica y la Espectroscopia bajo la dirección del Dr. Miguel Catasús.

La Escuela fue creciendo y ganando en nivel científico con la incorporación al claustro de varios Licenciados en Física de la Universidad de La Habana y gracias a la colaboración con la Universidad Estatal de Leningrado y la Universidad Técnica de Dresden. En la primera de estas se formó el Dr. Jorge O. Ricardo Pérez bajo cuya dirección se realizaron los primeros trabajos de investigación en Óptica en la UO.

Muestra del desarrollo alcanzado por la Física en la UO fue la realización en Santiago de Cuba, en el mes de junio de 1985, del III Simposio de la Sociedad Cubana de Física, único que se ha realizado fuera de la capital.

Después de varios cambios de estructura, se crea, en 1991, la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la UO, dentro de la que estaba el Departamento de Física con la carrera de Licenciatura en Física. A partir de 1993, el antiguo grupo de Óptica y Espectroscopia, se transformó en uno de Fluorescencia y Aplicaciones del Láser dirigido por el Dr. Jorge Ricardo. Para los trabajos de Fluorescencia se desarrolló un láser de flujo de nitrógeno y un espectrofluorímetro automatizado. En el proyecto trabajaron Rafael Mut y el Dr. Alexander Fernández.

En el año 1999 se comienza a trabajar en Holografía Digital (HD) en colaboración con el centro de Ingeniería Naval y Oceánica (CENO) de la Universidad de Sao Paulo (USP),

Brasil. Al grupo se incorpora Francisco Palacios, responsable principal del desarrollo del software para la reconstrucción digital de imágenes.

La colaboración con la USP se mantiene hasta hoy y ha dado lugar, entre otros resultados, a numerosas publicaciones científicas, véanse por ejemplo, [8,9].

Posteriormente se trabaja en Microscopia Holográfica Digital (MHD) y se desarrolló el software "Holodig" que permite realizar casi la totalidad de tareas necesarias de HD y MHD. El grupo recibió en 2010 el "Premio Nacional de la Academia de Ciencias de Cuba" por el trabajo integral desarrollado en el campo de la Holografía.

VI EL INSTITUTO DE GEOFÍSICA Y ASTRONOMÍA

El Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA) es el principal instituto de astronomía en Cuba y se crea en 1974 a partir de la unificación de los departamentos de geofísica y de astronomía de la Academia de Ciencias de Cuba que habían sido fundados de manera independiente en el año 1964. El departamento de Astronomía estaba formado por 20 personas que de forma no muy regular estaban vinculadas al antiguo Observatorio Nacional que contaba con un telescopio refractor de 10 pulgadas. En el año 1970 se instalan los primeros radiotelescopios con los que se realiza, por primera vez en Cuba, la observación de un eclipse solar en varias bandas.

De 1974 a 1990 el IGA mantuvo una estrecha relación con varias instituciones del campo socialista, especialmente de la antigua Unión Soviética, y se instalan numerosos equipos como la estación de registro Faraday, la estación telemétrica para la recepción de satélites, estaciones de sondeo inclinado de la ionosfera, estación de rastreo de satélites, transmisor de ondas cortas, analizador espectral, entre otras [10].

En la actualidad el instituto está dividido en cuatro departamentos, uno de los cuales es del de Astronomía, con unos 20 miembros. Su trabajo está altamente enfocado hacia las áreas de la astronomía que se introdujeron durante la época de la colaboración con la Unión Soviética: la radio astronomía solar, espectroscopia óptica solar, observación de satélites, así como el desarrollo de problemas de astronomía computacional [11].

VII EL CENTRO DE DESARROLLO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS (CEDEIC)

En el año 1978 se crea el Buró Especial de Construcción de Instrumentos Científicos con Producción Adjunta conocido por BECICPA, con el objetivo indicado en su largo nombre. Esto respondió al interés del Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME) de los países socialistas, al que Cuba se había integrado en 1976, de crear vínculos directos entre los institutos de investigación y los centros de producción para acelerar la introducción de los avances de la ciencia y la técnica en la sociedad. Esta institución partió de cero en cuanto a infraestructura por lo que los primeros años se dedicaron a la compra de equipos, materiales y máquinas

herramientas para el montaje de los laboratorios y el taller de producción.

