

Pesquisa

FAPESP

2013_EDICIÓN 2 WWW.REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR

MAL DE CHAGAS

El parásito se vale de una burbuja con proteínas para invadir células

EMBRAER

La compañía aeronáutica invierte en asociaciones con la mira en la innovación

COLONIZACIÓN

El imperio portugués dividió el poder para mantenerlo

ENTREVISTAS

MARCO ANTONIO ZAGO

La USP conjuga su inmenso porte con alta calidad

RONALDO PILLI

La osadía y la innovación signan la trayectoria de la Unicamp

MARIA JOSÉ GIANNINI

La Unesp concentra esfuerzos para robustecer sus proyectos

Las enzimas y los genes del etanol

El avance en el conocimiento de la biología de la caña de azúcar llevará a un aumento de la producción de biocombustibles



Investigación

FAPESP

2013_EDICIÓN 2 WWW.REVISTAPESQUISA.FAPESP.BR

6 TAPA

La aplicación del conocimiento científico referente a la caña de azúcar aportará al desarrollo de nuevas herramientas destinadas a la producción de etanol

FOTO DE TAPA LÉO RAMOS

ENTREVISTAS

12 Marco Antonio Zago

El prorector de Investigación de la USP explica cómo se organiza la investigación de alta calidad en una institución gigantesca

18 Ronaldo Pilli

El prorector de Investigación de la Unicamp se refiere a la osadía y la innovación que signan la trayectoria de esa universidad

24 Maria José Soares Mendes Giannini

La prorectora de Investigación de la Unesp explica las iniciativas que ha puesto en práctica para elevar la calidad de la universidad

SECCIONES

4 Carta de la editora

66 Arte

POLÍTICA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

30 Internacionalización

Un programa piloto convoca a científicos del exterior para formar nuevos grupos de investigación en São Paulo

33 Productos naturales

Un núcleo lanza una base de datos sobre compuestos químicos con potencial para generar fármacos

CIENCIA

34 Enfermedades tropicales

Vesículas con proteínas ayudan al *Trypanosoma cruzi* a invadir células huésped

38 Ecosistemas tropicales

Botánicos utilizan plantas trepadoras para comprender el origen de las selvas brasileñas

42 Clima

El área urbana de la ciudad de Manaus, en la Amazonia, es 3°C más cálida que la selva

46 Evolución galáctica

El mayor estudio de estrellas jamás hecho reconstituye la región central de la Vía Láctea

TECNOLOGÍA

48 Investigación empresarial

Embraer invierte en asociaciones para desarrollar desde biocombustibles hasta innovación en las cabinas de los aviones

HUMANIDADES

54 Estadísticas

Estudios académicos sobre carencias de la población colaboran cada vez más con los gobiernos para la implementación de soluciones

58 Historia

El imperio lusitano supo aprovechar la libertad de las elites locales y las misiones religiosas para mantenerse durante cinco siglos

CELSO LAFER
PRESIDENTEEDUARDO MOACYR KRIEGER
VICEPRESIDENTE**CONSEJO SUPERIOR**ALEJANDRO SZANTO DE TOLEDO, CELSO LAFER,
EDUARDO MOACYR KRIEGER, FERNANDO FERREIRA
COSTA, HORÁCIO LAFER PIVA, HERMAN JACOBUS
CORNELIS VOORWALD, JOÃO GRANDINO RODAS, MARIA
JOSÉ SOARES MENDES GIANNINI, JOSÉ DE SOUZA
MARTINS, LUIZ GONZAGA BELLUZZO, SUELY VILELA
SAMPAIO Y YOSHIKI NAKANO**CONSEJO TÉCNICO ADMINISTRATIVO**JOSÉ ARANA VARELA
DIRECTOR PRESIDENTECARLOS HENRIQUE DE BRITO CRUZ
DIRECTOR CIENTÍFICOJOAQUIM J. DE CAMARGO ENGLER
DIRECTOR ADMINISTRATIVO**Pesquisa**
FAPESP
ISSN 1519-8774**CONSEJO EDITORIAL**Carlos Henrique de Brito Cruz (Presidente), Caio Túlio
Costa, Eugênio Bucci, Fernando Reinach, José Eduardo
Krieger, Luiz Davidovich, Marcelo Knobel, Marcelo
Leite, Maria Hermínia Tavares de Almeida, Marisa Lajolo,
Maurício Tuffani y Mônica Teixeira**COMITÉ CIENTÍFICO**Luiz Henrique Lopes dos Santos (Presidente), Adolpho José
Melfi, Carlos Eduardo Negrão, Douglas Eduardo Zampieri,
Eduardo Cesar Leão Marques, Francisco Antônio Bezerra
Coutinho, João Furtado, Joaquim J. de Camargo Engler, José
Arana Varela, José Roberto de França Arruda, José Roberto
Postali Parra, Luís Augusto Barbosa Cortez, Marcelo
Knobel, Marie-Anne Van Sluys, Mário José Abdalla Saad,
Paula Montero, Roberto Marcondes Cesar Júnior, Sérgio
Luiz Monteiro Salles Filho, Sérgio Robles Reis Queiroz,
Wagner do Amaral y Walter Colli**COORDINADOR CIENTÍFICO**

Luiz Henrique Lopes dos Santos

DIRECTORA DE REDACCIÓN

Mariluce Moura

EDITOR EN JEFE

Neldson Marcolin

EDITORES EJECUTIVOSCarlos Haag (*Humanidades*), Fabrício Marques (*Política*),
Marcos de Oliveira (*Tecnología*), Maria Guimarães (*Edición
online*) y Ricardo Zorzetto (*Ciencia*)**EDITORES ESPECIALES**

Carlos Fioravanti y Marcos Pivetta

EDITORES ASISTENTESDinorah Ereno y Bruno de Pierro (*Edición online*)**TRADUCCIÓN Y REVISIÓN**

Damian Kraus y Ariel Kraus

ARTEMayumi Okuyama (Editora), Ana Paula Campos (Editora de
Infografías), Maria Cecilia Felli y Camila Suzuki (Asistente)**FOTÓGRAFOS**

Eduardo Cesar y Léo Ramos

COLABORADORESAlexandre Alfonso, Gabriel Bittar, Jussara Fino, Igor
Zolnerkevic y Pedro Hamdan**IMPRESIÓN IBEP gráfica****PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL
O PARCIAL DE TEXTOS Y FOTOS SIN
LA DEBIDA AUTORIZACIÓN PREVIA****PESQUISA FAPESP** Rua Joaquim Antunes, nº 727, 10º andar,
CEP 05415-012, Pinheiros, São Paulo-SP – Brasil**FAPESP**
RUA PIO XI, Nº 1.500, CEP 05468-901
ALTO DA LAPA, SÃO PAULO-SP – BrasilSECRETARÍA DE DESARROLLO ECONÓMICO,
CIENCIA Y TECNOLOGÍA
GOBERNACIÓN DEL ESTADO DE SÃO PAULO

CARTA DE LA EDITORA

El futuro sostenible

Mariluce Moura

DIRECTORA DE REDACCIÓN

El reportaje estampado en la portada de esta segunda edición internacional de 2013 de la revista *Pesquisa FAPESP* aborda la considerable variedad de estudios con la caña de azúcar que llevan a cabo por estos tiempos científicos de instituciones del estado de São Paulo, con especial hincapié en la investigación genética de dicha planta y en el análisis de enzimas capaces de contribuir de manera más significativa en el proceso de hidrólisis del bagazo. La meta final de tales esfuerzos, según informa a partir de la página 5 el editor de tecnología, Marcos de Oliveira, consiste en producir más etanol por hectárea de tierra. Si bien este biocombustible es bastante limpio cuando se lo compara con el petróleo, y surge de una fuente renovable, aún precisa ser más factible en términos económicos, y Brasil, con su extenso y exitoso historial de investigación con la caña de azúcar, puede hacer un aporte significativo al desarrollo del llamado etanol de segunda generación.

En la primera generación, se convierte mediante fermentación al jugo de caña en biocombustible. En tanto, en la segunda, se emplean poderosas enzimas para romper las moléculas del bagazo y las de las hojas de la caña para extraer, vía hidrólisis, más azúcar de esa biomasa. Para avanzar en esta senda, la genética era y sigue siendo una herramienta fundamental, y el lanzamiento del proyecto Genoma Caña en 1999, con financiación de la FAPESP, fue un primero y decisivo paso con miras a conocer profundamente los genes más importantes de la planta. Y ahora, nuevos hallazgos darán impulso al uso de la hidrólisis; y desembocarán en un aumento estimado de al menos 5 mil millones de litros en la producción brasileña de etanol, que actualmente es de unos 25 mil millones de litros anuales. Pero Brasil no está solo en esta empresa. Tanto en Estados Unidos como en Inglaterra y en Suecia, muchos laboratorios avanzan en pos de idénticos objetivos, en una carrera científica en la cual el principal ganador será el medio ambiente.

Queremos también destacar en esta edición un nuevo estudio sobre la enfermedad de Chagas, llevado a cabo por investigadores de la Universidad de São Paulo (USP) y de la Universidad Federal de São Paulo (Unifesp). Desde el descubrimiento en el año 1909 de esta afección y de su agente etiológico, el *Trypanosoma cruzi*, a cargo del médico y científico Carlos Chagas, ha habido una búsqueda incesante para entender los mecanismos de acción de este parásito en el organismo humano, y hallar formas de evitarla. Ahora, tal como lo muestra el reportaje del editor especial Carlos Fioravanti (*página 34*), se ha detectado la vía que emplea el *T. cruzi*

Las inversiones en I&D

Inversión en investigación y desarrollo con recursos de los estados brasileños (IEID) y Producto Interno Bruto (PIB)

ESTADOS	IEID 2010 (en millones de US\$)*	PIB 2008 (en miles de millones de US\$)**	IEID (en %)	PIB (en %)
Acre	2,1	2.888	0,1%	0,2%
Alagoas	5,5	8.359	0,1%	0,6%
Amapá	2,6	2.903	0,1%	0,2%
Amazonas	27,4	20.095	0,7%	1,5%
Bahía	72,5	52.149	1,7%	4,0%
Ceará	38,2	25.793	0,9%	2,0%
Distrito Federal	42,3	50.460	1,0%	3,9%
Espírito Santo	9,7	29.987	0,2%	2,3%
Goiás	13,9	32.306	0,3%	2,5%
Maranhão	9,9	16.518	0,2%	1,3%
Mato Grosso	20,3	22.756	0,5%	1,7%
Mato Grosso do Sul	7,1	14.225	0,2%	1,1%
Minas Gerais	128,8	121.254	3,1%	9,3%
Pará	12,8	25.115	0,3%	1,9%
Paraíba	19	11.028	0,5%	0,8%
Paraná	249	76.939	5,9%	5,9%
Pernambuco	35	30.232	0,8%	2,3%
Piauí	1,1	7.193	0,0%	0,6%
Río de Janeiro	294,5	147.288	7,0%	11,3%
Río Grande do Norte	11,4	10.936	0,3%	0,8%
Río Grande do Sul	55,9	85.621	1,3%	6,6%
Rondônia	0,1	7.677	0,0%	0,6%
Roraima	1	2.098	0,0%	0,2%
Santa Catarina	126,4	52.911	3,0%	4,1%
São Paulo	3.019,3	430.478	71,6%	33,1%
Sergipe	8	8.391	0,2%	0,6%
Tocantins	1,5	5.618	0,0%	0,4%
Total	4.216,6	1.301.229	100%	100%

