El blanco y el plateado: las elegantes instalaciones del Soar y su vecino el Gemini Sur, al fondo

RICARDO ZORZETTO

Rumbo a las estrellas

Instrumentos astronómicos fabricados en Brasil forman parte del telescopio Soar, ubicado en los Andes chilenos

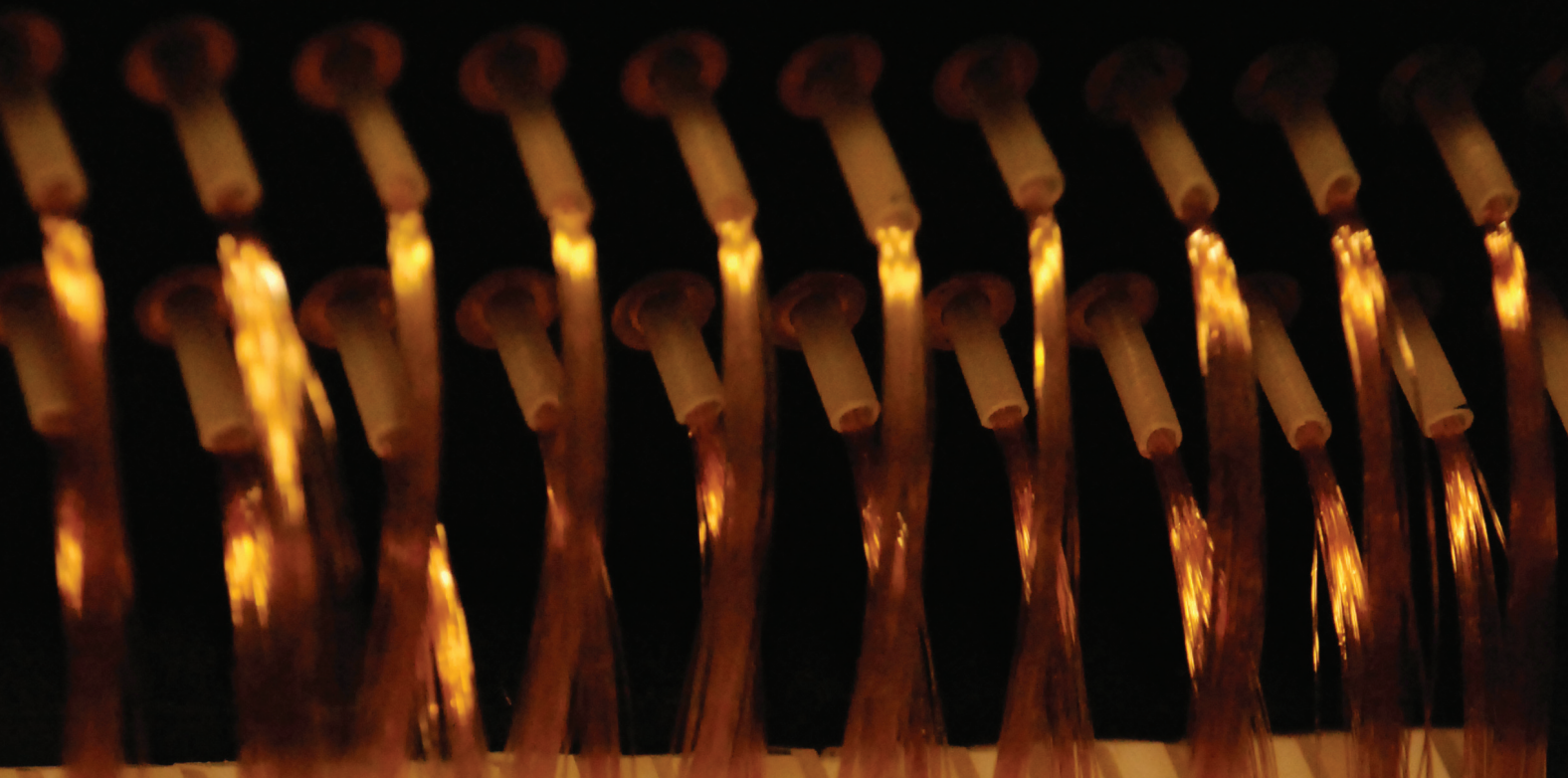
Ricardo Zorzetto,
desde Cerro Pachón

Publicado en marzo de 2010

El físico Antônio César de Oliveira casi no vio la luz del día durante la última semana de enero. Junto al astrónomo Flávio Ribeiro y al ingeniero mecánico Fernando Santoro, pasó cinco días seguidos trabajando en una sala sin ventanas en la cima de una montaña pedregosa y sin vegetación de los Andes chilenos. Salían del dormitorio a la mañana, recorrían tres kilómetros por un estrecho y polvoriento camino de tierra y regresaban recién a la noche tarde, cuando una cantidad incontable de estrellas poblaba el cielo. Tenían poco tiempo y mucho que hacer. Con la ayuda de técnicos chilenos, estaban conectando el mayor y más complejo artefacto astronómico que se haya fabricado en Brasil al telescopio del Observatorio Austral de Investigación Astrofísica (Soar), construido con financiación brasileña y estadounidense cerca de la ciudad de Vicuña, en el norte de Chile.

Con alrededor de 3 mil piezas y un peso de poco más de media tonelada, el aparato que los brasileños estaban instalando a finales de enero pasado es un espectrógrafo, un instrumento que descompone la luz en los diferentes colores (espectros) que la componen, algunos de los cuales son invisibles al ojo humano, como el ultravioleta y el infrarrojo. En el interior de dicho espectrógrafo, la luz de astros cercanos o lejanos explota en una sucesión de colores del arco iris, pero en proporciones que varían de acuerdo con la composición química del objeto observado.

Pero el instrumento instalado en el Soar no es un espectrógrafo cualquiera. El aparato que llegó a las instalaciones del observatorio emplazado en Cerro Pachón el 10 de diciembre, al cabo de viajar casi 3.500 kilómetros por aire y tierra desde los talleres del Laboratorio Nacional de Astrofísica (LNA) ubicados en la localidad



Hilos de luz: 1.300 fibras conectan el telescopio al espectrógrafo Sifs