En 1986 el BECICPA cambió su nombre por el de Centro de Desarrollo de Equipos e Instrumentos Científicos (CEDEIC) teniendo entre sus objetivos desarrollar investigaciones relacionadas con el láser y sus aplicaciones, concebir equipos científicos basados en las investigaciones desarrolladas, lograr su introducción en la práctica y contribuir a orientar la política nacional relacionada con el láser, la óptica y sus aplicaciones entre otros.

Atendiendo a estos objetivos se organizó una actividad a ciclo completo de investigación, diseño, producción y comercialización de instrumentos y equipos basados en la óptica y el láser, la electrónica y la mecánica de precisión. Se montaron cuatro laboratorios de óptica, un taller de maquinado y otro de montaje de equipos, en un viejo edificio en La Habana Vieja correspondiente al antiguo colegio de Belén.

A finales de los años 80 del siglo XX, en el CEDEIC se habían diseñado, construido y puesto en uso varios equipos. Uno de los que tuvo un mayor impacto fue la serie LASERMED compuesta por equipos de fisioterapia y acupuntura láser, que permitieron sustituir las clásicas agujas de acupuntura. El LASERMED fue diseñado por José L. Díaz y Andrés Combarro, entre otros colaboradores.



Figura 2. LASERMED 401. Equipo de fisioterapia y acupuntura desarrollado en el CEDEIC que empleaba un diodo láser infrarrojo como fuente luminosa.

También se diseñaron y construyeron una serie de polarímetros de la serie LASERPOL. El polarímetro digital LASERPOL 101, diseñado por el Dr. Víctor Fajer, el Ing. Nicolás Duarte y el Ing. José Chao, era un equipo analítico empleado en la medición de glucosa en la orina que casi no empleaba reactivos químicos, constituyendo la alternativa más económica de control de este indicador para la realización de análisis masivos. El equipo se introdujo en el Centro Antidiabético de Ciudad de La Habana donde se utilizó para realizar miles de análisis.

En particular los polarímetros LASERPOL 101 y 101M se

incorporaron a la industria farmacéutica y jugaron, durante más de 20 años, un papel importante en el control de la producción de compuestos de dextrosa y otros en varias empresas del país.



Figura 3. Polarímetro automático y digital LASERPOL 101, introducido en la Planta de Sueros y Hemoderivados de Ciudad de La Habana, para el control de la producción de sueros de glucosa y otros productos, con el mismo se controlaba la producción de estos productos en el país.

A fines de la década del 80 el CEDEIC se comprometió en el diseño y construcción de un elipsómetro, con un láser de He-Ne para la industria microelectrónica. El equipo permitiría la determinación de espesores de películas delgadas y constantes ópticas como índice de refracción y coeficiente de extinción de diversos materiales. El proyecto se desarrolló por un grupo multidisciplinario dirigido por el físico Rolando A. Díaz. Se logró construir un prototipo de elipsómetro automático con sistema electrónico comandado por un ordenador personal que controlaba el cambio de ángulo de incidencia del haz de luz, el posicionado de la muestra, el proceso de medición y la elaboración de los datos. El equipo se validó a partir de la comparación de los resultados obtenidos con elipsómetros de diversos laboratorios y se comenzó la fabricación de cuatro ejemplares que iban a ser comprados por la Unión Soviética, proceso que no concluyó debido a su desintegración a fines de los años 90.

VIII LA UNIÓN DEL CEDEIC Y EL CENTRO DE ESTUDIOS APLICADOS AL DESARROLLO NUCLEAR (CEADEN)

En el llamado "Periodo Especial" los trabajos del CEDEIC continuaron. Se obtuvieron resultados importantes en el desarrollo de equipos de fisioterapia y laser puntura de la serie LASERMED y FISSER y equipos analíticos tales como polarímetros automáticos de la serie LASERPOL y densitómetros automáticos. Los equipos producidos en el CEDEIC obtuvieron Medallas de Oro en las ferias internacionales "Salud para Todos" y en las Ferias internacionales de La Habana. Una patente del polarímetro obtuvo Medalla de Plata en Ginebra en el año 1996.

Por su parte, en el Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear (CEADEN) creado en 1985, se desarrollaba investigación básicas en Física Nuclear, Física del Estado

Sólido y Óptica experimental, dirigiendo sus esfuerzos a la fabricación de equipos como detectores semiconductores, a cargo de la Dra. Angelina Díaz, láseres de nitrógeno bajo la dirección del físico Luis Baly y medidores de energía y potencia de láseres, entre otros.