* Cotización al 31/12/2010

** Cotización al 31/12/2008

Fuente: IEID - Indicadores C&T MCT, http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/317045/Brasil_Dispendios_dos_governos_estaduais_em_pesquisa_e_desenvolvimento_P_D_por_execucao_segundo_regioes_e_unidades_da_federacao.html

para instalarse en una célula, diferenciarse, dividirse e invadir otras células, lo cual abre posibilidades para el desarrollo de nuevas formas de combate y de diagnóstico de enfermedades tropicales. A propósito, cabe registrar que en la actualidad éstas llegan a países con zonas de clima templado. Autoridades médicas de Estados Unidos, por ejemplo, advierten sobre la propagación del mal de Chagas en su territorio, especialmente entre inmigrantes, en los estados cercanos a la frontera con México.

En la sección de Tecnología, el ejemplo de Embraer, tercera fabricante de aviones del mundo, sólo detrás de Boeing (Estados Unidos) y Airbus (Unión Europea), atestigua que vale efectivamente la pena atravesar las fronteras del centro de investigación y desarrollo de la empresa y salir en busca de socios de otros parajes con el fin de agregarles cada vez más valor a los productos fabricados. Embraer mantiene alianzas con universidades, con institutos de investigación y con otras empresas del sector aeronáutico para el desarrollo de nuevas tecnologías de manufactura, de materiales compuestos, estructuras metálicas y sistemas embarcados. Uno de los proyectos en marcha tiene en la mira a los biocombustibles surgidos del etanol de caña de azúcar. Estos estudios se llevan adelante en colaboración con Boeing e instituciones de investigación paulistas, y cuentan con financiamiento de la FAPESP.

...

Los tres artículos destacados aquí abordan investigaciones desarrolladas en São Paulo y constituyen ejemplos de la importancia que el estado de São Paulo le asigna al área de C&T. En el cuadro de arriba puede observarse que en 2010 el estado invirtió más de 3 mil millones de dólares, lo que representa un 71,6% de las erogaciones en I&D con recursos de los estados en Brasil. Aunque el estado de São Paulo respondió por un 33,1% del PIB en 2008, el equivalente a 430 mil millones de dólares.

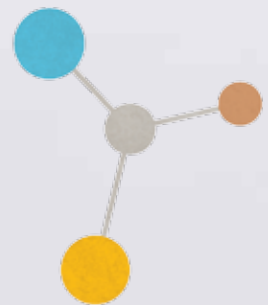
Entre azúcares y genes

La aplicación del conocimiento científico referente a la caña aportará al desarrollo de nuevas herramientas destinadas a la producción de etanol

Marcos de Oliveira

PUBLICADO EN OCTUBRE DE 2012

Los ancianos dirían que a la caña de azúcar se la está poniendo del revés, dado el volumen de estudios genéticos, fisiológicos y agronómicos a los que se la está sometiendo durante los últimos años. Lo que se desea es conocer con mayor profundidad a la planta y sus peculiaridades, con la intención de elevar la productividad de esta gramínea que llegó a Brasil de la mano de los portugueses precisamente en el siglo XVI. El objetivo final es producir más etanol por hectárea de tierra. Para ello también sirven las investigaciones destinadas a adaptar mejor la caña a la denominada segunda generación de producción de alcohol, cuando las enzimas aprovecharán los azúcares que se recuperen del bagazo de caña para la formación de una especie de sopa y así producir un mayor volumen de biocombustible. De este modo, investigadores pertenecientes a varias instituciones brasileñas tienen la mira puesta tanto en la investigación básica como más adelante, en el futuro del proceso industrial de producción de etanol. El avance del conocimiento científico comenzó en 1999 con el lanzamiento del Genoma Caña,



financiado por la FAPESP, y el último resultado de las investigaciones confirma que el culmo o tallo y las hojas de la caña poseen más azúcares –las sustancias primordiales para la elaboración del etanol– en su parte compuesta por hemicelulosa que en la de celulosa; un conocimiento que futuramente puede modificar el rumbo de la producción de etanol de segunda generación.

“Realizamos estudios de las paredes celulares, tanto del tallo como de las hojas de la caña, que revelaron la presencia de alrededor de un 30% de azúcares en la celulosa y un 50% en la hemicelulosa, además de un 10% de pectinas. La tecnología que se está desarrollando ahora para el futuro etanol de segunda generación, se basa tan sólo en la celulosa, mientras que los polímeros de azúcares de la hemicelulosa, que contienen azúcares complejos tales como el arabinoxilano, el betaglucano y el xiloglucano, son desechados, además de las pectinas, que en conjunto, representan un 70% de los azúcares de las paredes celulares de la caña”, dice Marcos Buckeridge, docente del Instituto de Biociencias de la Universidad de São Paulo y coordinador del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología (INCT) del Bioetanol, que agrupa a 31 laboratorios en cinco estados brasileños. En las paredes celulares de la caña, la hemicelulosa y la pectina, localizadas entre las microfibrillas, que son conglomerados de moléculas de celulosa, poseen muchos azúcares compuestos por cinco carbonos y por eso no son apetecibles para las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) utilizadas para la fermentación del jugo de caña. Éstas están acostumbradas a la sacarosa, formada por glucosa y fructosa, que se encuentra en el jugo de caña, o incluso en la glucosa de la celulosa y de algunas de las hemicelulosas, que poseen seis carbonos.

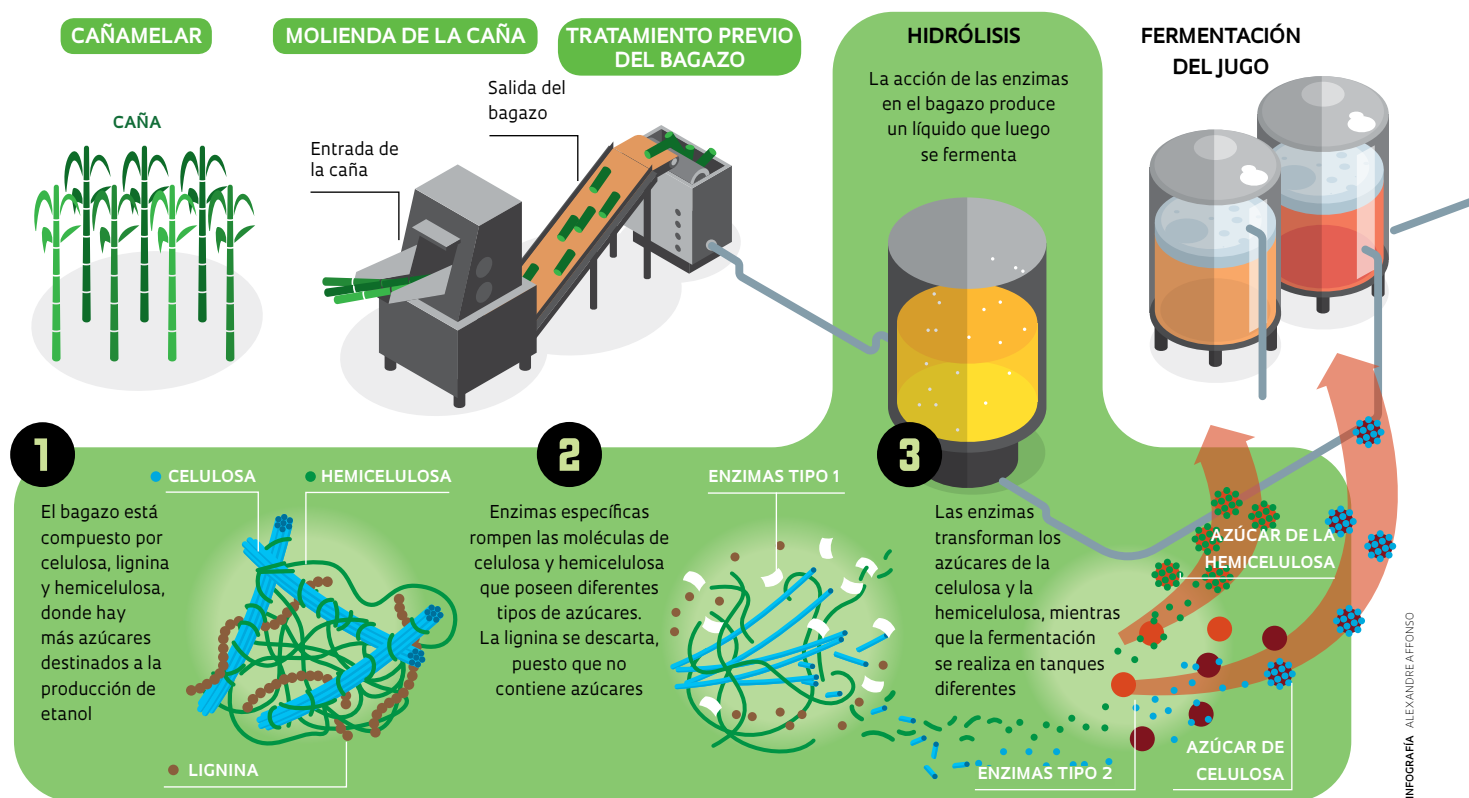
El futuro aprovechamiento, por medio de la hidrólisis de las pentosas del bagazo, que son los azúcares con cinco carbonos, puede conducir a un aumento en el etanol estimado en al menos otros 5 mil millones de litros para la producción brasileña, que actualmente es de unos 25 mil millones de litros. La utilización de las pentosas también podría ocurrir mediante su uso en aplicaciones



Plántulas de caña de azúcar transgénica en el Instituto de Química de la USP

El futuro en la segunda generación de etanol

Luego del uso del jugo de caña de azúcar en la primera generación, se utilizan el bagazo y las hojas en el proceso de hidrólisis. En su etapa final, ocurre la fermentación tradicional a cargo de levaduras que transforman los azúcares en etanol

