

# Historia del Laser en la Argentina

Gabriel M. Bilmes

Publicado en: LA FÍSICA Y LOS FÍSICOS ARGENTINOS.  
Historias para el presente

*Diego Hurtado*  
(*Compilador*)

ISBN:

Impreso en Argentina

Universidad Nacional de Córdoba, 2012



Universidad  
Nacional  
de Córdoba

Impreso en agosto de 2012  
Córdoba • República Argentina

*Gabriel M. Bilmes\**

### 1. La invención del láser

Hay muy pocas ocasiones en las que un invento –o un descubrimiento– genera un campo totalmente nuevo de investigación y al mismo tiempo produce una revolución en la vida cotidiana. El láser es uno de esos inventos. Es sin duda uno de los desarrollos científicos más importantes del siglo XX al punto tal que al menos diez premios Nobel están vinculados directa o indirectamente con el láser.

Los fundamentos del láser fueron desarrollados en 1917 por Albert Einstein (Einstein 1917) cuando estudió la interacción entre la radiación electromagnética y los electrones, proponiendo los conceptos de probabilidad de transición y emisión estimulada de radiación. Einstein predijo que los electrones excitados, además de emitir luz espontáneamente, pueden ser estimulados por los fotones del medio y desexcitarse emitiendo un fotón de las mismas características que el fotón estimulante. Sin embargo, la eficiencia de este proceso, en muchas fuentes de luz, especialmente las que emiten en la región visible del espectro, es muy baja y, para ponerlo en evidencia era necesario amplificar esta emisión estimulada en una forma efectiva. Debieron pasar casi 50 años para lograrlo.

Mario Bertolotti atribuye este retraso a tres factores (Bertolotti 2010). Por un lado, el hecho de que no había una particular necesidad de tener fuentes ópticas diferentes a las ya existentes, idea discutible

---

\*Centro de Investigaciones Ópticas (CONICET La Plata-CIC). Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata

si se piensa en que los rayos de luz superpotentes eran desde hacia mucho tiempo una fantasía que estaba en el imaginario de científicos, militares, escritores y dibujantes de historietas. El segundo factor es que las propiedades básicas del proceso de emisión de la luz no estaban suficientemente entendidas, y el tercer factor es que un dispositivo como el láser, que se pensaba debía funcionar fuera del equilibrio termodinámico, aparecía como muy poco realista. También es interesante destacar que el fenómeno de la emisión estimulada surgiera primero como un concepto teórico, que luego se obtuviera artificialmente y que mucho después se registrara como un fenómeno de la naturaleza, ya que la emisión láser natural se ha observado recién en los últimos años en objetos astronómicos. Por ejemplo, emisión infrarroja amplificada en dióxido de carbono excitado por la radiación solar en las atmósferas de Marte y Venus, o emisión láser en átomos de hidrógeno en nubes de gases interestelares.

En la década de 1950, Nikolay Basov y Alexander Prokhorov, en lo que era entonces la Unión Soviética, y James Gordon, Herber Zeiger y Charles Townes, en los EEUU, desarrollaron independientemente el MASER y en 1954 construyeron los primeros dispositivos que generaban radiación electromagnética por medio de emisión estimulada, en la región de las microondas (Basov y Prokhorov 1954; Gordon, Zeiger y Townes 1954). Los primeros máseres empleaban un haz de moléculas de amoníaco que pasaba por una cavidad de microondas generando emisión a poco más de 1 cm de longitud de onda, de baja potencia (10 nW), en una banda espectral muy estrecha, a 24 GHz.

La extensión del concepto del máser a la región óptica fue propuesta en 1958 en varios trabajos por Arthur L. Schalow, Townes, Basov y Gordon Gould, que fue quien inventó el término LASER. Gould, que en ese momento era un recién graduado en la Universidad de Columbia, fue reconocido muchos años después, luego de una prolongada batalla judicial. En la primera página de su libro de notas, Gould define por primera vez el acrónimo LASER y describe los elementos esenciales que se requieren para construirlo, entre

ellos, dos espejos semitransparentes en los extremos del medio activo. Ese libro de notas fue el elemento principal de una batalla de 30 años para obtener los derechos legales de patentes relacionadas con el láser. Gould hizo certificar su libro por un notario, quien le puso una estampilla con fecha 13 de noviembre de 1957. Esta certificación le dio a Gould la prioridad como el primero que concibió muchas de las tecnologías vinculadas con el láser.

El 16 de mayo de 1960, Theodore H. Maiman, un ingeniero y físico de 32 años, construyó el primer láser creado por el hombre, en los recientemente abiertos laboratorios de la compañía Hughes (Hughes Research Laboratories) de Malibu, California. Tenía una estructura bastante simple: una barra cilíndrica de rubí sintético de 1 cm de diámetro y 2 cm de largo, con sus extremos pulidos y plateados para que pudieran reflejar la luz y funcionar como un resonador Fabry-Perot. Maiman utilizó una lámpara de flash estándar de fotografía, en espiral, para iluminar la barra de rubí. Cuando esto ocurría, la barra generaba emisión de luz de color rojo profundo, a 694 nm. El trabajo de Maiman fue el resultado de más de un año de perseverante y cuidadosa investigación de las propiedades espectroscópicas del rubí.

