

UNICAMP



# Haces multiplicados

Investigador publica un artículo sobre la nueva generación de fibras ópticas en un importante periódico internacional

YURI VASCONCELOS

Publicado en marzo de 2010

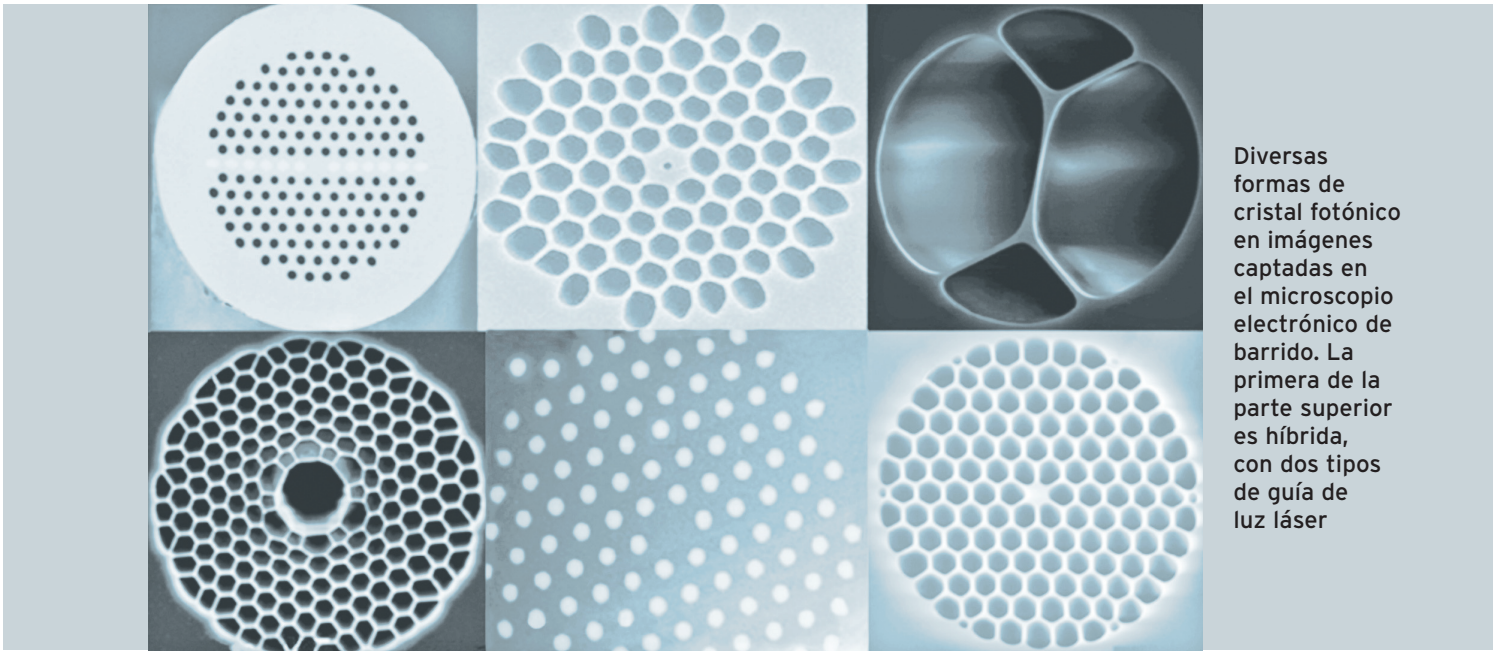
A mediados de la década de 1990, investigadores de la Universidad de Bath, Inglaterra, lograron crear y revelaron al mundo un nuevo tipo de fibra óptica, a la que denominaron fibra de cristal fotónico (o PCF, del inglés Photonic Crystal Fiber). Esta innovación, de acuerdo con sus inventores, aportaría diversas ventajas y tendría propiedades mucho más interesantes que la fibra óptica convencional, un tipo de filamento de sílice o material polimérico del espesor de un cabello, capaz de transmitir en alta velocidad datos en forma de luz. Pasados 15 años desde ese descubrimiento, las PCF's se emplean en diversas aplicaciones —desde amplificadores de señal en redes de transmisión de datos hasta tomógrafos ópticos computarizados, pasando por dispositivos de láser, sensores ultrasensibles y fuentes de luz—, pero no han reemplazado totalmente a la fibra tradicional. En enero de este año, el ingeniero electricista Arismar Cerqueira Sodré Júnior, docente de la Facultad de Tecnología (FT) de la Universidad Estadual de Campinas (Unicamp), del *campus* de la ciudad de Limeira, publicó un artículo, intitulado “Recent progress and novel applications of photonic crystal fibers”, en la revista *Report on Progress in Physics*, en el cual discurre sobre las aplicaciones y el estado de arte de esta nueva tecnología.