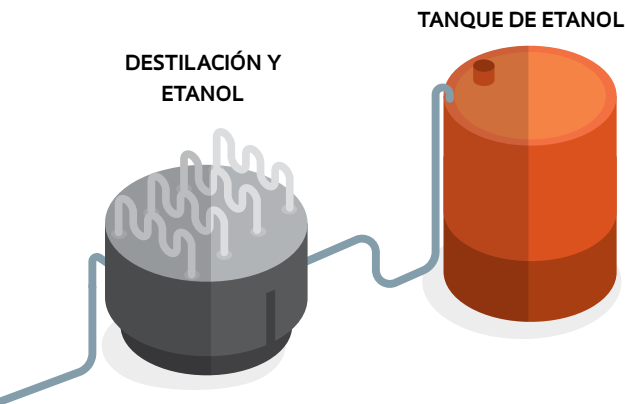


biotecnológicas, en alimentos y en medicamentos, agregándole así valor comercial al bagazo. En los procesos de segunda generación, las enzimas forman un líquido que también les sirve como alimento a las mismas levaduras. “Hay intentos para producir linajes de *Saccharomyces*, incluso en el Laboratorio Nacional de Ciencia y Tecnología del Bioetanol (CTBE), y en otras instituciones y empresas de Brasil y del exterior, que sean capaces de aprovechar los azúcares con cinco carbonos. En Inglaterra y en Suecia ya se ha logrado demostrar que eso es posible, aunque todo lo que se ha hecho lo ha sido en un laboratorio esterilizado. Con todo, esto aún no resulta suficiente para los ingenios brasileños. Es necesario que las levaduras tengan fortaleza, para sobrevivir en presencia de otros microorganismos, tales como las bacterias, que existen en un ambiente sin esterilización”, dice Buckeridge, quien también es director científico del CTBE, ubicado en Campinas, São Paulo.

Incluso en los experimentos relacionados con la etapa más avanzada, que es la hidrólisis de la celulosa, aún subsisten muchas dudas. “Existe un conocimiento cabal del proceso de previo al tratamiento, pero todavía hay que investigar las distintas opciones para realizar la hidrólisis de

una forma en que la industria pueda aprovecharla rápidamente y de modo económico y sostenible”, dice el profesor Rubens Maciel Filho, de la Universidad de Campinas (Unicamp), uno de los coordinadores del Programa FAPESP de Investigación en Bioenergía (Bioen), en el cual el INCT Bioetanol también participa. “Hay que evaluarlo en cuanto a sus aspectos tecnoeconómicos y de sostenibilidad, en este caso, mediante el análisis del consumo de agua y del uso de productos químicos en el proceso de hidrólisis”, dice Maciel Filho.

“Actualmente, en los experimentos para la segunda generación, el bagazo, luego de descartárselo tras la primera generación, cuando se extrae el jugo de la caña para fabricar etanol, pasa por un proceso de ruptura de las paredes celulares para la obtención de la celulosa que se encuentra dentro de la hemicelulosa y de la lignina, un polímero que no posee azúcar”, dice Buckeridge. Esa ruptura se produce ahora con vapor en alta presión: así la pared celular del bagazo se afloja y la separación de los componentes se realiza mediante solventes, ácidos y enzimas. “Se trata de utilizar la fuerza. Se realiza un esfuerzo para separar todo lo que está mezclado con la celulosa”, dice el profesor de la USP. “Nuestra idea es comenzar con el proceso



de hidrólisis en campo. Producir una variedad de caña más adecuada a la segunda generación, que facilite la hidrólisis y ya no se necesite lavar el bagazo, con lo cual se desperdicia mucho del azúcar del material”.

En un artículo que se publicará en la revista *BioEnergy Research*, él y otros dos investigadores de su grupo en la USP, junto a dos investigadores del Centro de Carbohidratos Complejos de la Universidad de Georgia, en Estados Unidos, más allá de exponer la investigación que identifica las fracciones de cada polímero del azúcar en la caña, realizan observaciones sobre la complejidad de la pared celular y la dificultad para encontrar claves químicas o un código que pueda sacar mayor provecho de la red de polisacáridos. Ellos también consideran que el resultado de la composición de azúcares en la caña puede conducir a una modificación en el proceso de segunda generación. Basándose en datos actuales, Buckeridge imagina, como una solución posible para el futuro, que lo mejor sería que la caña se utilice entera en el proceso de hidrólisis luego de extraerse el jugo para la primera generación.

“La biología de las paredes celulares constituye la esencia de esos avances y resulta fundamental para lograr progresos tecnológicos en el área de los biocombustibles sostenibles y biomateriales”, dice el profesor Leonardo Gómez, del Departamento de Biología de la Universidad de York, Inglaterra. Gómez, que es argentino, visitó Brasil en 2010 para conocer el CTBE. “Según la opinión de muchos expertos, el desarrollo de biocombustibles de segunda generación se ve favorecido por la presencia de una industria afianzada de primera generación. De tal modo, Brasil se presenta como el mejor ámbito para que eso suceda. Aunque tan sólo potencialmente, puesto que alguien debe asumir el riesgo de invertir en el área a escala industrial”, dice Gómez.

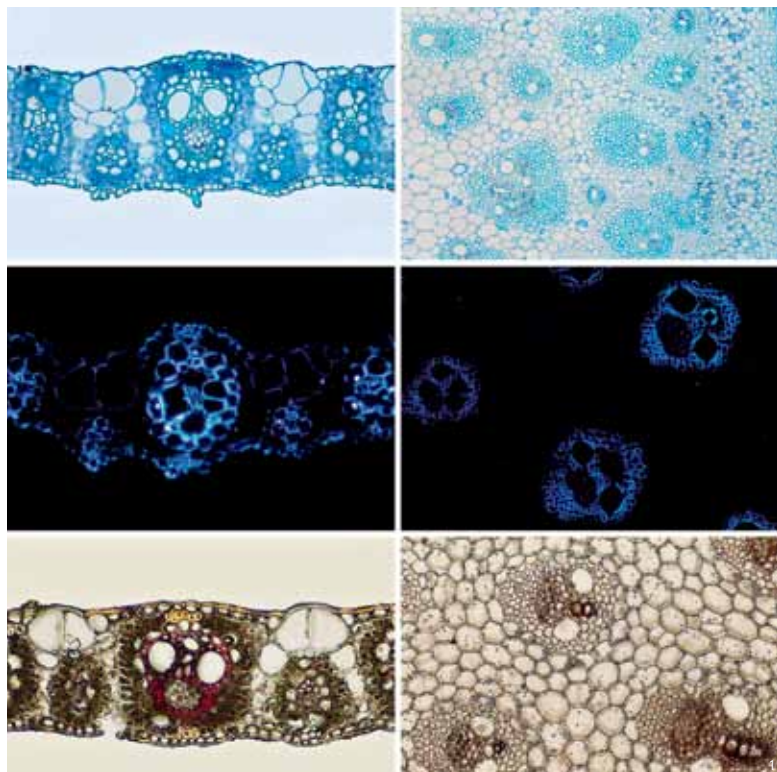
En la práctica, para poder avanzar en el proceso

La caña de azúcar del futuro tendría algunas características similares a las de la papaya, que es más dulce y blanda luego de madurar y de la cosecha

de obtención de etanol de segunda generación, Buckeridge destaca un tratamiento fisiológico previo que deja a la planta más maleable y potencialmente más adecuada para su procesamiento mediante la hidrólisis. “Se trata de una sustancia que, al aplicarse en las plantaciones cuando las plantas todavía son pequeñas, inhibe una enzima en la caña que generaría fenilpropanoides, que son los precursores de la lignina, la sustancia que une los azúcares a la pared celular y confiere resistencia mecánica a la planta. Todavía no sabemos con certeza lo que sucede, pero mediante este compuesto ha sido posible aumentar en un 30% el procesamiento de los xilanos, que abarcan a un 50% de las hemicelulosas”, dice Buckeridge. El uso de esta sustancia compuesta por ácido piperónico en la caña cuenta con una patente depositada por Buckeridge en el Instituto Nacional de la Propiedad Intelectual (INPI), juntamente con su ex posdoctorando Wanderley dos Santos, quien actualmente, como profesor en la Universidad Federal de Paraná (UFPR), prueba en campo el producto. “Todavía debemos perfeccionarlo e intentar abaratar su costo”, dice Buckeridge.

Otra solución para la segunda generación se está elaborando en el seno del Bioen, donde 13 grupos de investigadores colaboran para desarrollar una supercaña, una o más variedades agronómicas y genéticas con características de alta calidad, tanto para la primera como para la segunda generación. Una de esas características consiste en que cuente con una mayor capacidad para realizar fotosíntesis. Los investigadores han identificado al menos cuatro genes responsables de captar la luz solar. Estos genes podrían relacionarse con el aumento en la tasa de crecimiento de la cantidad de células con el consiguiente incremento en la producción de sacarosa. La configuración de plantas transgénicas se encuentra entre las herramientas biotecnológicas destinadas a la producción de esa supercaña. Lo transgénico, en tal caso, no estaría dado solamente por la inserción de genes externos a la planta, sino también por la activación o inhibición de los genes de la propia caña. “También podríamos elaborar plantas con paredes celulares más adecuadas para la segunda generación”, dice Buckeridge. “Puede parecer futurista pensar así, pero el Bioen cuenta con genes relativos a la pared celular transformada, con los que planeamos elaborar la ‘caña papaya’, por ejemplo”. Esa caña del futuro tendría algunas características similares a las de la papaya, que es más dulce y blanda luego de su maduración y cosecha.

“Hemos identificado 380 genes ligados a la sacarosa y más de mil relacionados con la resistencia a la sequía”, dice la profesora Gláucia Mendes Souza, del Instituto de Química (IQ) de la USP, quien junto con la profesora Marie Anne van Sluys, del



Instituto de Biociencias de la USP, dirige la investigación genómica de la caña de azúcar en el ámbito del Bioen y cuenta con la participación del profesor Marcelo Menossi, del Instituto de Biología de la Universidad de Campinas (Unicamp). Doscientos cincuenta de esos genes ya están siendo testeados en plántulas de caña dispuestas en tubos de ensayo, cubetas y macetas en el IQ de la USP o en viveros de la Escuela de Agricultura Luiz de Queiroz, de la USP, en Piracicaba, en experimentos que coordina la profesora Helaine Carrer, quien analiza la expresión de los genes. También se prueba la expresión de genes de caña en tabaco, una planta más fácil de manipular en laboratorio y que sirve como modelo para este tipo de experimento. Dos genes de la caña relacionados con la resistencia a la sequía ya fueron expresados en el tabaco y su utilización derivó en una patente depositada en el INPI.