Maiman envió un corto reporte del trabajo a la revista *Physical Review Letters*, pero se lo rechazaron. Simon Pasternack, uno de los editores que rechazó el trabajo, justificó la decisión en el hecho de que la revista había anunciado que estaba recibiendo demasiados papers sobre los máseres y que cualquier otro reporte en el tema no iba a ser publicado. Maiman había publicado en esa revista, en junio de 1960, un artículo sobre la excitación de rubí con luz y, según Pasternak, el nuevo trabajo parecía ser más de lo mismo. La reacción de Pasternak quizás refleje el limitado entendimiento que había en esa época de la naturaleza del láser y su significado. Maiman lo envió entonces a la revista *Nature*, que era mucho más selectiva que *Physical Review Letters*, donde el paper fue muy bien recibido y publicado el 6 de agosto (Maiman 1960). El paper de Maiman es muy corto y por su consistencia y las importantes derivaciones que abre, Townes

lo consideró el *paper* con más información por palabra de todos los publicados por la revista *Nature* durante el siglo XX (Townes 2003: 107).

El láser de Maiman tenía ciertos aspectos que no habían sido previstos en las publicaciones teóricas previas, ni imaginados por quienes estaban en el tema. En primer lugar, Maiman usó un pulso de luz de unos pocos milisegundos de duración, proveniente de la lámpara de flash, para excitar el rubí. Es decir que el primer láser fue pulsado y no continuo. El resultado es que proporcionaba mucha más potencia de la que se había previsto en discusiones previas. La segunda cuestión es que el sistema que eligió, un sólido de rubí, funcionaba de forma tal que podía reducir drásticamente la población del nivel fundamental para hacer efectiva la transición láser y esto era realmente inesperado para aquellos que estaban detrás del desarrollo del láser.

El 7 de julio de 1960 los laboratorios Hughes hicieron el anuncio a los medios creando un gran alboroto, que incluyó las primeras páginas de algunos periódicos con discusiones sobre el posible rayo de la muerte, pero también con cierto escepticismo entre los científicos e ingenieros que no estaban preparados para ver las implicancias del trabajo publicado por Maiman. A tal punto que en ese momento se acuñó una frase, un tanto en broma y otro tanto como desafío, y que algunos atribuyen a Maiman, otros a Townes y otros a Irnne D’Haenens, asistente de Maiman, que proponía que “el láser era una solución buscando un problema” (Hecht 2005).

La aparición del láser de Maiman juntaba en un nuevo campo dos disciplinas ya consolidadas, la óptica y la electrónica, que darían lugar a lo que actualmente conocemos como Fotónica, abriendo vastos y nuevos horizontes de la ciencia y la tecnología. En poco tiempo comenzaron a desarrollarse diferentes tipos de láseres y múltiples aplicaciones. Fue en los laboratorios de la Bell Telephone, en New Jersey (EEUU), donde se llevaron a cabo muchos de estos desarrollos. Allí, en diciembre de 1960, Ali Javan, William Bennett y Donald Herriott (Javan y et al. 1961) inventaron el láser de helio-neón,

el primer láser gaseoso y el primer láser de emisión continua en 1.15  $\mu\text{m}$ . Dieciocho meses después, en 1962, A. White y J.D. Ridgen (White y Ridgen 1962) hicieron funcionar este láser en 632,8 nm, introduciendo lo que durante los próximos 40 años sería el caballito de batalla de la óptica y la mayoría de las aplicaciones de los láseres. También en 1961, L. F. Jonson y K. Nassau desarrollaron el láser de estado sólido de Neodimio, y en 1964 J. E. Geusic, H. Marcos y L. G. Van Uitert, (Geusic et al. 1964) pusieron en operación el láser de Nd:YAG. Estos cuatro tipos de láser son, como veremos, los que más impacto tuvieron en el desarrollo de este campo en Argentina.

## 2. Los primeros pasos del láser en la Argentina

Los trabajos de Maiman y la publicación de su paper en *Nature* tuvieron un impacto muy grande y diversos laboratorios del mundo comenzaron a reproducir sus resultados y a trabajar en el desarrollo de láseres.

En nuestro país, desde 1959 existía en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la Universidad de Buenos Aires (UBA), el Laboratorio de Electrónica Cuántica, con investigadores que ya estaban involucrados en el tema. Eran épocas de un fuerte desarrollo científico en la Argentina y particularmente en la Universidad.

En 1962, Federico Westerkamp, miembro de dicho laboratorio, trajo al país una barra de rubí y un grupo de alumnos, entre los que se encontraban Néstor G. Gaggioli, Rúben H. Contreras, Carlos A. Jordana, Jorge Demichelli, Juan C. Novarini y Marcelo Kurlat, comienzan a desarrollar láseres de rubí y de Helio-Neón.