De entrada en el texto, Cerqueira, de 31 años, reproduce una indagación del físico irlandés Philip Russell, de la Universidad de Erlangen-Nuremberg, Alemania, inventor de este nuevo tipo de fibra óptica: ¿las fibras de cristal fotónico podrían significar el comienzo

de una nueva era en las comunicaciones ópticas? Y en la conclusión del artículo de 21 páginas, Cerqueira deja en el aire otro cuestionamiento provocativo: ¿la tecnología PCF puede hacer que se vuelva obsoleta la fibra óptica convencional? Este estudio fue escrito debido a una invitación de los editores de la publicación, considerada una de las tres más prestigiosas del área de fotónica a nivel mundial, con factor de impacto 12,09. Este factor se relaciona con la cantidad de veces que los artículos que la misma divulgó son citados por otros autores en sus trabajos. De acuerdo con los editores de *Report on Progress in Physics*, la versión electrónica del *paper* —técnicamente es una revisión, pues no presenta ningún nuevo descubrimiento, pero revisa todo lo que existe sobre el tema en cuestión—, tuvo más de 250 descargas durante los 11 primeros días después de su publicación el 21 de enero, meta alcanzada por tan sólo el 10% de todos los artículos divulgados en periódicos publicados por el Institute of Physics (IOP, sigla en inglés), de Inglaterra.

Las PCF's suscitan muchas preguntas, pero también brindan muchas respuestas. Para entender mejor las perspectivas futuras de este nuevo tipo de fibras es fundamental entender cómo funcionan, cuáles son sus potencialidades, en qué aparatos se las utiliza y cómo se distinguen de la tecnología tradicional. Mucho más eficiente que el alambre de cobre, la fibra óptica convencional se fabrica con una capa externa y un núcleo, generalmente confeccionados en sílice. Su principio de funcionamiento es sencillo: un haz de láser es lanzado en un extremo de la fibra que, debido a las características ópticas del material,

Las fibras de cristal fotónico representan un nuevo momento en la era de las comunicaciones ópticas



Diversas formas de cristal fotónico en imágenes captadas en el microscopio electrónico de barrido. La primera de la parte superior es híbrida, con dos tipos de guía de luz láser

UNICAMP Y UNIVERSIDAD DE BATH

recorre dicha fibra por medio de sucesivas reflexiones. La capacidad de confinar a la luz y hacerla viajar en su interior ocurre en función de que el núcleo posee un índice de refracción superior al de la capa externa. Para llegar a este índice en un nivel más elevado, el sílice interno es enriquecido —o dopado— con átomos de otro material, como el germanio. Una de las diferencias entre la fibra de cristal fotónico y la convencional consiste en que la primera no necesariamente debe contener elementos dopantes en su núcleo. La diferencia de refracción entre el revestimiento externo y el núcleo de la fibra ocurre debido a la existencia de un conjunto regular de pequeños orificios en forma de túneles que corren paralelos al eje de la fibra y por toda su longitud. Estos agujeros tienen un diámetro del orden del micrón, el equivalente a la milésima parte de un milímetro.

Otra particularidad de la fibra de cristal fotónico, que es fabricada por grandes compañías como Alcatel-Lucent, de Francia, Sumitomo, de Japón, Corning, de Estados Unidos, y DraKa, de Holanda, es que pueden tener geometrías variadas y son elaboradas con diversos materiales, entre ellos sílice puro o dopado, polímeros, líquidos, metales, otros tipos de vidrio e incluso aire y gases. La posibilidad de variar la geometría y la materia prima es ventajosa, pues le permite al fabricante

proyectar su microestructura de manera tal de obtener una fibra de propiedades definidas de acuerdo con las necesidades en cada caso. Así es posible conducir la luz mediante distintos mecanismos de propagación en una gran variedad de longitudes de onda. “La PCF contempla las exigencias del mercado global, que demanda dispositivos de pequeñas dimensiones, bajo peso y escaso consumo de energía. Permite un mejor aprovechamiento de la luz, y eso aumenta el desempeño de los dispositivos ópticos y la precisión de aparatos tales como los sensores de temperatura y de presión, los biosensores, los detectores de campo eléctrico y los sensores de gases, entre otros”, afirma Cerqueira.