Para modificar una planta con genes de interés se necesitan promotores, que son herramientas biotecnológicas bajo la forma de secuencias de ADN donde el gen se expresa. Es en esas moléculas que los investigadores modularán la superexpresión o silenciarán genes. “Este año depositamos una patente sobre 10 promotores de la caña que permitirán la expresión de los genes en forma diferente”, dice Mendes Souza. En relación con las paredes celulares de la caña, ella dice que ya desarrolló plantas con genes silenciados que estaban relacionados con la producción de lignina. “La lignina obstruye la ejecución de la segunda generación pues dificulta la extracción de los polisacáridos, pero cuando

Imágenes microscópicas para el análisis de las hojas de la caña (en la columna de la izquierda) y del tallo (a la derecha). Fluorescencia aplicada en las células (banda central) y la presencia de lignina (en rojo, en la banda inferior), donde también pueden detectarse varias células intactas, con formato circular, y repletas de jugo

impedimos su producción, se detectó en algunos experimentos un debilitamiento que provocó la caída de la planta hacia los costados. Tenemos que encontrar variedades en las cuales podamos experimentar un término medio, disminuyendo la producción de lignina, pero manteniendo la planta en pie”, explica Mendes Souza.

En el otro extremo de la investigación académica relativa a la hidrólisis, se encuentran los estudios destinados a obtener enzimas cada vez más eficientes para romper las paredes celulares de la caña, extraer los azúcares y preparar el material para la producción de etanol. Pero, ¿qué enzimas utilizar para procesar los diferentes polisacáridos presentes en la pared celular de la planta? Algunas enzimas que se utilizan en la industria alimenticia, por ejemplo, se están probando para la caña, pero éstas no lo resuelven todo. “Estas enzimas industriales son producidas principalmente por hongos”, dice el profesor Richard Ward, del Departamento de Química de la Facultad de Filosofía, Ciencias y Letras de Ribeirão Preto, de la USP, y del CTBE, quien ya logró configurar dos enzimas multifuncionales que actúan sobre las hemicelulosas. Estas enzimas, a las que se denominó quiméricas, son producidas por bacterias.

“Sabemos que la celulosa es un componente más esquivo a la hora de extraerlo que los otros polisacáridos presentes en la pared celular de la caña, y nuestro reto consiste en crear enzimas que destruyan y degraden, de manera programada, a los otros componentes, que también son fuentes importantes de azúcar, hasta llegar a la celulosa”, explica Ward. “Resulta importante desarrollar las enzimas más adecuadas para cada polisacárido. Pero todavía parece difícil encontrar enzimas adecuadas y con bajo costo. Actualmente se las comercializa por decenas de dólares el kilogramo. Puede parecer barato, pero debemos pensar en un procesamiento en centrales de centenares o hasta miles de toneladas de material lignocelulósico al día”. Ward dice que el objetivo consiste en elaborar enzimas quiméricas, donde cada una ataque a más de un polímero del bagazo de caña. “Esto resulta importante principalmente para las hemicelulosas, que poseen un conjunto heterogéneo de polisacáridos”.

También surgen investigaciones en relación con las enzimas a las que se podría caracterizar como insólitas, aunque basadas en la más pura observación de la naturaleza. En la búsqueda de enzimas que disuelvan la celulosa y el material lignocelulósico, tal como el bagazo, el profesor Ednildo Machado, del Instituto de Biofísica, de la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ), estudia la composición enzimática del sistema digestivo de dos cucarachas, la *Periplaneta americana*, común en las grandes ciudades, y la *Nau-phoeta cinerea*, criada para servir de alimento

El sistema digestivo de las cucarachas es objeto de estudios tendientes a la obtención de enzimas útiles para la producción de etanol de segunda generación

a animales en cautiverio, tales como lagartos y otros reptiles. “En experimentos de laboratorio llegué a suministrar tan sólo bagazo de caña a las cucarachas y éstas se alimentaron con él, o sea, lograron digerir las paredes celulares de ese material para sobrevivir de manera muy exitosa”, dice Machado. Al constatar eso, comenzó a pensar en las posibles enzimas del aparato digestivo de esos insectos que pueden ser útiles para la producción de etanol de segunda generación.

Machado fue presentado a Buckeridge en ocasión del Congreso Brasileño de Bioquímica en 2010, y a partir de allí comenzaron a trabajar juntos. Él visitó el CTBE y realizaron varios experimentos. “Logramos detectar algunas enzimas producidas por bacterias en el interior del sistema digestivo de las cucarachas. No sabemos todavía si esas bacterias ya estaban allí o si el insecto las extrajo del material, en ese caso, del bagazo”. Las cucarachas también pueden producir las enzimas por medio de hongos y protozoarios, y poseen gran facilidad para alimentarse con una amplia gama de residuos, más allá de que se adaptan fácilmente a esa diversidad. “Esta característica nos permitió identificar una serie de enzimas en los insectos, que resultan excelentes para diversos procesos tecnológicos”, dice Machado. El próximo paso consistirá en identificar con exactitud cuáles son los microorganismos que producen las enzimas. Para ello se necesita secuenciar todos los ADN presentes en el intestino de la cucaracha, mediante un proceso denominado metagenómica, que permite detectar qué especies y qué genes están involucrados en la producción de enzimas especializadas en la división de la celulosa y la hemicelulosa del bagazo de caña. Mediante la identificación de los genes, es posible clonarlos en bacterias tales como la *Escherichia coli*, y así posibilitar la producción de dichas enzimas en escala industrial. Este proceso es el que está comenzando a utilizar el profesor Ward para producir en laboratorio las enzimas destinadas a degradar la pared celular de la caña.

De esta manera se incrementa el arsenal de herramientas que podrían colaborar, dentro de algu-



Plántulas transgénicas: herramientas biotecnológicas que comprenden estrategias para silenciar o activar genes de la propia caña de azúcar

nos años, para que la caña de azúcar produzca una mayor cantidad de etanol. “Durante los últimos 10 años se ha producido un aumento exponencial de la investigación y la inversión en tecnología destinada a la utilización de la biomasa como un sustituto renovable y sostenible del petróleo”, dice Gómez, de la Universidad de York. “La investigación actual en el área de composición de la biomasa dota de nuevo potencial a la energía biorrenovable”. En su opinión, la producción de etanol y de productos químicos con alto desempeño a partir de la biomasa, solamente resulta posible mediante el conocimiento minucioso y multidisciplinario de la biología y bioquímica de la biomasa. ■

Proyectos

1. Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología (INCT) del Bioetanol (nº 2008/ 57908-6); Proyecto Temático del Programa FAPESP de Investigación en Bioenergía (Bioen); **Coord.** Marcos Silveira Buckeridge/USP; **Inversión** R\$ 2.896.588,59 y US\$ 303.342,92 (FAPESP)
2. Sugarcane signaling and regulatory networks (nº 2008/ 52146-0); Proyecto Temático del Programa FAPESP de Investigación en Bioenergía (Bioen); **Coord.** Gláucia Mendes Souza/USP; **Inversión** R\$ 3.390.743,73 y US\$ 1.174.768,67 (FAPESP)
3. Identificación, caracterización e ingeniería de enzimas que degradan la pared celular de las plantas (nº 2010/ 18850. 2); Proyecto Temático; **Coord.** Richard John Ward/USP; **Inversión** R\$ 491.952,05 y US\$ 313.495,03 (FAPESP)

Artículos científicos

- DE SOUZA, A.P. *et al.* Composition and structure of sugarcane cell walls: implications for cell wall hydrolysis and second generation bioethanol. *BioEnergy Research*. In press. sept. 2012.
- BEGCY, K. *et al.* A novel stress-induced sugarcane gene confer tolerance to drought, salt and oxidative stress in transgenic tobacco plants. *Plos One*. v. 7, n. 9, e44697. sept. 2012.
- FURTADO, G.P. *et al.* A designed bifunctional laccase/ b-1, 31, 4 – glucanase enzyme shows synergistic sugar release from milled sugarcane bagasse. *Protein Engineering, Design & Selection*. In press. sept. 2012.

Conectados con la sociedad

Mariluce Moura y Neldson Marcolin

PUBLICADA EN OCTUBRE DE 2012

Acostumbrado tanto a los estudios genéticos y hematológicos como a los sinuosos meandros de la política científica, Marco Antonio Zago asumió la Prorectoría de Investigación de la Universidad de São Paulo (USP) en 2010 y enseguida se topó con un desafío. ¿Cómo lograr que los más exitosos investigadores volviesen a interesarse nuevamente en la universidad que les brindara formación? Zago notó en muchos científicos de la casa un cierto alejamiento de la institución. Para él, resulta importante establecer las condiciones como para que todos adquirieran un mayor compromiso con la universidad y, de esa manera, con la propia sociedad. “Se necesita dotar de una cierta coherencia a la investigación dentro de la universidad”, sostiene.

Las medidas adoptadas por el prorector aparentemente tomaron el rumbo deseado. La creación de los multidisciplinarios Núcleos de Apoyo a la Investigación (NAPs), por ejemplo, a imagen del modelo de los Centros de Investigación, Innovación y Difusión (Cepid) –el programa creado por la FAPESP en el año 2000– atrajo a 118 grupos de investigadores a partir de 2010. La Agencia USP de Innovación trabaja junto a los investigadores y los ayuda en las cuestiones concernientes a las patentes. Los nuevos docentes que ingresan a la universidad reciben estímulos para buscar recursos externos e integrarlos a los equipos de investigación. “Sin duda, logramos mejorar algunos aspectos de la universidad”, dice Zago. La buena posición alcanzada en todos los *rankings* de evaluación de universidades corrobora ese análisis, más allá del gigantismo de la USP, algo poco común en las mejores instituciones que invierten en investigación científica.

Marco Antonio Zago se graduó en la Facultad de Medicina de la USP de Ribeirão Preto. Pasó parte

de su carrera de investigador trabajando también como médico. Fue director clínico del Hospital de Clínicas y director científico del Hemocentro, ambos en Ribeirão Preto. En 2007 presidió el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) y fundó los Institutos Nacionales de Ciencia y Tecnología (INCTs), en un intento por modificar el modelo de producción científica del país.

Como investigador, contribuyó con el estudio de la anemia falciforme y de la talasemia, trabajando afanosamente para establecer métodos de diagnóstico y tratamiento para esas enfermedades. Luego estudió genética de poblaciones y demostró de cuáles regiones de África provenían los esclavos traídos a Brasil. También cumplió una destacada participación en el área de genómica, al trabajar en la secuenciación de la bacteria *Xylella fastidiosa* y en el genoma del cáncer. Como líder del Cepid de Terapia Celular, durante los últimos años concentró sus esfuerzos en el estudio de las células madre. A continuación, los principales tramos de la entrevista.