Uno de los problemas que generaba dudas era que Maiman no reportaba en su paper haber visto un haz potente y brillante de luz, la característica esperada del láser y por eso muchos consideraban que el invento no era nada trascendente, sino que era una fuente más de luz. Gaggioli (2004) cuenta que cuando hicieron funcionar por primera vez el láser de rubí, no se dieron cuenta que estaba

emitiendo y se toparon con el mismo problema que le había dado dolores de cabeza a Maiman. Esperaban ver un haz brillante de luz y tardaron muchos días en descubrir que el láser estaba emitiendo una pequeña manchita roja. En realidad Maiman, en el experimento original, analizó el espectro de emisión, registrando un marcado angostamiento del ancho de banda de las longitudes de onda que se emitían. Esto era exactamente lo que predecía el paper teórico sobre máseres ópticos publicado por Art Schawlow y Charles Townes y lo que se había visto en los máseres (Schawlow y Townes 1958). Fue poco después que, tanto Maiman en la Hughes, como otros investigadores en los laboratorios de la Bell de New Jersey, lograron optimizar el proceso y obtener spots brillantes. Lo mismo le ocurrió al grupo de la FCEyN y tardaron un buen tiempo en provocar la admiración de los visitantes con una mancha rojo púrpura en las paredes del laboratorio.

En 1964, como parte de su tesis de licenciatura, Néstor Gaggioli construyó el primer láser de He-Ne que se hizo en América Latina, trabajo que presentó en 1965 en la 46ª Reunión de la Asociación Física Argentina con el título “Construcción y funcionamiento de un láser de gases” (Gaggioli et al. 1965). Ese mismo año, este grupo realiza las primeras transmisiones de audio y televisión usando como portador la luz emitida por un láser de He-Ne. Estos trabajos fueron pioneros de lo que hoy conocemos como comunicaciones ópticas. En el mismo laboratorio se trabajó posteriormente en láseres moleculares de CO<sub>2</sub> y Nitrógeno.

En la misma reunión de la AFA de 1965 se presentan otros dos trabajos: “Construcción y funcionamiento de un láser de rubí” (Contreras, Demichelli y Westerkamp 1965) del mismo grupo y “Espectroscopía de láseres en Hg I” (Bockasten, Lengyel, Lundholm, Garavaglia 1965), realizado en colaboración entre la Universidad de Uppsala y Mario Garavaglia de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), quien había regresado al país luego de realizar su formación de postgrado en láseres y espectroscopía láser, en Suecia.



De izquierda a derecha: Rúben Contreras, Nestor Gaggioli, J. Demicchelli, M. Kurlat, A. Jordana, Federico Westerkamp y J. C. Novarini. A la derecha, el primer láser de Helio Neón desarrollado en Latinoamérica.

Los potenciales usos militares del láser influyeron seguramente en la creación –en julio de 1965– del Grupo Láser del Centro de Investigaciones Tecnológicas de las Fuerzas Armadas (CITEFA), cuyo primer director fue Juan T. D’Alessio, quien había estado trabajando en el tema en los EEUU desde hacía un par de años.

El golpe de estado de junio de 1966 y la represión desatada sobre la universidad, iniciada con la “noche de los bastones largos”, significaron la destrucción del grupo de la UBA, donde esta actividad dejó de tener un lugar destacado hasta 1993.

Por otro lado, físicos formados en el Departamento de Física de la UNLP desarrollaron en esos años sus doctorados y actividades de postgrado, trabajando principalmente en Suecia y Bélgica en temas relacionados con láseres gaseosos y espectroscopías láser. Este Departamento tenía una fuerte tradición en Espectroscopia y fue natural que esta nueva camada de físicos se volcara al estudio y desarrollo de láseres gaseosos. Entre ellos, Mario Garavaglia constituye –en 1966– junto a Mario Gallardo, el Laboratorio de Espectroscopía, Óptica y Láser (LEOL) en el Departamento de Física de la UNLP. Unos años después –en 1972– Eduardo Quel, que había



hecho su posgrado en Bélgica, se hace cargo del Grupo Láser de CI-TEFA, donde desde 1970 ya trabajaban, entre otros, Alfredo Burgos y Héctor Mancini.