En el año 2001 se unen el CEDEIC y el CEADEN manteniendo el nombre de este último. Así, el nuevo CEADEN amplía su línea de fabricación de equipos. El grupo integrado por el M.C Pedro Larrea, la Dra. Margarita Cobas y los ingenieros Lorenzo Hernández, Sandra Fernández y Humberto Fernández, entre otros, diseñaron densitómetros, polarímetros y láseres para acupuntura o fisioterapia que se introdujeron en la industria y en los servicios de salud nacional y se exportaron a varios países de Latinoamérica.

Sin dudas los grupos del CEDEIC y después del CEADEN están entre los que mayor aportes han hecho en el campo de las aplicaciones de la óptica en Cuba.



Figura 4. Medidor de energía y potencia láser LM-09 desarrollado por el Prof. Titular Juan Darías y colaboradores.

Muestra del desarrollo alcanzado en este centro es la organización del evento científico internacional TECNOLASER que en 2016 celebrará su octava edición, en cuya organización se destaca el trabajo realizado por los M.C. Omar Morales y Justo Ravelo, entre otros.

Por último, no se puede hablar de los trabajos desarrollados en el CEDEIC y luego en el CEADEN, sin mencionar al M.C. Aurelio Oliva Viera, quien falleció de un ataque respiratorio en el año 2005. Licenciado en Física por la Universidad de la Habana en 1972 y Maestro en Ciencias en la especialidad de Óptica por el IPSJAE, Yeyo, muy querido y respetado en la comunidad de físicos cubanos, fue quien en 1993 contactó a la Comisión Internacional de Óptica (ICO) y creó el comité territorial cubano de esta organización, que presidió hasta 2001. Fue, además, jefe de la sección de Óptica de la Sociedad cubana de Física durante varios años.

IX INSTITUTO DE METEOROLOGÍA DE CUBA

En el Instituto de Meteorología de Cuba, (INSMET) se creó un importante grupo de trabajo conocido por la Estación

LIDAR de Camagüey que toma su nombre a partir de la instalación de un radar de ese tipo en el año 1988 destinado a la investigación de la radiación solar y los aerosoles estratosféricos, es decir, las partículas, en estado sólido o líquido, en suspensión en la atmósfera. Este grupo de trabajo dirigido por el Dr. Juan Carlos Antuña es el único de su tipo en Cuba, tiene liderazgo en el área del Gran Caribe, y un reconocido prestigio internacional.

En el año 2007 se firmó un Acuerdo Marco para la colaboración entre el Instituto de Meteorología y el grupo de Óptica Atmosférica de la Universidad de Valladolid (UVAGO), que permitió la instalación en Camagüey de un Fotómetro Solar, para medir las propiedades ópticas de los aerosoles, y un Impactador de partículas para medir el tamaño de aerosoles en superficie.

X EL CENTRO DE NEUROCIENCIAS DE CUBA

En septiembre de 1993 en el Centro de Neurociencias de Cuba, un pequeño grupo de optoelectrónica dirigido por el Dr. Luis Martí comenzó a trabajar en el diseño de láseres para aplicaciones médicas. El grupo fue heredero del trabajo desarrollado dos décadas atrás en el IPSJAE. Construyeron dos dolorímetros láser con láser de $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He}$ (denominados Estimulas 1 y Estimulas 2) y un bisturí láser con láser de $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He}$ (LASERMED LQ 25) para la empresa TECE, S. A., que realizó más de 3000 operaciones quirúrgicas. Estos equipos se emplearon en el Centro de Investigaciones Médico-Quirúrgicas y en el Hospital Militar Carlos J. Finlay. La actividad de este grupo duró hasta diciembre de 2003. Luis Martí se trasladó al CEADEN donde continuó trabajando en aspectos teóricos y experimentales de la Óptica hasta su fallecimiento.

XI CENTRO DE INMUNOENSAYO (CIE)

Este importante centro fue fundado en 1987 y consta de dos agrupaciones científico-productivas: Inmunoquímica e Instrumentación. Tuvo como antecedente los trabajos desarrollados al frente de un grupo multidisciplinario por el Dr. J. L. Fernández Yero en el Centro Nacional de Investigaciones Científicas de Cuba (CENIC).

Bajo la dirección del Dr. C Miguel Angel García se desarrollaron espectro-fotómetros y espectrofluorímetros incorporados en el Sistema Ultra-microanalítico (SUMA), creado en la década de 1980-1990 para el diagnóstico del hipotiroidismo congénito. Especialistas del centro crearon una red formada por de 167 laboratorios a nivel nacional, y cuatro empresas TECNOSUMA en el extranjero. Unos 10 países de América Latina utilizan esta tecnología cubana.