¿Cuál es la función de un prorector de Investigación en una universidad del tamaño de la USP?

Entiendo que consiste en brindar una cierta dirección y unidad a la investigación que se hace en la universidad. Y cuando digo una cierta dirección, no me refiero a hacer o promover investigación dirigida, en el sentido tradicional del término, de definir el lineamiento de la investigación. Eso no es posible en una universidad como la USP. Somos, en tamaño y en términos de amplitud, una de las mayores universidades del mundo. Resulta difícil encontrar un área o subárea del conocimiento que no cuente con expertos calificados en la USP. Por ende, la actividad investigativa es muy heterogénea, presenta varios formatos.

EDAD 65 años

ESPECIALIDADES
Hematología y genética

ESTUDIOS
Universidad de São Paulo (título de grado y doctorado)
Universidad de Oxford (posdoctorado)

INSTITUCIÓN
Universidad de São Paulo



¿Y qué sería entonces esa “cierta dirección?”

Tal vez, aportar coherencia y sinergia a la investigación en el ámbito de la universidad. Al llegar acá me di cuenta de que el sentido de unidad de la USP se hallaba reducido. Los grupos más exitosos eran aquéllos que menos se relacionaban con la propia universidad, ellos lograban independencia alegando que sus recursos provenían afuera, y no de la propia USP.

Existía un cierto despegue...

Así es, un despegue de la universidad, lo cual conduce a un estado de disgregación.

¿En qué lugar se ubicaría la USP entre las mayores del mundo?

La Unam [Universidad Nacional Autónoma de México] cuenta con 270 mil alumnos; la Universidad de Buenos Aires anda cerca de ese número. Son instituciones que no poseen *numerus clausus* y, por consiguiente, todo alumno que quiera inscribirse puede hacerlo. Por otra parte, cuando nos fijamos en las mejores universidades del mundo –aquéllas que todos citan como ejemplos de universidades para dar a entender que es ahí donde queremos llegar–, las más significativas de Estados Unidos, Inglaterra, Japón y Corea del Sur son universidades con 17 mil alumnos, en promedio. Y muchas de ellas cuentan con más de un 60% de sus alumnos en los posgrados.

¿Y la USP?

Tenemos 91 mil alumnos, de los cuales el 30% realizan posgrados. Una de las características comunes entre las universidades que ponen el énfasis en la investigación, más allá de la enseñanza, es el compromiso de producir investigación científica y transferencia de conocimiento. La USP se encuadra en eso. Debemos resaltar el hincapié en la enseñanza. Eso es importante porque muchos piensan que, a veces, soy monomaniaco, pensando que la universidad solamente debe realizar investigación. No pienso así. Entiendo que el rol fundamental de la universidad es el de la educación: formar individuos calificados de nivel superior.

¿La USP se encuadra y se ubica en una buena posición entre las universidades de investigación?

Está muy bien situada en todo tipo de *ranking*. Por unanimidad, en América Latina, la USP es la primera universidad. Hay otras buenas en Brasil, pero son pocas. El club de las universidades de investigación brasileñas es muy reducido.

¿Cómo hacer que esa universidad múltiple dote de coherencia a la actividad de investigación que desarrollan tantos grupos con distintos objetivos?

En primer lugar hay que lograr que ellos vuelquen su atención nuevamente hacia el centro, que es la universidad. Y a través de la universidad, que retomen su relación con la sociedad. Nosotros no realizamos investigación por diletantismo, sino porque buscamos conocimiento nuevo, que puede tener una aplicación inmediata o no. Investigar no es sólo una actividad exclusiva de laboratorio, es toda actividad creativa, incluso el desarrollo de la cultura, que es responsabilidad de la universidad.

¿Incluso al arte?

Artes y humanidades, que representan un aporte importantísimo en la USP. Si observamos algunos *rankings* que subdividen el desempeño de la universidad, la USP está muy bien ubicada en humanidades. Esto es algo que debemos promover: un diálogo mucho más intenso entre esas culturas académicas. Cuando hablo de dotar de unidad o coherencia, me refiero a captar la atención de los investigadores, fundamentalmente de los más exitosos, para que se vuelque nuevamente hacia la universidad y, a través de ella, hacia la sociedad. Uno de los caminos que encontramos para eso fue aportar recursos propios para apoyo a la investigación. Algo que nunca había habido, en forma intensa, en ninguna universidad brasileña. Comenzó aquí, aunque la cantidad de recursos no sea muy abultada comparada con lo que la USP ya emplea en investigación. Invertimos alrededor de 2 mil millones de reales anuales en investigación, aunque la gente no lo note.

¿Ese monto contempla los recursos aportados por la FAPESP y el CNPq?

No. Los 2 mil millones de reales son los recursos presupuestarios que la USP distribuye para sus actividades. Una parte considerable se destina a pagar técnicos, infraestructura de laboratorio, refacciones, agua, luz, la fracción de dedicación exclusiva correspondiente a la actividad investigativa... Todo lo paga la universidad. En las universidades estadounidenses esos recursos provienen del *grant* del investigador. Él utiliza esos recursos para solventar becas, técnicos, la cuenta telefónica y las reformas del laboratorio, todo. Sucede que la utilización de ese dinero es diversa. Nosotros proveemos la infraestructura básica y algunos recursos que constan en el recibo de sueldo y la gente no lo nota. Además, está el dinero de la FAPESP, distribuido en propuestas sometidas a evaluación externa, donde predomina el mérito. Eso introduce un componente de calidad para la distribución del dinero.

¿Cómo es el programa de apoyo a la investigación creado por la Prorectoría?

Mediante dos pliegos, internos y sucesivos, aportamos 73 millones de reales durante el primer año de gestión, que fue el de 2010/2011, y luego otra cantidad igual en 2011/2012. Para ello invitamos a los investigadores a presentar propuestas de investigación, que serían evaluadas según el mérito, que contemplaran la formación de un grupo con una duración limitada, y que obligatoriamente presentara una connotación multidisciplinaria. También deberían enfocarse en algún problema importante de la sociedad, con aplicación inmediata o de análisis teórico. Así, entre ambos pliegos, seleccionamos 43 propuestas el primer año y 75 en el segundo, de tal manera que contamos con 118 núcleos, o centros de investigación. Los denominamos NAP, Núcleos de Apoyo a la Investigación.

¿Los NAPs se superponen de alguna forma con los Cepid y los INCTs?

Ustedes están hablando siempre con la misma persona. Por supuesto que la idea de que la gente confluya en torno

a un tema salió de ahí. Yo coordiné un Cepid desde el año 2000. Cuando fui presidente del CNPq, también teníamos la idea de intentar hacer algo que tuviera la característica de congregar grupos. Utilicé el modelo del Cepid y dentro de lo que era posible hacer a nivel nacional, creamos los INCTs, que fueron y todavía son el mayor programa de ciencia y tecnología que coordinó el CNPq.

¿Los NAPs tienen entonces el claro objetivo de tratar de congregarse a los investigadores en la universidad?

Claro. Otra disposición complementaria emana de la Agencia USP de Innovación, actualmente dependiente de la Prorectoría de Investigación. Esa dependencia se renovó completamente y posee una importante función, consistente en resolver problemas de los docentes investigadores vinculados, por ejemplo, con la escritura de patentes, para tratar ese tema desde el punto de vista legal y negociar con las empresas que deseen licenciar patentes, entre otras tareas. Los investigadores reconocen que hoy en día el panorama ha cambiado. Tanto es así que la USP es la universidad brasileña que deposita el mayor número de patentes en el INPI [el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial].

Ese dato resulta interesante porque siempre que se habla de las patentes de universidades, se menciona recurrentemente a la Unicamp.

Eso es una cuestión de historia porque, efectivamente, la Unicamp se organizó mucho antes que la USP. Es altamente competente en ese aspecto. Durante el período entre 2000 y 2006, la USP depositaba, en promedio, 29 nuevas patentes por año, creciendo hasta 81 nuevas patentes anuales entre 2007 y 2011. Entre 2009 y 2011, los datos acumulados en tres años son: USP 231, UFMG 178 y Unicamp 170. Además, la Agencia de Innovación sumó otras funciones. Por ejemplo, actuar decisivamente en el área educativa. Como el principal aporte de la universidad es la educación, también debemos formar gente con espíritu innovador. No son las patentes que depositan los investigadores lo que modificará el panorama del país. Lo que puede cambiar algo es educar jóvenes que egresarán de la universidad y producirán el cambio. Este año creamos un curso de emprendedorismo al que asisten 200 alumnos de grado.

En 2009, usted decía que los INCTs podrían modificar el modelo de producción científica en el país. ¿Se logró algo de eso?

Creo que ese ideal y parte de los objetivos se abandonaron. Ahora el proyecto nacional de ciencia y tecnología pasa por enviar estudiantes al exterior. Cuando creamos los INCTs contábamos con un programa en el cual había un gran número de componentes, no sólo como financiadores, sino como planificadores y realizando un seguimiento. Convencimos a las FAPs [las fundaciones de apoyo a la investigación científica] para que participen. La primera en hacerlo fue la FAPESP, y la siguieron otras. Teníamos un primer gran programa con un único objetivo, en el cual participaban el CNPq, la Capes, las principales FAPs, Petrobras, el BNDES. Si se hubiera mantenido ese rumbo inicial, hubiera crecido el rol del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación,

no sólo como financiador. Se podrían captar muchos más fondos de los que el ministerio es capaz de movilizar y utilizarlos para dialogar y compensar las diferencias, los contrapesos de una mayor influencia del sudeste en relación con el nordeste y el norte, y así sucesivamente.

¿Qué otros proyectos pueden impulsar a los investigadores de la USP a congregarse en torno a la universidad?

Todo nuevo profesor contratado obtiene recursos como para satisfacer sus primeras necesidades como docente, siempre y cuando demuestre haber presentado una solicitud de apoyo a la investigación ante la FAPESP. El éxito de este programa, desde 2010 hasta ahora, es enorme, porque cuando uno hace la cuenta de cuánto invertimos y lo que ellos aportan en apoyo a la investigación, resulta que es siete veces mayor.

Hablemos de los rankings. ¿La USP está escalando en todos ellos porque de hecho ha mejorado, o porque se está mostrando en forma más eficiente?