de Itajubá, Minas Gerais, posee innovaciones tecnológicas que lo hacen único en el mundo. Una de las características que hacen del Espectrógrafo de Campo Integral del Soar (Sifs) un instrumento especial es su capacidad de fraccionar la imagen de un objeto celeste en 1.300 partes iguales, y al mismo tiempo registrar el espectro de todas ellas. Dentro de algunos meses, cuando esté funcionando con todo su potencial, el Sifs permitirá evaluar la composición química de 1.300 puntos de una galaxia con una sola medición realizada en pocos minutos, por ejemplo; una tarea que hasta ahora requería centenas de mediciones distintas.

"Para los astrónomos, eso es mucha información", explicó el físico Clemens Gneiding en octubre pasado, durante la etapa final de montaje del Sifs en los laboratorios del LNA, antes de su embarque hacia Chile. Y es no sólo eso. Este espectrógrafo fue proyectado para tener un altísimo poder de resolución espacial. "Puede distinguir objetos muy cercanos en el cielo, separados por un segundo de arco [la unidad de medida de ángulo]", añadió. En términos más concretos, esto corresponde al tamaño de una pelota de fútbol vista a 50 kilómetros de distancia, algo tremendamente pequeño.

La tarde del 28 de enero, el equipo brasileño corría de un lado al otro dentro del edificio blanco reluciente del Soar, que pueden ver de lejos los pasajeros de los vuelos que aterrizan en la zona. Estaban intentando terminar de hacer la conexión del Sifs antes que la semana se fuese. "Una semana es muy poco tiempo para culminar la instalación y hacer los ajustes necesarios", afirmó Santoro, responsable de la parte mecánica del proyecto.

"Lo más complicado es instalar el cable con las fibras ópticas que unen ambas partes del espectrógrafo", comentó Oliveira, mientras evaluaba la mejor manera de poner en la base del telescopio el tubo flexible de ocho centímetros de diámetro y 14 metros de longitud que lleva dentro las fibras de vidrio superdelgadas –tienen la mitad del espesor de un cabello– que conducirán la luz del primero al segundo módulo del instrumento. "Debemos ser cuidadosos, porque estas fibras se moverán algunos centímetros para acompañar los movimientos del telescopio, pero no pueden quedar tensadas", explicó el físico experto en óptica, coordinador del Laboratorio de Fibra Óptica del LNA. De quedar sometidas a la tracción, las fibras pueden romperse y así quedaría ciego el espectrógrafo, que vale 1.800.000 dólares, que fue financiado por la FAPESP.