En el CIE se investigan nuevas tecnologías de diagnóstico, la obtención de reactivos, el desarrollo de instrumentos y equipos; diseño de software y se brinda asesoría técnica y entrenamiento a personal especializado. Desde su apertura ha realizado millones de análisis clínicos, contribuyendo de manera importante a los resultados obtenidos por el Sistema de Salud en Cuba.

XII EQUIPOS OFTALMOLÓGICOS DE ALTA TECNOLOGÍA

Mención aparte merece la contribución de los físicos cubanos al desarrollo de la "Operación Milagro": un programa cubano - venezolano de operaciones gratuitas de cataratas, glaucoma, estrabismo y otras enfermedades de la visión a personas de bajos recursos en países del Tercer Mundo, utilizando cirugía láser refractiva.

Entre 2004 y octubre de 2008 habían sido operadas 1.314.000 personas de 33 países de América Latina, África y Asia, y para 2014. A partir del año 2005 y bajo la dirección del Dr. C. Germán Muñiz Planas, un colectivo de profesores del departamento de Física del ISPJAE, con el apoyo de especialistas del CEADEN y otros centros organizó e impartió un diplomado en Optoelectrónica y Láser. De este programa egresaron entre los años 2005 y 2007, 175 ingenieros que tuvieron la responsabilidad, bajo la dirección de los profesores, del montaje, puesta en marcha, mantenimiento y reparación de los equipos instalados en los centros oftalmológicos creados en Cuba (10) y en el extranjero (49). Además se llevó a cabo la evaluación de los sistemas para su uso en condiciones tropicales, se preparó una monografía sobre equipos oftalmológicos y se diseñó e impartió un curso de postgrado a 1200 médicos oftalmólogos. Por su excelente preparación técnica y profesional, decenas de estos especialistas recibieron la certificación de las firmas fabricantes para instalar, mantener y reparar los láseres excimeros de cirugía refractiva.

Los cursos fueron impartidos por los profesores del ISPJAE, Dr. German Muñiz, Dr. Alfredo Moreno, Dr. J. Llovera, Dra. Adriana Mavilio, Dra. Margarita Fernández, así como por profesores e investigadores del CEADEN y el Instituto Superior de Tecnología y Ciencia Aplicada (INTEC). Una parte de los cursos impartidos se integraron al programa de Maestría en Óptica del ISPJAE.

XIII GRUPO DE TECNOLOGÍA LÁSER DEL IMRE EN LA UNIVERSIDAD DE LA HABANA

A partir del desarrollo alcanzado en las décadas de los 70 y 80 del siglo XX por las facultades de Física y Química de la Universidad de la Habana, se crea, en el año 1985, el Instituto de Materiales y Reactivos para la electrónica (IMRE) con el objetivo de impulsar el desarrollo de la industria electrónica en el país. En el nuevo instituto se crea el laboratorio de Tecnología Láser bajo la dirección de Guillermo de la Cruz Estenóz, al que se incorpora el entonces estudiante y actual jefe del laboratorio, Dr. Luis Ponce Vidal.

En 1985 en este laboratorio se fabrican los primeros láseres de rubí y Nd (neodimio) como medio activo respectivamente. En 1988 se construyó un sistema de grabado en base a un láser de YAG, con desplazamiento XY controlado por computadora. En 1992 se construye un prototipo de láser para cirugía ocular fotodisruptiva y otro para cirugía endoscópica con fibra óptica, ambos utilizando láser de Nd:YAG pulsado.

En el periodo de 1992 a 1994 se obtienen espejos dieléctricos multicapa por evaporación en alto vacío. Los sustratos se fabricaron en el Centro de Inmunoensayo y las multicapas de ZnS y MgF₂ con espesor controlado de $\lambda/4$ se obtuvieron en el IMRE. Se lograron fabricar espejos para láseres de Nd:YAG y HeNe de hasta 20 capas. También se desarrollaron cavidades reflectoras, tanto especulares (plata sobre vidrio) como difusoras, estas últimas en base a polvo cerámico insertado en cilindros de vidrio.

En 1995 el Dr. Luis Ponce Vidal organiza en la Universidad de la Habana el V Encuentro Latinoamericano en Óptica, láseres y sus Aplicaciones (OPTILAS).