Creo que son ambas cosas. Mejoró en algunos aspectos y en otros se está mostrando mejor. Hay rankings extremadamente objetivos, que no dependen de análisis de opinión, tales como el Webometrics Ranking of World Universities. Éste trabaja con mediciones del tráfico en internet y cantidad de documentos disponibles. En ese ranking mejoramos enormemente [la USP está ubicada en el puesto 15º]. Eso ocurre porque, en parte, la universidad se ha organizado mejor. Y, en parte, el hecho de que comienza a ser más conocida lleva a que el tráfico en internet aumente.

¿Y en otros rankings?

Hay otros que se basan en el desempeño. En un ranking importante como es el de Shanghai, que otorga un valor preponderante a la investigación, al observar los scores notamos que la USP presenta un desempeño excepcionalmente bueno. Sin embargo, ellos utilizan algunos criterios que son importantes para el desempate en los primeros puestos y en esos, nosotros no cumplimos tan buen desempeño. Ellos toman en cuenta la cantidad de ganadores de premios Nobel que enseñan en la universidad, el número de ex alumnos ganadores del Nobel y de la medalla Fields, etc. Esto resulta importante para el desempate entre Cambridge, Harvard, el MIT. Por otra parte, puede provocar un enorme desequilibrio si alguna institución contara con alguno; por ejemplo, si una universidad mal clasificada en el ranking contratara a un ganador del Premio Nobel, subiría mucho. ¿Eso significa que la universidad ha mejorado enormemente? Por supuesto que no.

Investigar no es solamente la actividad que se lleva a cabo en un laboratorio, se trata de toda actividad creativa

¿Y los rankings que miden opinión?

Sin duda que algunos se ven influidos por factores como éstos. Para evaluar la investigación, ya sea para bien o para mal se dispone de datos, tales como el número de trabajos publicados, la cantidad de citas y el impacto de las revistas. Se trata de un conjunto informativo, que esboza una idea del estado en que se encuentra la investigación, al menos en las áreas experimentales. Recientemente comenzaron a aparecer otros instrumentos de evaluación que lo perfeccionan. Está el Google Académico, que ya es una buena medida del impacto de las ciencias sociales. A veces, se recurre a la opinión de expertos.

Se trata solamente de otro criterio...

Subjetivo, pero es un criterio. El *ranking* más valorado, cuyo resultado se publicaría en estas semanas, es el que elabora Times Higher Education, o THE. Un 30% de su análisis se basa en el denominado *ranking* de prestigio. Esto es, ellos preguntan a una gran cantidad de personas de todo el mundo cuál es su evaluación al respecto de diferentes universidades. Y eso pesa en el *ranking* final. Y este aspecto quizá sea el más influyente en el hecho de que la USP haya cobrado visibilidad, o lo haya hecho de mejor manera. Qué piensa un individuo en París o en Hong Kong, de la USP o de otras universidades. Esa opinión puede verse influida por conocer gente de aquí, al visitarnos, o por gente de aquí que visitó sus universidades.

¿Esas opiniones influyen en el ranking del THE?

Tienen un impacto muy positivo. En el *ranking* de prestigio que publicó el THE al comenzar el año, la USP se ubicó entre las 70 mejores del mundo. Y seguramente impactará en el *ranking* que está por salir porque éste presenta un 70% de evaluación objetiva, que proviene de indicadores, y un 30% proveniente de la opinión.

¿Qué hizo la USP en lo concerniente a la necesidad de internacionalización de la investigación científica brasileña?

La manera de realizar una internacionalización más productiva consiste en establecer alianzas con un selecto grupo de universidades. En la Prorectoría elegimos algunas ideas e intentamos establecer convenios, seminarios conjuntos para luego proponer investigaciones bilaterales. Actualmente estamos cerrando un acuerdo con la Universidad de Toronto, Canadá, una de las 15 ó 20 mejores del mundo, que incluye conferencias conjuntas y pliegos de convocatoria a investigar en colaboración. Lo propio se está haciendo con otras importantes universidades.

Volvamos al ámbito local. Quisiéramos saber cómo ha quedado su costado de investigador desde que asumió como prorector.

Sería ilusorio creer que desde que asumí como presidente del CNPq, en 2007, y luego al hacerme cargo de la Prorectoría, mantuve el mismo tipo de actividad que tenía en el laboratorio. La intensa tarea personal diaria de comprobar el método, de observar un resultado personalmente, de rehacer, de montar experimentos en la mesa, eso no lo hago más. Por otra parte, hay un grupo de investigadores que

trabajan conmigo desde hace mucho tiempo y casi siempre estoy participando en las discusiones durante toda la semana.

¿Cuál es, desde su punto de vista, su mayor aporte a la producción del conocimiento que se realiza en la USP?

Yo dividiría mi contribución en tres períodos fundamentales. En la fase inicial fui a la Universidad de Oxford para realizar un posdoctorado y regresé capacitado para realizar investigación básica en bioquímica estudiando hemoglobinas. Allá trabajé con David Weatherall, uno de los pioneros en el campo de las hemoglobinopatías. Actuando como médico en el sudeste asiático, él observó a una gran cantidad de niños con talasemia, una clase de afección muy particular, y junto al bioquímico John Clegg investigó el mecanismo básico de la enfermedad. Había evidencias de que eso se debía a un desequilibrio en la síntesis de las dos cadenas de la hemoglobina, alfa y beta. Ambas son muy similares, aunque se sintetizan bajo control de genes diferentes. En el individuo normal hay un equilibrio: dos alfas y dos betas forman una cadena de hemoglobina. Ellos desarrollaron un método que permite medir la síntesis de esas cadenas. Con ello probaron que en la talasemia existe un desequilibrio. Al regresar a Brasil, yo sabía que esas afecciones eran comunes aquí y comencé a estudiarlas. Encontré una gran cantidad de pacientes y logré establecer métodos de diagnóstico y de tratamiento para esas enfermedades.

¿No existía un tratamiento en aquella época?

No lo había. Todo era un desorden, no había protocolos de seguimiento, ni de tratamiento... Acabé involucrándome no sólo con la investigación, sino también con actividades de organización y también de tratamiento. Convencí al Ministerio de Salud para establecer un programa de tratamiento de los pacientes con anemia falciforme. Ese programa todavía existe y evolucionó para hacer también el diagnóstico neonatal.

Eso constituyó un aporte tanto en términos de investigación básica como de interferencia directa en su aplicación.

Exactamente. Existía otro componente de esas enfermedades que era la talasemia, una enfermedad compleja en términos de tratamiento, pues exige que el paciente reciba transfusiones regulares de sangre. Se necesita un lugar donde atenderlos y evaluarlos mensualmente. Una de las complicaciones reside en la acumulación de hierro en el organismo. Para eliminar este elemento, en aquella época, solamente existía un medicamento inyectable, de administración lenta. Para eso, se utiliza una bomba de infusión, que no existía en Brasil y no había manera de importarla. Con un colega, Sebastião Ismael, ideamos una de esas bombas, que se fabricó allá por el tiempo del Ibicc [el Instituto Brasileño de Educación, Ciencia y Cultura] con Isaias Raw.

¿La talasemia presenta menor prevalencia en la población que la anemia falciforme?

Es más o menos la mitad. La forma más grave de anemia falciforme es causada por la homocigosis del gen de la hemoglobina S. La prevalencia del heterocigoto afecta a alrededor del 2% de la población, aquí en el estado de São Paulo. Esto varía de un lugar a otro en Brasil porque fue introducida mediante el tráfico de esclavos. Donde hay una

población con mayor frecuencia de genes africanos, la incidencia es mayor. La talasemia es otro tipo de alteración del mismo gen beta, que, cuando el individuo es homocigoto, se presenta como una enfermedad muy grave. Esta mutación proviene de las regiones mediterráneas, principalmente de Italia, Portugal, España y en parte, también del Líbano.

¿Esos estudios fueron los que condujeron a otro campo de investigación, la genética de poblaciones?

Así sucedió. El mundo cambió, todos empezaron a estudiar el ADN. Y mi grupo comenzó a analizar, en Ribeirão Preto, durante los años 1980, el ADN relacionado con algunas enfermedades, y más tarde, con la genética poblacional. Nuestro estudio se enfocó en el gen de la anemia falciforme (beta S). En regiones cercanas al gen hay elementos que denominamos polimorfismos, que definen haplotipos. En el gen de la anemia falciforme, según el sitio de África, el gen beta S siempre es el mismo, pero el haplotipo al que se asocia es distinto. Cuando examinamos a los individuos de raza negra en la población brasileña que presentan anemia falciforme, analizamos el gen y lo que se encuentra alrededor del mismo. Así se puede saber de qué región de África provienen sus antepasados y recomponemos el historial del tráfico de esclavos hacia Brasil. Al hacer esto, nos topamos con una sorpresa. El patrón de los africanos que se introdujo en Brasil es muy diferente al de aquéllos que fueron conducidos hacia Estados Unidos. Fuimos los primeros en demostrarlo.

¿Ése es el estudio que demuestra de qué región africana provenían ellos?

Así es. Más o menos un 60% proviene de las regiones con haplotipo bantú, esto es, de Mozambique, República Centroafricana, Angola y el sur de África. De la región de Benín proviene entre un 30% y un 35%. Y de la región de Gambia y Senegal, entre un 1% a un 2%. En Estados Unidos predominan los de Benín, con alrededor de un 60%, un 15% de Senegal y un 15% de Gambia. Luego de realizar este estudio, encontré un libro que se titula *The atlantic slave traffic*, de Philip Curtin, quien trabajando con documentos originales de los puertos de partida y de arribo revela cifras exactamente iguales a las nuestras.

¿La tercera fase de contribuciones se refiere a la genómica?

Sí, en ese entonces ya me había apartado de la medicina propiamente dicha, tenía un grupo que estudiaba cuestiones de genética molecular y genética poblacional, cuando se inició la secuenciación de la bacteria *Xylella fastidiosa*, en 1998, un hito importante de la ciencia brasileña.

¿Su laboratorio poseía algún dominio de esa tecnología?

Así es, pero el programa genoma atrajo la atención hacia este trabajo y eso nos favoreció mucho. Después de la *Xylella* nos unimos para el estudio del genoma del cáncer con Ricardo Brentani, del Hospital del Cáncer, y con Andrew Simpson, del Instituto Ludwig. Simultáneamente, surgió la oportunidad de organizarnos en un Cepid, en el año 2000, y decidimos estudiar la terapia celular y las células madre. Tuvimos gran éxito y logramos avanzar en temas que eran desconocidos en esa época. Las células mesenquimales, por ejemplo, eran consideradas exclusivas de la médula ósea.

Nosotros revelamos que existen en la vena umbilical, en la arteria safena, y luego describimos que existen prácticamente en todos los tejidos, tanto adultos como fetales, pues se trata de un tipo de células que están presentes en la parte exterior de los pequeños vasos, y se las denomina pericitos. Brindamos un aporte relevante a ese tipo de conocimiento.