Con el Sifs en actividad, la luz que colecta el espejo de 4,1 metros del Soar se focalizará en el llamado módulo preóptico del espectrógrafo, una caja negra rectangular algo mayor que la caja de una computadora, acoplada a la base del telescopio. En el interior de dicho módulo, un conjunto de lentes amplifica de 10 a 20 veces la intensidad de la luz y la lanza sobre 1.300 microlentes. A su vez, cada microlente orienta la luz que recibe a una de las 1.300 fibras ópticas, que al igual que los cables eléctricos de una casa, la conducen hasta el segundo y el mayor módulo del equipo: el espectrógrafo de banco, instalado dos metros abajo, en la torre de sustentación del telescopio. Allí, otras 18 lentes –algunas pueden girar hasta 130 grados con una precisión de milésimas de milímetro– ora dispersan, ora alinean, ora hacen convergir los haces luminosos hasta que lleguen al sensor donde serán registrados.

Sin descanso: el equipo de instrumentación del Soar realiza ajustes en el aparato que llegó en diciembre

La elección de un tipo de fibra óptica tan delicada y delgada fue una apuesta arriesgada de los investigadores brasileños. El núcleo de estas fibras, por donde efectivamente pasa la luz, mide tan sólo 50 micrones (milésimas de milímetro) de espesor, y en esa época, distintos grupos de investigación afirmaban que fibras de menos de 100 micrones ocasionarían una pérdida de buena parte de la luz que debería llegar al segundo módulo del espectroscopio. Basado en los buenos resultados de un aparato construido en Australia, el equipo que proyectó el Sifs decidió probar con una fibra más delgada. Pero fue un riesgo muy bien calculado. Antes de destinar tanto esfuerzo y dinero al aparato, construyeron en asociación con los australianos una versión menor del espectrógrafo, que funciona hace más o menos dos años –y muy bien, dicho sea de paso– en el telescopio del Observatorio de Pico dos Dias, en la localidad de Brasópolis, vecina de la mencionada Itajubá.

Motivos no faltaban para justificar la inversión en innovación, y uno de ellos es económico. Cuanto menor es el diámetro de las fibras, más cercanas entre sí puede alineárselas en la entrada del segundo módulo del aparato. Como consecuencia de ello, también se reducen las dimensiones de las lentes y las de los otros componentes ópticos, cuyo precio aumenta de manera proporcional al tamaño. "El uso de fibra con el doble de diámetro haría que el tamaño del espectrógrafo se duplicase", comenta el astrónomo Jacques Lépine, del Instituto de Astronomía, Geofísica y Ciencias Atmosféricas de la Universidad de São Paulo (IAG-USP), el primer coordinador del proyecto que desarrolló el Sifs en colaboración con Gneiding, del LNA. En el caso de este espectrógrafo, duplicar el tamaño del segundo módulo –un octógono de 70 centímetros de altura y 2,4 metros en su mayor dimensión– significaría dejarlo con la altura casi de una persona y el ancho de un amplio dormitorio de departamento.

En los 15 metros que separan el foco del telescopio del sensor del espectrógrafo, la luz ya tenue de las estrellas, las galaxias o los planetas sufre una serie de desvíos y reflexiones, y pierde intensidad. Y cuanto menos intensa es, peor es la definición del espectro que produce el aparato. Los

LOS PROYECTOS

1. *Construcción de dos espectrógrafos ópticos para el telescopio Soar – nº 1999/03744-1*
2. *Steles: espectrógrafo de alta resolución para el Soar – nº 2007/02933-3*
3. *Evolución y actividad de galaxias – nº 2000/06695-0*
4. *Una nueva física en el espacio – La formación y la evolución de estructuras en el Universo – nº 2006/56213-9*

MODALIDAD

1. Ayuda Regular a Proyecto de Investigación
2., 3. y 4. Proyecto Temático

COORDINADORES

1. Beatriz Leonor Silveira Barbuy – IAG/ USP
2. Augusto Damineli Neto – IAG/ USP
3. Ronaldo Eustáquio de Souza – IAG/ USP
4. Reuven Opher – IAG/ USP

INVERSIONES

1. R$ 3.254.030,59 (FAPESP)
2. R$ 1.373.456,33 (FAPESP)
3. R$ 1.520.687,31 (FAPESP)
4. R$ 1.926.187,91 (FAPESP)

FOTOS RICARDO ZORZETTO

investigadores redujeron esa pérdida empleando espejos de mayor capacidad reflexiva y lentes con tratamiento antirreflejo, que evitan la pérdida de luz. Así lograron asegurar la llegada al sensor del Sifs de entre el 80% y el 85% de la luz que capta el telescopio.