**Miles de kilómetros de fibra** - Para el investigador, la invención de la tecnología PCF y su salida al mercado representan efectivamente un nuevo momento en la era de las comunicaciones ópticas, pero que no derivará en la obsolescencia de la fibra óptica tradicional. “Actualmente existen centenas de miles de kilómetros de fibras instaladas en el mundo que atraviesan continentes y el fondo del mar, con una vasta aplicación en telecomunicaciones. Sería inviable reemplazar todos esos cables ópticos por PCF. La nueva fibra es una tecnología complementaria utilizable para aplicaciones en campos

tan diversos como la medicina, el sensoramiento, las telecomunicaciones y la metrología, entre otros”, dice.

En su artículo, Cerqueira discurre sobre los nuevos tipos de fibras de cristal fotónico, entre ellas la PCF híbrida que él ayudó a inventar durante su doctorado en la Scuola Superiore Sant’Anna, Italia, con un período de estudios en la Universidad de Bath, donde se integró al grupo del profesor Jonathan Knight, responsable de la producción de la primera PCF del mundo. La fibra híbrida alía las características de conducción de la luz de los dos tipos de PCF hasta ese entonces existentes. En la primera categoría de PCF, la conducción de la luz se da de manera similar a como sucede con la tecnología tradicional, por la reflexión interna de la luz en el núcleo de la fibra, mientras que en el segundo grupo, la luz se mueve mediante un nuevo efecto, denominado *photonic bandgaps*, y transita por ventanas específicas de frecuencia establecidas en el proyecto de la fibra. De acuerdo con el profesor de la Unicamp, la PCF híbrida fue la primera conductora de onda óptica que hizo factible la conducción de la luz por los dos mecanismos de propagación simultáneamente. Una de las áreas más prometedoras para el uso de las PCF’s, según Cerqueira, es el desarrollo de los llamados dispositivos ópticos no lineales, empleados en telecomunicaciones y producidos con algunas



decenas de metros de fibra óptica. Según él, en este campo existen actualmente equipos en el mercado, tales como las fuentes de supercontinuo, un efecto caracterizado por la generación de una luz láser muy fuerte y de longitud de onda extensa. “El supercontinuo se emplea en tomógrafos computarizados, en equipos para la caracterización de fibras y dispositivos ópticos, y en sistemas de múltiples longitudes de onda para aparatos de comunicación llamados DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing o multiplexado por división de longitud de onda densa), presentes en todos los sistemas de telecomunicaciones”, dice. Las empresas Fianium, de Inglaterra, y RPMC Lasers, de Estados Unidos, son dos de las principales fabricantes de fuentes de supercontinuo con fibra de cristal fotónico.

Otro uso posible para esta tecnología es el desarrollo de los llamados peines de frecuencia, que son fuentes de múltiples longitudes de onda con variadas aplicaciones. Pueden usarse como medidores de frecuencia, para la generación de pulsos ultracortos y en aparatos de metrología y espectroscopía óptica de alta resolución. Por ahora, ninguno de estos usos existe comercialmente.

La PCF también puede emplearse como conductor de luz en zonas del infrarrojo cercano y lejano y en sensores, para detectar escapes de gases en procesos industriales y en atentados terroristas. “En esa zona, la fibra tradicional no funciona, pues experimenta una gran pérdida óptica. La luz no avanza ni siquiera a lo largo de un metro con la tecnología tradicional, en tanto que con la PCF puede ‘viajar’ por decenas de metros”, afirma el investigador de la Unicamp. La empresa NKT Photonics, de Dinamarca, comercializa productos

basados en la tecnología PCF para la región del infrarrojo. Las PCF’s también son capaces de conducir la luz en la región de frecuencia electromagnética de terahertz (THz), franja igualmente impedida para la fibra tradicional. Para Cerqueira, la propagación de la luz en esta franja es una tecnología clave para destrabar los cuellos de botella existentes en lo que hace a la transmisión de datos entre la microelectrónica y la comunicación óptica. “Hoy en día, la capacidad de transmisión de datos de los sistemas ópticos puede considerarse infinita, o al menos, de alguna magnitud superior a las demandas de tránsito de los sistemas de comunicaciones. Sin embargo, debido a la limitación de los componentes electrónicos, la banda de transmisión es subutilizada. Con la conducción de la luz en THz, el límite de transmisión de datos puede aumentar en algunas decenas de terabytes por segundo, lo que redundaría en una mejora en el desempeño de los sistemas de comunicación mundiales hasta mil veces.”