¿Ése es su trabajo con mayor cantidad de citas?

El más citado es la secuenciación de la *Xylella*, donde hay más de 100 autores. El segundo es el primer análisis realizado en el mundo sobre el estándar de expresión génica de las células mesenquimales, de 2003. Y el tercero es el que demuestra que las células mesenquimales, obtenidas de fuentes muy diferentes, poseen un estándar y propiedades muy similares a los pericitos y a los fibroblastos.

Usted vivió la etapa de euforia por la genómica y transita la etapa actual donde está claro que aún queda un largo camino por recorrer. ¿Qué piensa actualmente de ese panorama?

Para la ciencia siempre es así. Redacté un libro junto a Dimas Covas titulado *Células-tronco, a nova fronteira da medicina*, sobre terapia celular. En el prólogo menciono que el entusiasmo exagerado, en gran parte instigado por la prensa, se repite frecuentemente. Yo advertía que había, en aquel momento, en 2006, una expectativa absolutamente irreal en relación con las células madre, como si aquello fuera a salvar a la humanidad en unos días. La técnica de producción de linajes de células madre embrionarias es muy complicada. Con la genómica ocurrió lo mismo. Actualmente es difícil concebir un trabajo de biología celular molecular que no implique la secuenciación de genes. De ahí a creer que eso resolverá todo el conocimiento concerniente a la biología sería una gran ingenuidad.

Pero ha habido avances.

La historia muestra que ningún tema de la ciencia se resuelve con una técnica o con un único descubrimiento. Dimos un paso más y perfeccionamos el conocimiento. Pero ahora ya contamos con un medicamento de venta en farmacias que se desarrolló porque se descubrió el gen en una neoplasia, se lo secuenció y se descubrió que era un gen híbrido, que alteraba la síntesis de una determinada proteína. La industria farmacéutica elabora un inhibidor que se utiliza por vía oral e impide el funcionamiento del gen, y así el individuo mejora de su enfermedad. Por eso, por supuesto que la genómica produjo efectos, y los va a continuar produciendo. Es posible que la plaga del *amarelhão* (Clorosis variegada de los cítricos – CVC) causada por la *Xylella*, no haya sido resuelta. Pero eso es algo menor comparado con los beneficios que hemos obtenido. ■

En los scores del ranking de Shangái, la USP presenta un desempeño excepcional



De la audacia a la innovación

Fabrício Marques

PUBLICADA EN DICIEMBRE DE 2012

EDAD 57 años

ESPECIALIDAD
Química orgánica

ESTUDIOS
Universidad de Campinas (Título de grado y doctorado)
Universidad de California, en Berkeley (posdoctorado)

INSTITUCIÓN
Universidad de Campinas

La carrera académica de Ronaldo Aloise Pilli, prorrector de Investigación de la Universidad de Campinas (Unicamp), está unida a la historia de esta institución de enseñanza e investigación que se transformó en una de las más importantes del país. Según el *ranking* internacional de universidades de la Times Higher Education, se ubica entre los puestos 251º y 275º, únicamente detrás, en Brasil, de la Universidad de São Paulo, ubicada en el puesto 158º. Pilli ingresó en la Unicamp en 1973, en la séptima promoción del Instituto de Química (IQ), inmediatamente después se doctoró, bajo la dirección de uno de los muchos profesores extranjeros que contribuyeron a fundar la universidad, el estadounidense Albert Kscheres, y se convirtió en profesor titular del IQ en 2000, luego de hacer un posdoctorado en la Universidad de California, en Berkeley. Especialista en química orgánica, con énfasis en la síntesis de fármacos y productos naturales, es responsable por más de una decena de patentes, lo cual no sorprende en una universidad que solamente se ubica detrás de Petrobras en cuanto a la cantidad de soli-

citades de patentes entre 2004 y 2008, en el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial (INPI). Su trabajo en lo referente a innovación no rivalizó con su carrera como profesor: Pilli formó a 40 magísteres y doctores en el área de química orgánica.

Al frente de la Prorrectoría desde 2009, Pilli llevó adelante un conjunto de estrategias con el objetivo de internacionalizar aún más la investigación de la institución. Una de ellas fue un programa destinado a atraer a profesores visitantes extranjeros interesados en pasar dos años en la Unicamp con el aliciente de participar en un concurso para ingresar a la carrera docente al finalizar ese lapso. Los avisos en revistas científicas internacionales atrajeron a decenas de interesados y once de ellos fueron seleccionados y se encuentran en Campinas. También contribuyó a reorganizar la infraestructura de investigación de la institución, ampliando el apoyo a docentes en comienzo de carrera y coordinando la creación de laboratorios de investigación multidisciplinaria. Casado, padre de dos hijos, en vísperas de convertirse en abuelo, Pilli resumió la evolución de la investigación en la Unicamp en la entrevista que le concedió a *Pesquisa FAPESP*.

Usted ingresó en la Unicamp como alumno de grado en 1973. ¿Qué es lo que cambió en cuanto a investigación en la institución en estas casi cuatro décadas?

La Unicamp nació de una idea audaz: se implantó bajo la égida de la enseñanza e investigación como actividades inseparables. En poco tiempo, la extensión también se constituyó como una actividad como fin. En aquella época el modelo no era ése, al menos no para las universidades brasileñas. La Unicamp estableció su cuerpo docente enfocándose fuertemente en la capacidad para desarrollar investigación y enseñanza de grado y posgrado, lo cual es otra característica bastante actual. Así fue como se destacó rápidamente en ciertas áreas, porque consiguió congregarse a investigadores extranjeros y brasileños en un lapso de tiempo relativamente breve. En 1966 se fundó la universidad. Yo llegué aquí en 1973 y en 1976, cuando me gradué, la Unicamp ya sobresalía en las áreas de ingeniería, física y humanidades. En química comenzaba a desarrollarse.

Siempre fue parte de la vida de la Unicamp transferir competencia académica a la innovación

Había muchos docentes extranjeros. Más de la mitad de los profesores llegaron de afuera cuando se fundó la universidad.

También había muchos brasileños con experiencia en el exterior. En el Instituto de Química, al cual pertenezco, había docentes egresados de la USP, doctorados recientemente, que vinieron aquí aceptando el desafío de construir una universidad en el interior del estado, en la cual pocos creían. Recuerdo que hubo profesores que rehusaron la invitación para desempeñarse en la Unicamp a tiempo parcial

y sin exigencia de desvincularse de su universidad de origen. Fue una experiencia audaz. Nunca existió en la Unicamp el catedrático que establecía todas las reglas. Cada joven profesor contaba con total libertad para desarrollar su área de investigación. Eso fue importante para posibilitar que los talentos y las competencias fluyeran. La Unicamp implementó el posgrado casi concomitantemente con las carreras de grado, aunando investigación, enseñanza e innovación. Otra característica fue que el falso dilema entre ciencia básica y ciencia aplicada nunca dividió nuestro ámbito universitario. Existían reservas en cuanto a las cooperaciones con empresas, pero eso quedó neutralizado cuando muchos de nuestros mejores académicos demostraron que era posible conciliar una reputación sólida con una impronta innovadora. Lo que actualmente es una pauta en Brasil, que necesitamos transferir nuestra competencia académica hacia la innovación, forma parte de la vida de la Unicamp desde siempre.

¿Cuál es el tamaño del aporte de la Unicamp a la investigación brasileña?

Si computamos toda la producción oriunda de la universidad, ese porcentaje alcanza el 15% del total de Brasil. Si hablamos de artículos indexados en bases de datos, tales como Web of Science, el porcentaje es algo menor. La Unicamp responde por alrededor de un 12% de la producción científica del país. En 2011 tuvimos 4 mil publicaciones en periódicos indexados para un plantel de aproximadamente 1.800 profesores. Son más de dos publicaciones por investigador, una relación que es la más alta entre las universidades brasileñas.

¿En qué áreas sobresale principalmente la Unicamp?

La Unicamp mantiene una marcada y larga presencia en las ciencias naturales. Las áreas de física, química, matemática y biología son reconocidamente fuertes. Eso se percibe claramente en la evaluación de sus programas de posgrado realizada por la Capes [la Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Nivel Superior], muchos con nota 7. Contamos con excelencia en las áreas de ingenierías, en el campo de la medicina. La Facultad de Ciencias Médicas despunta gracias a su atinada política de selección de sus nuevos profesores. Es una facultad grande, pero con un gran compromiso de los docentes en investigación. En humanidades se destacan el Instituto de Estudios del Lenguaje y también el Instituto de Filosofía y Ciencias Humanas. También contamos con la carrera del Instituto de Artes, que está conquistando un espacio destacado en la producción de artes y en la parte académica. La Unicamp está ampliando su liderazgo en algunas áreas. Esto se refleja en los Institutos Nacionales de Ciencia y Tecnología. Contamos con nueve institutos, no casualmente en medicina, física, química e ingenierías.

Algo en lo que se diferencia la Unicamp es su vocación por la innovación. En cuanto a la cantidad de patentes, sólo se ubica detrás de Petrobras. ¿Cuál es la fórmula para mantener un cuerpo de investigadores abierto a la innovación?

Cuando se reclutó el cuerpo docente, a finales de la década de 1960, algunos vinieron de laboratorios de investigación en empresas. Varios docentes del Instituto de Física trabajaron en Bell Labs, un referente mundial en aquella época, y ya tenían apertura en cuanto a la relación entre la investigación académica de conocimiento básico y la de conocimiento aplicado. Nunca tuvimos un sistema de cátedras y eso es lo que permitió que fluyesen las iniciativas personales. Si uno cuenta con total libertad para encauzar su investigación hacia una aplicación o profundización del conocimiento básico, es bastante más probable que aparezcan más innovaciones que en un sistema en el que uno se encuentra sometido a una decisión superior. También tiene importancia el hecho de que los docentes tengan éxito *stricto sensu*, pues publican en buenas revistas, son reconocidos en el exterior, son citados, premiados, etc. Eso demostró que no había incompatibilidad entre desarrollar conocimiento y aplicarlo en una innovación, u obtener una patente. La

universidad mantiene un volumen anual de 50 depósitos de patentes en el INPI. También otorgamos licencias, lo cual es aún más importante en términos de reconocimiento de la utilidad de una invención. Todo ello explica el segundo lugar en el INPI, inmediatamente detrás de Petrobras. Algo insólito, ya que no es lo que ocurre en la mayoría de los países. Pero es una particularidad del sistema de innovación en Brasil que una universidad sea uno de los actores principales en el escenario de la innovación tecnológica. El reto actual consiste en contar con una capacidad para depositar una mayor cantidad de patentes y tecnologías en el exterior, para convertirnos en *players* internacionales.