Entre 1996 y 1999 el grupo utilizó láseres de Nd:YAG pulsados en la limpieza de obras de arte pertenecientes al patrimonio cultural cubano. La ventaja de esta técnica es que los pulsos, cortos y potentes, alcanzan la zona superior de los objetos, donde se encuentra concentrada la suciedad y la evaporan, sin afectar significativamente la pieza, evitando el uso de sustancias contaminantes.

En 1999 se desarrolla un sistema para la obtención de capas delgadas por láser con el que se obtienen capas de materiales como: Ni, CdTe, PbTe de hasta 5 nanómetros de espesor. En 2002 se desarrolló un equipo perforador de piel (lanceta) para la realización de análisis de sangre (en pequeñas cantidades) de manera indolora.

XIV INSTITUTO SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIA APLICADA (INTEC)

En esta institución está actualmente en vías de consolidación bajo la dirección del Dr. Alfo Batista Leyva un pequeño grupo dedicado al estudio y modelado del ojo humano cuyos resultados tienen potencial aplicación en la esfera de la cirugía oftalmológica en el país.

XV CONCLUSIONES

Se presentó un resumen de la investigación en óptica y el desarrollo de sus aplicaciones en Cuba donde se puede apreciar la madurez alcanzada en la década de 1980.

Además del fuerte impacto sufrido a partir de la caída del campo socialista y el efecto del bloqueo económico que sufre el país, es necesario decir que los resultados, sobre todo en los centros que no estaban vinculados a los llamados polos científicos, se vieron limitados también por la falta de autonomía en su gestión económica para adquirir los componentes e insumos y para comercializar los productos. Otro aspecto negativo ha sido el inadecuado sistema de remuneración de los trabajadores de la ciencia.

En la actualidad la investigación en física en Cuba adolece sobre todo de falta de financiamiento y de una política científica clara a nivel del país.

La crisis económica que comenzó a en los años 90 ha afectado especialmente a los científicos jóvenes que en gran medida salen a buscar mejores oportunidades en otros países, lo que pone en peligro lo logrado en la formación de recursos

humanos en el campo de la física en el país en los pasados 50 años.

A pesar de ello, este recuento demuestra que, a lo largo de medio siglo, un país en desarrollo como Cuba ha sabido acumular méritos en el campo de la Óptica suficientes para saludar dignamente el Año Internacional de la Luz y las Tecnologías Basadas en la Luz.

Por último, los autores se disculpan por cualquier omisión involuntaria de algún grupo, persona u resultado en este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] A Comprehensive Study of the Development of Physics in Cuba from 1959. Angelo Baracca, Víctor Fajer, Carlos Rodríguez Castellanos. The History of Physics in Cuba. Series: Boston Studies in the Philosophy and History of Science, Editors A. Baracca, J. Renn, H. Wendt, Springer. 304, 133 (2015).
- [2] L. Hernández, O. Vigil, F. González. Physica Status Solidi (a) 36, 33 (1976).

- [3] E. Vigil, J. A. Rodríguez y R. Pérez Alvarez. Phys. Stat. Solidi (b) 90 409 (1978).
- [4] E. Vigil et al, Rev. Cubana Fís. 1 70 (1981).
- [5] P. Díaz, T. Prutskij, M. Sánchez. Rev. Cubana Fís. 6 39 (1986).
- [6] L. Martí, Comunicación privada, 2009.
- [7] J. Altshuler, Comunicación privada, 2010.
- [8] F. Palacios, J. Ricardo, D. Palacios, E. Gonçalves, J. Valin, R. De Souza. J. Optics Comm. 248, 41 (2005).
- [9] J. Ricardo, M. Muramatsu, F. Palacios, M. Gesualdi, J. L. Valin, M. Prieto and Marcio Lopez. Optics and Lasers in Eng. 51 949 (2013). <http://www.iga.cu/historia.html>
- [10] Reporte al Comité Ejecutivo de la Unión Astronómica Internacional y a la Presidencia de la Comisión 46 de la IAU sobre la astronomía en la República de Cuba. Grupo de Trabajo de la Comisión 46 para el Desarrollo de la Astronomía a Nivel Mundial (PGWWDA). 16 de Febrero de 2005.
- [11] Rolando A Díaz, Justo Ravelo, Pedro L Dorticós, Humberto Fernández, Jana Karakadze, Ricardo Neyra and Omar Morales. Proc. Int. Workshop on Optoelectronic Materials and their Applications, La Habana 1993. Edizioni ETS, Pisa.