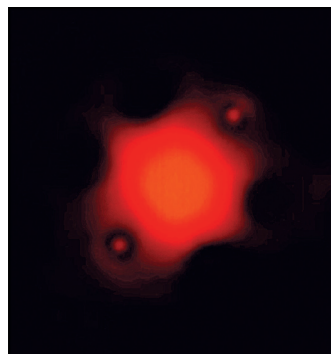
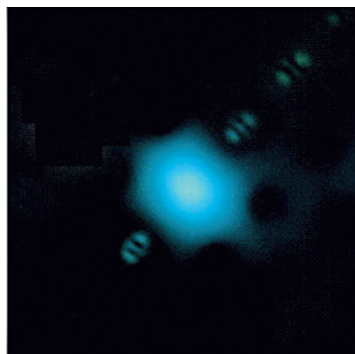
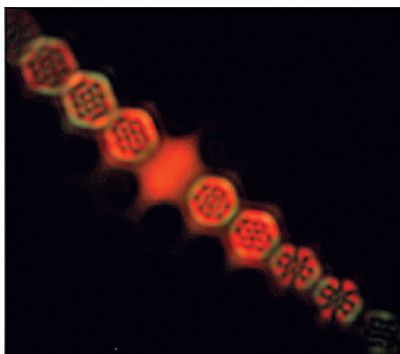
**El aporte brasileño** - Brasil puede ser considerado uno de los centros avanzados de investigación en PCF. Trabajos relevantes del profesor Cerqueira y de otros investigadores se están realizando en el Instituto de Física Gleb Wataghin de la Unicamp, que desde hace más de 30 años desarrolla investigaciones en el área de fibra óptica e integra el Centro de Investigaciones en Óptica y Fotónica (CePOF) de Campinas, uno de los Centros de Investigación, Innovación y Difusión (Cepid) de la FAPESP. Además del CePOF, la Unicamp participa en otro gran proyecto que tiene a las PCF’s en una de sus líneas de investigación: el Fotonicom, uno de los Institutos Nacionales de Ciencia y Tecnología (INCTs) que

cuentan con el apoyo de la Fundación y el del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq). Una de las innovaciones surgidas en la Unicamp fue una fibra de cristal fotónico con electrodos (alambres de cobre) integrados a ésta. Con dicha innovación es posible aplicar voltaje a la fibra o hacer pasar corriente eléctrica junto a la conducción de luz. De esta manera, el haz luminoso puede modularse con la corriente eléctrica y así abrir nuevas posibilidades de empleo de la fibra en sensores destinados a la detección de gases y moduladores ópticos para redes de transmisión de datos. También cabe destacar los experimentos realizados en el Laboratorio de Fenómenos Ultrarrápidos, coordinado por el profesor Carlos Henrique de Brito Cruz, director científico de la FAPESP. Un artículo publicado por Cerqueira y Brito en la revista *Optics Letters* en 2008, muestra el desarrollo de un conversor de frecuencia para la transferencia de energía entre bandgaps fotónicos. Puede leerse más acerca de otros experimentos realizados en la Unicamp con fibras PCF’s en las ediciones 106 y 147 de *Pesquisa FAPESP*. ■

#### Artículos científicos

1. CERQUEIRA S. JR., A. Recent progress and novel applications of photonic crystal fibers. **Reports on Progress in Physics**. v. 73. 2010. Online.
2. CERQUEIRA S. JR., A.; CORDEIRO, C.M.B.; BIANCALANA, F.; ROBERTS, P. J.; HERNANDEZ-FIGUEROA, H. E.; BRITO CRUZ, C. H. Nonlinear interaction between two different photonic bandgaps of a hybrid photonic crystal fiber. **Optics Letters**. v. 33, p. 2.080-82. 2008.
3. CERQUEIRA S. JR., A.; LUAN, F.; CORDEIRO, C. M. B.; GEORGE, A. K.; KNIGHT, J. C.. Hybrid photonic crystal fiber. **Optics Express**. v. 14, p. 926-31. 2006.

UNICAMP



**Demostración de fibras de cristal fotónico híbridas: sin filtro, a la izquierda, y con filtro, azul y anaranjado. Múltiples longitudes de onda electromagnética**