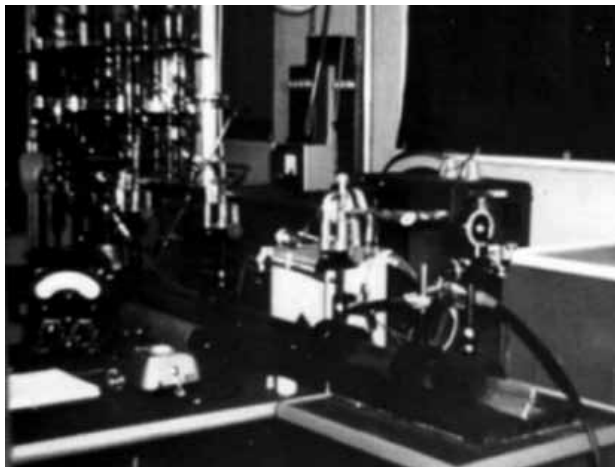
La actividad en el LEOL involucró el desarrollo y construcción de láseres gaseosos, principalmente de nitrógeno, mercurio y gases nobles, particularmente Xenón. Allí realizaron sus tesis doctorales en láser y espectroscopía láser entre otros Alberto Tagliaferri, Carlos Massone, Jorge Tocho y Héctor F. Ranea Sandoval. Hector Ranea Sandoval cuenta anecdóticamente las condiciones en las que se trabajaba en el LEOL hasta mediados de la década del 70:

“Las condiciones de trabajo eran bastante precarias. Dos por tres se cerraba la universidad por problemas políticos y por problemas en las cloacas y en el sistema de desagüe. Literalmente se nos inundaban los laboratorios cada vez que había una lluvia fuerte. Hubo una gran inundación que dejó inutilizado el subsuelo del laboratorio donde se encontraba la parte de holografía y el desarrollo de un láser de He-Ne. Quedó todo bajo 90 cm de agua y deterioró la mayoría del poco equipo con que contábamos. Una vez recibí una descarga de alta tensión porque estaba trabajando casi a oscuras, empezó a



Mario Garavaglia alineando un láser en 1966.

llover y el laboratorio comenzó a inundarse sin que me diera cuenta. Estas condiciones de alguna forma definieron que se hiciera necesario pensar en un nuevo espacio dando lugar a la creación del CIOp” (Ranea Sandoval 2010).



Láser de Nitrógeno desarrollado por Mario Gallardo en 1966

### **3. La creación y consolidación de Institutos y nuevos grupos de trabajo**

En 1977 se crea en La Plata, sobre la base del LEOL, el Centro de Investigaciones Ópticas (CIOp) dependiente en ese momento de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), del CONICET y de la UNLP, donde completaron sus doctorados Jorge Reyna Almandos y Ricardo Duchowicz.

Durante la década de 1970 y principios de los años ochenta se desarrollaron en el Grupo Láser de CITEFA láseres de rubí, He-Ne, CO<sub>2</sub> continuos y TEA (pulsados), He-Cd y Ar. Algunos de esos láseres se instalaron en hospitales (bisturíes), laboratorios de investigación y equipos militares del país (telémetros). En esa épo-

ca se incorporaron a este grupo, en distintas etapas, José Eduardo Weisfred, Francisco Diodati, Carlos Rossito, Emilio Petriella, Oscar E. Martínez, Alejandro Peuriot, Verónica Slezak, Francisco Manzano, Jorge Tredicce y Jorge Rocca.

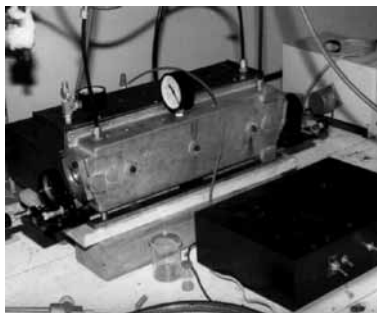
Por otro lado, a fines de la década de 1970 se creó el grupo láser de la Facultad de Ingeniería de la UBA, que mantiene hasta la actualidad un fuerte vínculo con el grupo de CITEFA que, en 1980, pasa a constituirse en el Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CEILAP) dependiente de CITEFA y del CONICET.



Láser de Nd-vidrio desarrollado en el grupo láser de CITEFA a fines de la década del 70.

#### **4. Las nuevas generaciones de laseristas**

Durante la década de 1980, una nueva generación se incorporó a los grupos que trabajan en láser, realizando sus tesis doctorales. Entre ellos Laura Azcarate, Mario Marconi y Alejandro Hnilo en el CEILAP; Héctor Di Rocco, Lucia Scaffardi, Daniel Shinca, Mayo Villagrán, Graciela Bertucelli y Gabriel M. Bilmes en el CIOP.



Láser de Nitrógeno desarrollado en el CIOP en 1983

Entre 1983 y 1987, Oscar Martínez realizó una muy importante contribución al desarrollo de técnicas de generación y medición de pulsos láser ultracortos. Publicó varios trabajos sobre el tema que aún hoy tienen un importante impacto. Entre ellos “Design of high-power ultrashort pulse amplifiers by expansion and recompression”, publicado en el *IEEE Journal of Quantum Electronics* en agosto de 1987.



1984. Fotofísicos y Fotoquímicos en un taller conjunto sobre aplicaciones del láser. De izquierda a derecha: Andy Garcia, Mónica González, Oscar Martínez, Pedro Aramendía, Carlos Previtali, Juan Cossa, Héctor Ranea Sandoval, Emilio Petriella, Enrique San Román y Gabriel M. Bilmes

En 1988, Héctor F. Ranea Sandoval creó en Tandil el Laboratorio de Electrónica Cuántica en el Instituto de Física Arroyo Seco (IFAS) dependiente de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. En el IFAS, Roberto Gratton y un grupo de colaboradores ya se encontraba trabajando en láseres de nitrógeno y sus aplicaciones desde unos años antes.