El Sifs, planificado hace poco más de una década, integra la primera generación de aparatos del Soar, que recién estará completa en 2011, con la instalación del cuarto y último instrumento que Brasil se comprometió a suministrar. "En la creación del consorcio que administra el telescopio, el país quedó a cargo de la fabricación de estos artefactos", dice Beatriz Barbuy, astrofísica del IAG-USP y coordinadora del Proyecto Temático que financió la construcción del espectrógrafo.

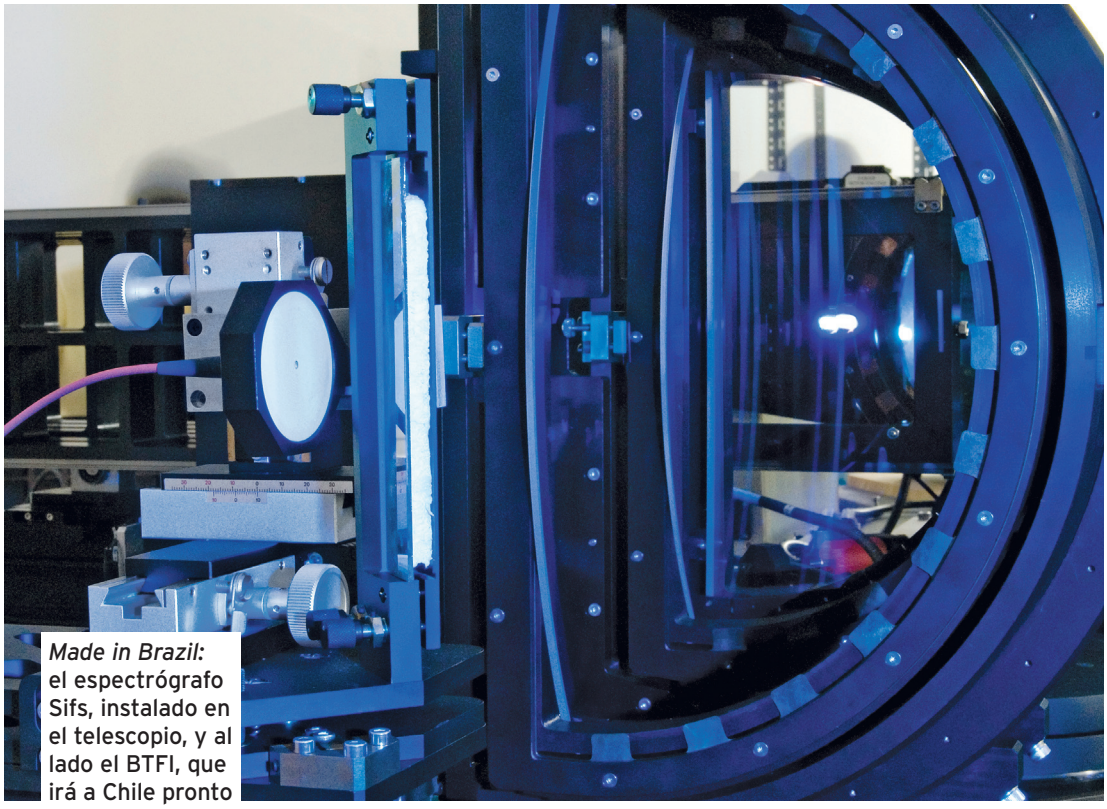
Fueron casi 10 años de trabajo desde la concepción hasta la instalación del aparato, que se valió de la mano de obra y del conocimiento de al menos 20 investigadores y técnicos altamente especializados. La ejecución del proyecto también requirió la formación de una asociación poco común en el país entre universidades, institutos de investigación y empresas privadas.

La primera generación de aparatos se completará recién en 2011, con la instalación del cuarto y último instrumento del telescopio que el país se comprometió a suministrar

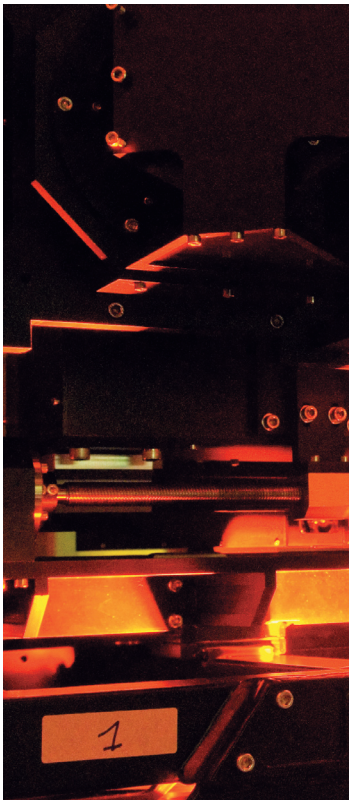
"No existía en Brasil la cultura y la pericia como para producir equipamientos de astronomía de tal porte", comenta Keith Taylor, astrofísico inglés que coordinó el grupo de óptica del Observatorio Anglo-australiano en Australia, quien desde hace dos años gerencia el desarrollo de instrumentos del Soar.

El tiempo de producción del Sifs, dicen los investigadores, podría quizás haber sido mucho menor en caso de que en el país fuese más fácil el acceso a los materiales que debían importarse. Parte del retraso obedeció a complicaciones en la importación de piezas tales como las lentes de fluoruro de calcio que suministra la empresa estadounidense Harold Jonhson, que tardaron nueve meses para llegar a Brasil, y de la fibra óptica adquirida a Polymicro Technologies, también de Estados Unidos.

A mediados de 2009, pocos meses antes de que el Sifs saliera rumbo a Chile, otro aparato proyectado y construido con la participación de brasileños había sido conectado al Soar: la cámara Spartan, especializada en producir imágenes en el infrarrojo, la forma de radiación



Made in Brazil: el espectrógrafo Sifs, instalado en el telescopio, y al lado el BTFI, que irá a Chile pronto



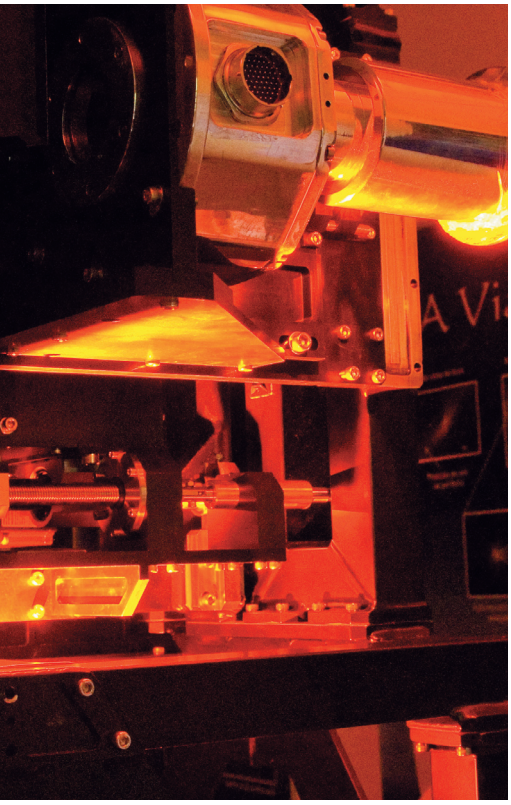
electromagnética que detectan los seres humanos bajo la forma de calor y que es capaz de atravesar las gigantescas nubes de polvo interestelar que ocultan a las galaxias y a las cunas de estrellas. La Spartan, parte del primer grupo de instrumentos fabricados específicamente para este telescopio, reemplazó a una cámara prestada proveniente del telescopio Blanco del Observatorio Interamericano de Cerro Tololo, ubicado a unos 10 kilómetros al noroeste del Soar, en una de las innumerables montañas rojizas de la cordillera.

La astrónoma Sueli Viegas, jubilada de la USP, dio inicio hace alrededor de ocho años, en cooperación con la Universidad de Michigan, Estados Unidos, al proyecto que desembocó en desarrollo de la Spartan. "Brasil participó en la elaboración del proyecto óptico y mecánico de esa cámara y compró dos de los cuatro detectores infrarrojos", comenta Ronaldo de Souza, astrónomo del IAG que se hizo cargo de la coordinación del proyecto luego de la mudanza de Sueli a Estados Unidos.

Solamente esos dos detectores costaron alrededor de 700 mil dólares, la mitad pagada con fondos del proyecto de Sueli Viegas y la otra mitad costeada por el Instituto del Milenio coordinado por Beatriz Barbuy, del IAG-USP, y Miriani Pastoriza, de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul. Desde septiembre de 2009, la Spartan funciona en modo experimental. En esta fase, los astrónomos están aprendiendo a operar el equipamiento, que aún puede requerir ajustes, y no hay garantías de que las observaciones sean muy precisas. "El Soar fue proyectado para tener un alto desempeño, con aparatos de altísima calidad óptica", afirma Keith Taylor.