Entre 1988 y 1990 comienzan a aparecer en el país los primeros láseres de corte. Uno de ellos instalado en el CIOp, que pasa a ser en ese momento el único laboratorio estatal del continente con una instalación láser industrial.

Hasta mediados de la década de 1990, fue fundamentalmente en el CIOp y en el CEILAP donde se llevaron a cabo las actividades de investigación y desarrollo en láseres realizadas en el país. Allí, a pesar de las dificultades presupuestarias y los problemas de la universidad, se formó la mayor parte de los investigadores, profesionales y técnicos con los que la Argentina cuenta en el área del láser.



Láser industrial de CO<sub>2</sub> para corte y perforado instalado en el CIOp en 1988.

## **5. La creación de la División Fotofísica de la AFA**

La década de 1990 fue una de las más graves para el sistema científico argentino y la Universidad pública. Malos salarios, pocas becas, falta de equipamiento, cierre virtual de las carreras del investigador, falta de cargos en la Universidad y hasta un Ministro de economía que mandó a los científicos “a lavar los platos”, fueron el

caldo propicio para la fuga de cerebros que se incrementó notablemente también entre los laseristas.

En este contexto, en 1993, se crea la División Fotofísica de la Asociación Física Argentina (AFA), integrando su primer Comité Ejecutivo los socios fundadores: Oscar E. Martínez, Héctor F. Ranea Sandoval y Gabriel M. Bilmes. Fotofísica es la primera División que creó la AFA. Durante esos años, la comunidad de laseristas se amplió con la participación activa de los fotoquímicos que, en la Argentina, tenían una escuela con una importante tradición. Desde el año 1993 al 2004, la división Fotofísica realizó regularmente dos reuniones anuales. Por un lado, un taller temático en el primer semestre del año y por otro, una actividad específica relacionada con la presentación de trabajos en la reunión anual de la AFA.

También en 1993, Oscar Martínez y Mario Marconi crearon el LEC, Laboratorio de Electrónica Cuántica en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, ámbito que recuperó así su presencia en esta temática después de casi 30 años.

Se estima que a principios de la década de 1990, exceptuando los láseres de He-Ne y los láseres de diodo, había funcionando en el país, más de 500 láseres (CO<sub>2</sub>, Nd-YAG, Argón, Excímeros). Casi un 70% estaba dedicado a aplicaciones médicas (más del 50% en oftalmología, el resto en cirugía y unos pocos en dermatología); entre un 10 y un 20% dedicado a aplicaciones militares (principalmente láseres de Nd-YAG instalados en telémetros para transportes blindados y en sistemas de guiado de proyectiles); poco más del 5% utilizado en investigación y unos pocos instalados en la industria y en espectáculos de luz y sonido.

## **6. El nuevo milenio y la consolidación de la fotónica en la argentina**

En los primeros años del nuevo milenio, las investigaciones vinculadas con las aplicaciones y el uso del láser se amplían consi-

derablemente y se consolidan en el país los grupos de investigación en estas temáticas. Ya desde mediados de los noventa las actividades relacionadas con el desarrollo y construcción de láseres habían comenzado a dejar de ser relevantes, para dar paso al desarrollo e implementación de técnicas, métodos de medición, caracterización y análisis basadas en el uso del láser. También se comenzaron a desarrollar activamente otras áreas, en consonancia con el impacto vertiginoso que adquirió en el mundo la *fotónica*, un nuevo campo de conocimiento científico- tecnológico asociado con la generación y manipulación de la luz, que incluye además de los láseres, las fibras ópticas, los LED's, los cristales líquidos, los cristales fotónicos y muchos otros dispositivos, instrumentos y materiales nuevos. Simultáneamente, el láser dejó definitivamente de ser un producto de laboratorio para impactar decisivamente en los más diversos ámbitos de la vida cotidiana.

En este contexto, en el año 2003, se crea el Laboratorio de Optoelectrónica y Metrología Aplicada (LOMA) de la Facultad Regional Delta (UTN), dirigido por Jorge Torga, físico formado en el LEC.

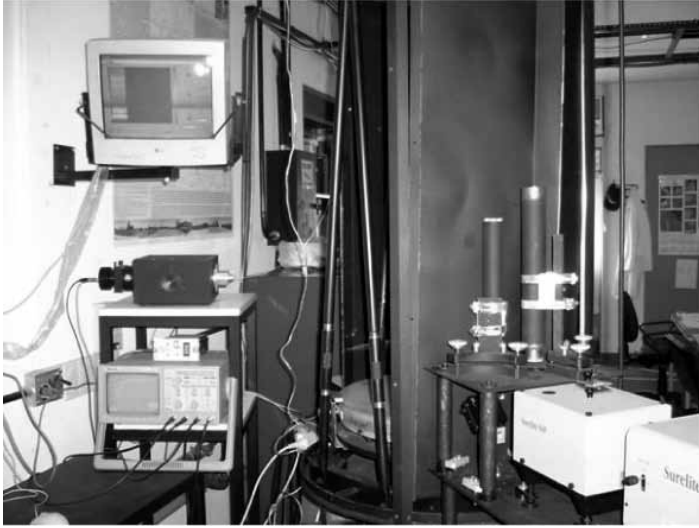
Por otro lado, entre el 2001 y el 2004, las divisiones Fotofísica y Óptica de la AFA constituyeron el Comité Territorial de Óptica de la Argentina (CTO), instancia que representa a toda la comunidad que trabaja en estas temáticas ante la *International Commission for Optics* (ICO). El CTO está integrado por los Comités Ejecutivos de ambas Divisiones y el representante ante la ICO, siendo el primero de los Representantes Internacionales el doctor Guillermo H. Kaufmann, del Laboratorio de Metrología Óptica del Instituto de Física de Rosario, de la UNR.

En 2005, se realizó el primer taller conjunto de las Divisiones Fotofísica y Óptica de la AFA en la ciudad de Tandil (TOPFOT I) organizado por el CTO. Continuando la modalidad iniciada por la División Fotofísica, el CTO mantuvo la realización de dos reuniones anuales. Por un lado, los Talleres TOPFOT y, por el otro, una actividad específica relacionada con la presentación de trabajos en la reunión anual de la AFA.

Entre 2005 y 2011, los talleres TOPFOT se realizaron anualmente y estuvieron centrados en diversas temáticas. Un aspecto destacado fue el afianzamiento de las relaciones con la comunidad científica brasileña, para lo cual en cada oportunidad se invitó a destacados investigadores de ese país. Otras actividades realizadas incluyeron la elaboración de un documento sobre *La Evaluación de las Actividades Científicas en la Argentina* (II TOPFOT), que se hizo público en 2006 y que tuvo considerable impacto; sobre la temática del agua (*Agua: un recurso natural bajo la lupa*, III TOPFOT, 2007); el desarrollo de fuentes alternativas de luz (IV TOPFOT, 2008); el desarrollo de nuevos materiales (*Fotónica para nuevos materiales y nuevos materiales para la fotónica*, TOPFOT V, 2009); *Óptica y Fotofísica en Métodos de Diagnóstico Médico* (TOPFOT VI, 2010); y *Metrología Óptica* (TOPFOT VII, 2011). La formación de recursos humanos fue una temática siempre presente en estas reuniones y, a partir de 2009, se comienzan a realizar regularmente, en el marco de los talleres, los *Encuentros de Estudiantes de Óptica y Fotofísica*, organizados por un activo y creciente grupo de jóvenes, con el apoyo del CTO. En el marco de estos encuentros se realizaron cursos cortos de dos días de duración, sobre temáticas de interés de los estudiantes.

También en 2005 inician su funcionamiento dos sistemas LIDAR instalados por investigadores del CEILAP-CITEDEF: uno en Villa Martelli y otro en Río Gallegos. Este último forma parte del Observatorio Atmosférico, estación medidora de ozono instalada en la Base Aérea Militar Río Gallegos. El sistema emisor de estos equipos es un láser de estado sólido de Nd:YAG, que emite en 1064 nm, a 10 Hz de repetición, con una energía por pulso de 600 mJ y su principal objetivo es la investigación del comportamiento de la capa de ozono.





Sistema LIDAR diseñado, desarrollado y construido en el CEILAP (CITEFA- CONICET) para el estudio de la troposfera desde los 300 m. hasta los 13,5 km.

## 7. Impacto tecnológico, desarrollo de empresas e innovación

Desde la creación, tanto del CIOp como del CEILAP, las actividades en este campo siempre tuvieron en cuenta las aplicaciones del láser y la posibilidad de realizar servicios y transferencias tecnológicas.

En 1985, Emilio Petriella creó LASER OPTICS, la primera empresa Argentina dedicada a láseres y aplicaciones, a la que más tarde se incorporarían Carlos Piaggio, Martín Monti y Rolando Korch. Petriella, licenciado en Física de la UBA, falleció en marzo del 2007 a los 56 años. Había sido uno de los pioneros en el desarrollo y construcción en el país de láseres de Nd:YAG, como investigador del CEILAP y en el *Instituto Nazionale di Ottica Applicata* (INOA), de Florencia, Italia.

La fotónica es un campo estrechamente ligado con la innovación tecnológica y la invención. Una de sus características más relevantes es la rapidez con la que un resultado científico es aplicado y transformado en un producto tecnológico y comercial. Se trata de un campo de conocimientos donde ciencia y tecnología interactúan permanentemente con muy alto impacto económico. Sobre todo a partir de la década de 1990, el mercado de la fotónica constantemente ha reflejado los cambios en la tecnología y las condiciones globales de la formas de producción mundial. Por estas razones, en el nuevo milenio, la fotónica pasó a ocupar un lugar de vanguardia en las tecnologías modernas y en el marco de una notable mejora económica y de políticas públicas de apoyo a la ciencia y la tecnología, ese impacto comenzó también a evidenciarse en nuestro país.