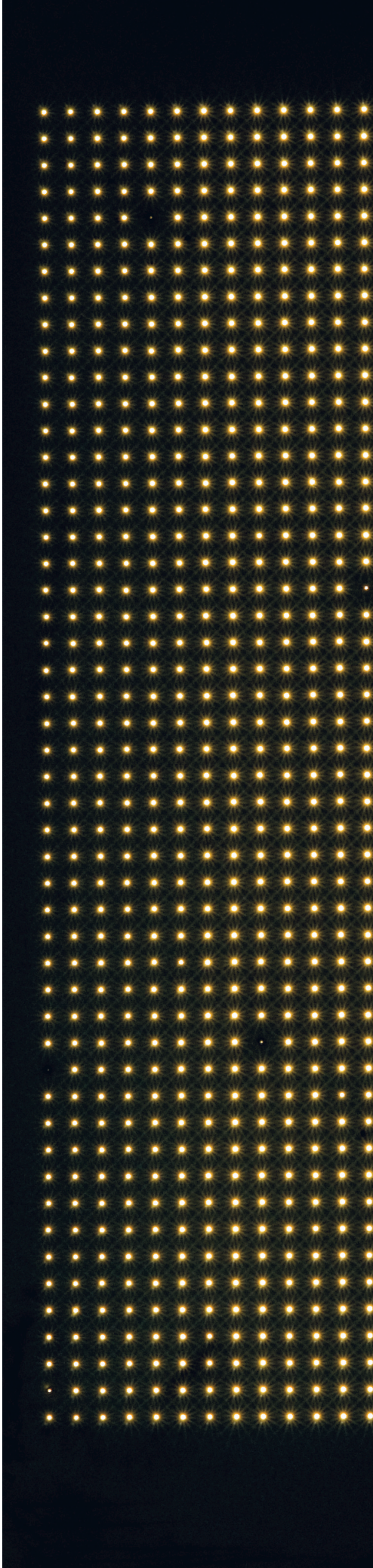
Poco más de cinco años después de la conclusión del edificio y del montaje del telescopio, el Soar va cobrando vida y volviéndose independiente. Está prevista para este mes la entrega del filtro de imágenes ajustable brasileño (BTFI), un aparato de un costo de 2,2 millones de dólares que permitirá detectar la composición química y medir los movimientos relativos internos de los cuerpos celestes. "Este instrumento irá acoplado a un módulo que corrige los efectos de la turbulencia en la atmósfera", comenta Claudia Mendes de Oliveira, de la USP. "Aliada a la calidad de imagen del BTFI, esta corrección redundará en imágenes de una nitidez inédita, que dotarán al Soar de una capacidad que otros telescopios del mismo porte no poseen", dice la astrofísica, quien coordinó los equipos de Brasil, Francia y Canadá que construyeron el BTFI.

"La producción de estos instrumentos significó el comienzo de una nueva era en la astronomía brasileña y dio impulso a la instrumentación astronómica nacional", afirma Beatriz Barbuy. Sucede que estos caros aparatos, ideados con el objetivo de ampliar la comprensión humana del Universo, contienen una gran cantidad de piezas muy pequeñas que se encajan y se mueven con gran precisión. "Solamente



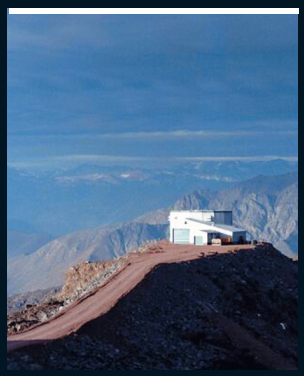
FOTOS EDUARDO CESAR

El ordenamiento de fibras ópticas requirió precisión y suma paciencia

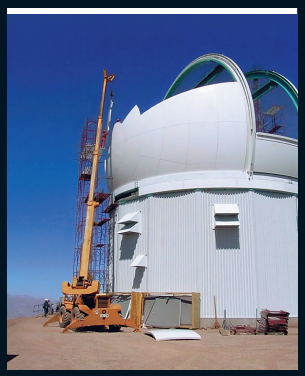


El nacimiento de un telescopio

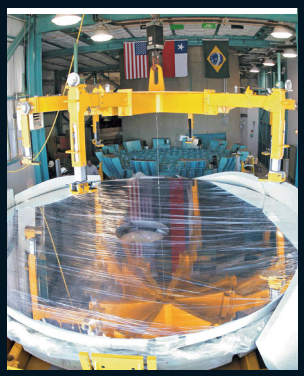
Dos años después de la aprobación del proyecto, en 1998, empezaron las obras, con la explosión de la cumbre del Cerro Pachón en Vicuña, norte de Chile, y la extracción de 13 mil metros cúbicos de piedras para aplanar el lugar que sería sede del Soar