En 2007 un instrumento basado en ablación láser, desarrollado por investigadores del CIOp y el LEC ganó el primer premio del concurso INNOVAR 2007. En el mismo concurso, investigadores del LOMA-UTN-Regional Delta obtuvieron uno de los cinco premios de la categoría investigación aplicada, situación que se repitió en el concurso 2008 y en el 2010, con inventos basados en láser y tecnologías fotónicas, desarrollados por investigadores del CEILAP-CITEFA y de la Facultad de Ingeniería de la UBA.

En 2009, Oscar Martínez y Ulises Crossa Archiropoli crean la Empresa TOLKET dedicada al diseño, fabricación y comercialización de productos fotónicos. Entre 2007 y 2010, investigadores del CIOp que trabajan en el Proyecto IFOG (Interferential Fiber Optic Gyroscope) lograron instalar un equipo en el satélite VS-30 enviado al espacio en diciembre de 2007 desde la Base de Natal, Brasil, y posteriormente en el satélite Sac-D/Aquarius lanzado al espacio el 10 de junio de 2011, en el marco de un proyecto conjunto entre la CONAE argentina y la NASA de EEUU.

En 2010 se instalan en el país 3 sistemas láser de femtosegundos. Uno en el CIOp, otro en el Instituto de Química Física de los materiales, medio ambiente y energía (INQUIMAE) de la FCEyN-UBA y el tercero en el Instituto Balseiro, en Bariloche. Los dos primeros son

abiertos a la comunidad funcionando como “facilidad” para el desarrollo de proyectos de grupos de investigación del país y colaboraciones con grupos extranjeros. El sistema instalado en el CIOp incluyó además una estación de micromaquinado que permite la fabricación de piezas y dispositivos para la industria y la producción.

## **8. Una comunidad en crecimiento**

En la actualidad existen en el país una veintena de grupos de investigación y algo más de doscientos profesionales –la mayoría de ellos físicos, químicos e ingenieros– que trabajan con láseres en diversos temas de fotónica, en aplicaciones en óptica, en fisicoquímica, en comunicaciones, física atómica y molecular, en el estudio de materiales, en nanotecnología, en biología y biomedicina, en microscopía y en restauración y caracterización de objetos de valor patrimonial. Se encuentran en las principales Universidades e Institutos de investigación del país. En la Ciudad de Buenos Aires, La Plata, Tandil, Campana, Córdoba, Tucumán, Rosario, Salta, Corrientes y Bariloche. La mayoría de estos grupos desarrolla una importante tarea de formación de recursos humanos, estudiantes y graduados en Física, Química e Ingeniería. Mantienen contactos y convenios regulares con otras Universidades e Institutos de América Latina, Europa y los Estados Unidos y publican regularmente trabajos originales en revistas científicas nacionales e internacionales. En algunos de estos centros se realizan periódicamente cursos especializados para profesionales del país y del exterior.

Se trata de una comunidad pequeña aún, si se tiene en cuenta el impacto y la potencialidad de las temáticas en las que esta involucrada. En el contexto de crecimiento que ha tenido la Argentina desde 2003, empezó a evidenciarse la necesidad de formar más recursos humanos en este campo. Lamentablemente en las universidades argentinas aún no hay carreras de grado en estos temas y tampoco hay personal técnico que se capacite en estas áreas. Hasta la actualidad, la mayor parte de los profesionales con que cuenta el país en temas de fotónica se ha formado con postgrados.

Esta es una asignatura pendiente y junto a otras cuestiones ha formado parte de los debates y las temáticas que han tratado los Talleres Nacionales de Óptica y Fotofísica (TOPFOT), que desde 2005 se realizan en el país organizados por el CTO.

## **9. El futuro**

En los últimos 50 años el láser se convirtió poco a poco en una parte integral de la vida cotidiana, con miles de aplicaciones comerciales, medicas, militares y científicas. Hoy en día es difícil pensar un aspecto de la vida moderna que no este conectado con la tecnología láser. Los láseres han revolucionado las comunicaciones. Internet, las computadoras de alta velocidad y el mundo de la información no sería posible como lo conocemos si no fuera por la combinación de láseres, fibras ópticas y otros dispositivos fotónicos. Los láseres están presentes en los CD, DVD y Blue Rays que se utilizan para almacenar y reproducir música, videos, datos e imágenes y en la tecnología con la que se producen estos equipos. Los láseres se utilizan en la industria y la producción para cortar, perforar y soldar. Son empleados en cirugía, oftalmología, oncología, para análisis de la sangre, para la determinación del genoma humano, en dermatología, para depilación y en muchas otras aplicaciones médicas y biomédicas, mejorando la calidad de vida de muchas personas. En los lectores de códigos de barras de los negocios, en sistemas de seguridad de tarjetas de crédito y billetes, en máquinas que perforan túneles o controlan el movimiento de puentes. Y lamentablemente también para matar. La tecnología militar más moderna se nutre en forma directa de láseres y dispositivos fotónicos, para guiar misiles, como sensores, medidores de distancia y armas.

El láser es uno de los productos científico tecnológicos mas revolucionarios que ha inventado la humanidad y, como se decía al principio, ha contribuido a modificar la cultura, la economía y la vida de nuestras sociedades en forma radical. ¿Podemos imaginar cómo serán los próximos 50 años? No parece difícil. Ideas que hoy

parecen de ciencia ficción pueden ser en pocos años realidad. La luz podría reemplazar a los electrones haciendo desaparecer la electrónica, con transistores y chips enteramente basados en láseres y otros dispositivos fotónicos. La fusión que podría resolver muchos problemas energéticos del planeta podría ser llevada a cabo con láseres extremadamente potentes. Proyectores láser del tamaño de un celular, nanoláseres que podrían operar y controlar procesos en el cuerpo humano y cientos de otras aplicaciones similares ya son ideas en desarrollo.

Una vez más, como ocurre con muchos otros productos de la ciencia los láseres pueden ayudarnos a hacer de este un mundo mejor o contribuir a su destrucción. En países como el nuestro, un camino posible es identificar problemas y necesidades de nuestra sociedad que la fotónica podría contribuir a solucionar utilizando productos y tecnologías que ya existen en los países centrales, sobre todo aquellas que son de uso público y bajo costo. La combinación de láseres y otros dispositivos fotónicos puede dar valor agregado a la industria y la producción mediante el mejoramiento de la automatización y el control de calidad de productos y procesos. Asimismo, se puede contribuir a nuestra soberanía y al desarrollo de proyectos estratégicos, como el diseño y montaje de instrumentos y sensores para los satélites y radares que se están haciendo en el país. Finalmente, no se debería dejar de lado la importancia de la divulgación científica en estas temáticas, para que cada vez más activamente y con la información adecuada, nuestra sociedad pueda tomar decisiones sobre estas tecnologías, controlarlas y dirigir las para que puedan utilizarse como herramientas de paz y progreso.

## **Bibliografía**

Basov, N.G. y Prokhorov. A. M. (1954), "Application of molecular clusters to radiospectroscopic study of rotational spectra of molecules", *Zh. Eksperim i Teor. Fiz.* 27: 431-438.

Bertolotti, Mario (2010), "Why was the laser invented so late?", *Newsletter. International Commission for Optics*, 82: 1-2.

Bockasten, K, Lengyel B., Lundholm T. y Garavaglia M. (1965), “Espectroscopía de láseres en Hg I”, *46ª Reunión de la Asociación Física Argentina*.

Contreras R. H., Demichelli, J., Westerkamp J. F (1965), “Construcción y funcionamiento de un láser de Rubí”, *46ª Reunión de la Asociación Física Argentina*.

Einstein, Albert (1917), “Zur Quantentheorie der Strahlung”, *Physikalische Zeitschrift*, 18: 121-128.

Gaggioli N. (2004), comunicación personal.

Gaggioli N., Jordana C. A., Novarini J. C., Kurlat M., Westerkamp J. F. (1965), “Construcción y funcionamiento de un láser de gases”, *46ª Reunión de la Asociación Física Argentina*.

Geusic, J. E.; Marcos, H. M.; Van Uitert, L. G. (1964), “Laser oscillations in Nd-doped yttrium Aluminum, yttrium gallium and gadolinium garnets”, *Applied Physics Letters*, 4: 182-184.

Gordon, J. P., Zeiger H. J. and Townes C. H. (1954), “Molecular microwave oscillator and new hyperfine structure in the microwave spectrum of  $\text{NH}_3$ ”, *Physical Review*, 95: 282-284.

Hecht, J. (2005), “**The Race to Make the Laser**”, *Optics & Photonics News*, julio/agosto: 25-29.

Javan, A., Bennett, W.R. y Herriott, D.R. (1961), “Population Inversion and Continuous Optical Maser Oscillation in a Gas Discharge Containing a He-Ne Mixture”, *Physical Review Letters*, 63: 106-110.

Maiman T. H. (1960), “Stimulated Optical Radiation in Ruby”, *Nature*, 187 (4736): 493-494.

Ranea Sandoval H. F. (2010), comunicación personal.

Schawlow, A. L. y Townes C.H. (1958), “Infrared and optical masers”, *Physical Review*, 112: 1940-1949.

Townes, Charles H. (2003), *The First Laser. A Century of Nature: Twenty-One Discoveries that Changed Science and the World*. Chicago: University of Chicago Press.

White A.D. y Rigden J.D. (1962), “Continuous Gas Maser Operation in the Visible”, *Proc IRE*, 50: 1697. US Patent 3242439.