Aproximadamente un año después, comienzan a cobrar cuerpo las instalaciones que albergarán el telescopio y la sala de control, erigidas en un terreno ubicado a 2.701 metros sobre el nivel del mar y a 80 kilómetros del Océano Pacífico



En 2002 llega al edificio la cúpula metálica de 14 metros de altura fabricada en la empresa Equatorial de la localidad de São José dos Campos, interior paulista, que protege al telescopio durante el día y cuando la humedad del ambiente aumenta por las noches



El espejo de 4,1 metros de diámetro y un poder de captación de luz 350 mil veces superior al del ojo humano llega al Soar en enero de 2004, luego de viajar casi 10 mil kilómetros desde el sitio de su fabricación en Estados Unidos

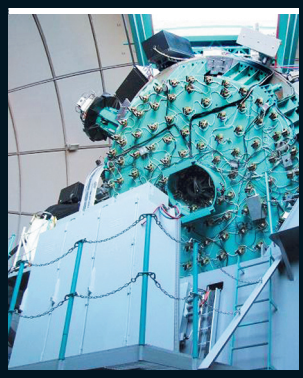
para el BTFI suministramos alrededor de 1.500 piezas", comenta Paulo Silvano Cardoso, director de la empresa de material optomecánico Metal Card, con sede en la localidad de São José dos Campos, interior de São Paulo.

"En 10 años Brasil estableció un programa de instrumentación de nivel internacional", afirma João Steiner, el astrofísico del IAG-USP que integró el consejo directivo del Soar durante 12 años y participó en el proyecto del telescopio desde su concepción en 1993 (l*ea en* Pesquisa FAPESP *nº 98*). Steiner comenta que los investigadores brasileños incluso intentaron empezar a producir instrumentos astronómicos años atrás, cuando el país pasó a formar parte del consorcio del observatorio Gemini, que cuenta con dos telescopios con espejos de 8,2 metros, uno instalado en Hawai y otro a 350 metros del Soar, en Cerro Pachón, a 2.701 metros sobre el nivel del mar. Pero el proyecto no prosperó. "El salto era demasiado grande", explica Steiner, quien llegó a estar internado a causa del nivel de estrés que padeció durante la construcción del telescopio.

A comienzos de 2011 estará listo un cuarto instrumento: el espectrógrafo *échelle* del telescopio Soar (Steles), que el equipo del astrónomo Bruno Vaz Castilho construye actualmente en los laboratorios del LNA. De modo análogo al Sifs, el espectroscopio que los brasileños instalaban en enero en el edificio de Cerro Pachón, el Steles también analizará los colores de la luz que emiten las estrellas y las galaxias. La diferencia radica en que escrutará una proporción mayor del espectro de la luz visible, y con mejor resolución. Puede parecer redundante el uso de dos instrumentos de la misma familia, pero no es así. Cada uno tiene aplicaciones específicas. Mientras que el Sifs

> **En diez años, en Brasil se logró afianzar un programa de instrumentación astronómica de nivel internacional, con beneficios también para la industria**

FOTOS SOAR/ LNA/ MCT



Durante la noche del 17 de abril de 2004, el telescopio hizo su primera observación, o, al decir de los astrónomos, vio su primera luz, mediante el empleo de equipamientos prestados provenientes de otros observatorios

genera 1.300 espectros en una sola exposición, el Steles produce solamente uno. "Como el Steles registrará todo el espectro de la luz visible al mismo tiempo, permitirá analizar diferentes características del objeto observado, tales como la composición química, la temperatura y la velocidad de rotación o de alejamiento", comenta Castilho.

"Con la entrega de estos equipos, la primera y la segunda generación de instrumentos definidas en el proyecto inicial estarán completas", dice Alberto Rodriguez Ardila, gerente nacional del Soar. Pero eso no significa que el telescopio estará equipado totalmente. "El avance científico siempre genera la necesidad de desarrollar nuevos instrumentos", afirma. De acuerdo con la opinión de este astrofísico del LNA, el resultado de tanto trabajo se notará al cabo de algunos años en los proyectos científicos desarrollados en el Soar. "El uso de estos instrumentos hará que aumente la disputa por el tiempo de observación y mejorará la calidad de las investigaciones", dice Ardila.

Antes incluso de la llegada de su propio conjunto de equipos, el telescopio blanco de Cerro Pachón no paró. Desde que recibió la primera luz de una estrella, en 2004, y hasta diciembre del año pasado, el Soar generó 36 artículos científicos que salieron publicados en periódicos internacionales. La redacción de 19 de ellos (el 53% del total) estuvo a cargo de investigadores brasileños, que disponen de tan sólo un 34% del tiempo de observación en el telescopio.

Pero el reconocimiento de la comunidad científica internacional llegó en 2007, cuando el resultado de una observación realizada en el Soar por un brasileño salió en las codiciadas páginas de la revista *Nature*. Casi dos años antes, durante la madrugada del 25 de septiembre de 2004, el observatorio espacial Swift, de la agencia espacial estadounidense (Nasa), emitió un alerta con las coordenadas de lo que podría ser una explosión de rayos gama –la muerte de una estrella con una masa decenas de veces superior a la del Sol que se transforma en un agujero negro, uno de los eventos más energéticos que se conocen– acaecida en los confines de la constelación de Piscis (*lea en* Pesquisa FAPESP *nº 116*). Eduardo Cypriano, uno de los primeros astrónomos residentes del Soar, una especie de adelantado del telescopio, trabajaba aquella noche y detectó las primeras señales de la explosión.

A pedido de Daniel Reichart, un estadounidense estudioso de estos fenómenos, Cypriano apuntó el telescopio hacia el mismo punto del cielo durante algunos días más. Una semana después salió el anuncio oficial: las imágenes tomadas por Cypriano y analizadas con la ayuda de su mujer, la astrónoma Elysandra Figueredo, habían captado la explosión de una estrella ubicada a 12.700 millones de años luz de la Tierra. El Soar había sido el único telescopio en tierra que siguiera ese raro fenómeno, posteriormente confirmado por otros observatorios. "Era el objeto más lejano y antiguo observado al menos hasta ese momento", comenta Cypriano, para quien, una vez que se terminen de hacer los ajustes en los equipamientos del Soar, los astrónomos brasileños estarán muy bien abastecidos, al menos durante una década.

Mientras esperan la conclusión de los últimos aparatos –el Soar comprende ocho en total–, los brasileños planean sus próximos pasos. Un grupo coordinado por João Steiner y Beatriz Barbuy evalúa la posible participación del país en la próxima generación de telescopios. Son proyectos grandiosos, que insumirán de 700 a 1.400 millones de dólares para erigir telescopios con espejos de hasta 40 metros de diámetro, cuatro veces mayores que los de los más grandes telescopios en actividad actualmente. Sólo para tener un parámetro de comparación: el Soar costó 28 millones de dólares, de los cuales 14 millones quedaron por cuenta de Brasil, divididos entre el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (12 millones) y la FAPESP (2 millones).

Pero el ascenso a la primera división de la astronomía no sale barato. Brasil negocia pagar el 10% del valor total para tener acceso al Thirty Meter Telescope, con un espejo de 30 metros, o el 5% para tener derecho a usar el Giant Magellan Telescope o el European Extremely Large Telescope, de 22 metros y 42 metros, respectivamente. Pero exige una contrapartida. "No tomaremos parte en ningún proyecto si al menos el 70% de esos recursos no se destina a la fabricación de equipos por parte de la industria nacional", afirma Steiner.

Los astrónomos tienen al menos dos buenos motivos para justificar tamaña inversión. El primero y el más abstracto: el acceso a estos megatelescopios les aseguraría a los investigadores brasileños al menos la posibilidad de otear cada vez más lejos el Universo en busca de respuestas convincentes para una de las preguntas más sencillas y fundamentales que el ser humano siempre se ha hecho: ¿Cómo empezó todo? El segundo y más pragmático: la astronomía nacional, un área joven, que ha crecido muy rápido desde la década de 1990, no puede detenerse si es que pretende mantener su competitividad internacional. "Si paramos", dice Steiner, "condenaremos a la próxima generación de astrónomos a quedar afuera de la investigación de punta en el área a partir de 2025. Seríamos el único de los países emergentes que haría eso". ■