¿Cómo es la relación de la Unicamp con las empresas?

Inova, nuestra agencia de innovación, existe desde 2003, pero mucho antes de eso ya funcionaba una oficina de innovación. Durante los últimos años hemos recibido visitas y mantenido tratativas con una gran cantidad de empresas. La idea es fortalecer esa relación en el marco de aquella que es la misión de la universidad: capacitar recursos humanos con la más alta calificación y avanzar en el conocimiento. Sin dejar de lado esa misión, dialogamos con cualquier agente, público o privado. Los recursos para la investigación provienen de contratos, de convenios que concertamos y establecemos con empresas públicas y privadas. La FAPESP responde por alrededor de un 40% de nuestro presupuesto en investigación. La Capes y el CNPq también representan un porcentaje importante. Pero alrededor de un cuarto de los recursos para investigación proviene de convenios y contratos con empresas públicas y privadas. Las empresas nos consultan porque saben que la universidad tiene interés en analizar propuestas.

¿Cuáles son los principales ejemplos de ello?

Petrobras, Braskem, Shell, CPFL, Repsol y Microsoft constituyen ejemplos de algunos de los convenios recientes. Hay gran colaboración con empresas del área médica interesadas en acordar colaboración, tanto para ensayos clínicos como para investigación básica.

¿Por qué se estimula el emprendedorismo incluso en el área de la danza y la música, con la oferta de cursos que orientan a los alumnos a captar recursos de la Ley Rouanet?

Nuestra agencia de innovación cuenta con acciones transversales, y ésa es una de ellas, para que la universidad no sólo brinde una buena formación técnica a nuestros estudiantes sino que también les suministre herramientas para que puedan constituir sus propias empresas, busquen la financiación prevista en las leyes y puedan ser emprendedores en el futuro. Es una forma de prepararlos para un mercado laboral que hoy en día presenta diferentes configuraciones. Tenemos un historial de más de 200 empresas creadas mediante algún vínculo con la universidad. O son de ex alumnos o fueron incubadas aquí. Muchas son exitosas en el mercado brasileño y otras incluso cuentan con representación en otros países.

Durante su gestión, la Prorrectoría de Investigación ha buscado internacionalizar más la investigación que se lleva a cabo en la Unicamp. ¿Cuál es el saldo de este período?

En primer lugar, hemos intentado transmitir a través de iniciativas concretas que los docentes deben equilibrar sus actividades de enseñanza, investigación y extensión. Está claro que no todos logran alcanzar la excelencia en los tres pilares de la universidad, pero debemos estar atentos. En lo referente al apoyo, detectamos la necesidad de mantener la ayuda institucional para cubrir ciertas demandas que las agencias de financiación no cubren.

Por ejemplo...

Las obras, la construcción de nuevos laboratorios. En cuanto a ello, somos responsables de tres grandes proyectos. Uno es un laboratorio central de tecnología de alto desarrollo de prestación de servicios para las áreas de genómica y proteómica, bioinformática y biología celular. Contamos con el apoyo de la FAPESP por medio del pliego del Programa Equipamientos Multiusuarios, y la universidad invierte 6 millones de reales en la construcción del edificio. Otra iniciativa es el Centro Paulista de Investigación en Bioenergía, que involucra a las tres universidades estatales paulistas. La FAPESP participa en este programa financiando proyectos de investigación. Recibimos 15 millones de reales de la gobernación del estado y estamos renovando un sector de 4 mil metros cuadrados destinado a albergar laboratorios del área. Estamos construyendo un edificio sede, sobre otros mil metros cuadrados, y terminando de contratar a cinco docentes para desempeñarse en el área de bioenergía. En el presupuesto de 2013 se contemplan recursos para contratar a otros cinco docentes. Sumados a los actuales investigadores, constituirán un grupo de 50 profesores que actuarán en el área de bioenergía. Mediante una selección interna, que contó con la participación de asesoría externa para la evaluación de las propuestas, ofrecemos la posibilidad de contratar técnicos de nivel superior para ayudar con las actividades de los grupos de investigación, con sólida reputación en sus especialidades y reconocida capacidad de captación de recursos. Se autorizaron 45 contrataciones para grupos apoyados por proyectos temáticos, INCTs, multiusuarios y colaboraciones internacionales. Finalmente, implementamos los Laboratorios Integrados de Investigación (LIP) donde se realizarán investigaciones de naturaleza interdisciplinaria. Esta estructura será el marco de actuación para investigado-

**Más de 200
empresas fueron
creadas por
ex alumnos o
incubadas
dentro de la
universidad**

res por tiempo determinado, a los efectos de desarrollar proyectos financiados por agencias externas de fomento. También emitimos dos pliegos de infraestructura para reformar laboratorios de investigación. La Unicamp fue pionera al contar con una unidad de apoyo al investigador, que apunta principalmente a ayudar a los investigadores en cuanto a la rendición de cuentas de sus proyectos y a eximirlos del trabajo administrativo. Actualmente hay cinco empleados trabajando localmente y otros dos en divisiones con alta demanda para ese servicio, y que, al haber captado recursos mediante proyectos temáticos de la FAPESP, se hicieron acreedores a contar con un empleado para la administración de esos proyectos.

¿El apoyo se encuentra supeditado a la capacidad para captar recursos?

A partir de tres proyectos temáticos, cada unidad puede solicitar a la Prorectoría de Investigación la contratación de un empleado no docente para prestar servicios administrativos en cuanto a la gestión de los proyec-

tos. Se encuentra vinculado con la captación de recursos. Debemos contar con una contrapartida a la inversión que hará la universidad a través del pago de sueldos y otros beneficios. Esperamos que eso crezca, que las unidades justifiquen cada vez más la contratación de este tipo de personal de apoyo en la gestión de las actividades.

¿Cómo ha renovado la universidad su cuerpo de investigadores?

Hemos tenido un fuerte aumento de la cantidad de contrataciones docentes.

Para el año que viene está

prevista la contratación de 75 nuevos docentes. Es necesario ofrecerles condiciones para el inicio de sus actividades, para que puedan montar sus grupos, captar recursos, atraer estudiantes. Proveemos una pequeña ayuda inicial que llega a casi 50 mil reales por docente. De ese total, 15 mil reales puede solicitarlos ni bien elevan la solicitud de ayuda a la investigación a alguna agencia de fomento nacional o internacional. Esto sirve para acondicionar el lugar de trabajo, adquirir equipamientos, reactivos, todo eso. Y si esa ayuda se aprueba, adquiere el derecho a una beca de maestría. Un joven docente generalmente tiene dificultades para conseguir alumnos para dirigirlos, porque recién está empezando a construir su reputación académica. Esto lo ayuda a asegurarse de que contará con un alumno de maestría. También contamos actualmente con unos 1.500 becarios de iniciación científica. Si ese joven docente acopla esa ayuda inicial con algunos becarios de iniciación científica, en uno o dos años habrá

constituido un pequeño grupo de investigadores que podrá consolidarse y atraer a otros investigadores en un futuro.

¿En qué situación se encuentra el esfuerzo tendiente al arribo de docentes extranjeros?

Aunque la Unicamp haya nacido mediante un fuerte aporte de experiencia internacional, con el paso de los años y por varios motivos, eso dejó de ser tan fuerte como era, lo cual constituye una muestra del estado del sistema nacional de posgrados. Una de las iniciativas que instituímos apunta a atraer docentes del exterior. Un brasileño radicado en el exterior o un extranjero que desee venir a la Unicamp puede ser recomendado por una unidad de enseñanza e investigación para el programa profesor visitante. La única obligación que tiene esa unidad es que, hasta el final del segundo año, se abra un concurso en el área de especialización de ese docente, puesto que la invitación para que venga significa que se trata de un área estratégica. Si la unidad necesita un experto en sistemas numéricos, puede invitar a un buen investigador en el área para que se radique aquí por un lapso de dos años. De ese modo, podrá conocer nuestro sistema universitario y nos permitirá conocerlo en profundidad, y al finalizar ese período puede participar en el concurso. Actualmente tenemos 11 docentes en ese programa. Siete son extranjeros y cuatro son brasileños que estaban afuera y regresaron. También disponemos recursos del presupuesto para promover visitas de corta duración, de entre 15 y 60 días, para investigadores extranjeros destacados en sus áreas, con el objetivo de acelerar el proceso de inserción de nuestros jóvenes docentes en colaboraciones internacionales. Los docentes con propuestas aprobadas obtuvieron recursos para visitar el laboratorio asociado en el exterior durante el mismo lapso de tiempo. En ambas visitas, estaba previsto que un estudiante de doctorado o posdoctorado pudiera visitar el laboratorio colaborador.

¿Por qué es tan importante para las universidades los ranking de desempeño académico? ¿Qué está haciendo la Unicamp para mejorar en ellos?

La Unicamp es una universidad de mediano porte, cuya vocación pasa por la calidad. Tenemos unos 30 mil estudiantes. No está en nuestro horizonte ser una universidad con más de 40 ó 50 mil estudiantes. La producción científica aumenta de manera natural, pero no hay señales que indiquen que la universidad será numéricamente mayor que lo que es. Al mirar un *ranking*, nos preguntamos si éste está midiendo la calidad o la cantidad de producción de la universidad. Sea cual sea el parámetro que mida, la Unicamp es una de las mejores de Brasil, tal como cuando uno compara los números de las carreras de posgrado con notas 6 y 7 en la Capes, producción académica por profesor, la demanda de ingreso en los posgrados o las solicitudes para ingresar en sus carreras. En las unidades, estamos promoviendo el diálogo con instituciones de prestigio en el exterior. Se realizaron y se harán más *workshops* con reconocidas universidades internacionales. Esperamos que eso cree lazos más duraderos. No nos interesa enviar un estudiante por seis meses y tenerlo de

La finalidad de la Unicamp consiste en apuntar a la calidad. Nunca tendremos más de 40 mil ó 50 mil alumnos

regreso. Eso no modifica la percepción que la comunidad científica mundial tiene de la Unicamp. Es necesario que nos involucremos en grandes proyectos y colaboraciones y que nuestros trabajos logren visibilidad.

Me gustaría que hablara de su trayectoria, los tres períodos en el exterior...

Tengo un posdoctorado de dos años, en la Universidad de California, en Berkeley, y luego tuve dos períodos como profesor visitante, en Alemania e Inglaterra, de corta duración. Pertenezco a una generación en la que el posdoctorado en el exterior era algo obligatorio. Toda la comunidad académica esperaba que, luego del doctorado, uno se dirigiera a una universidad prestigiosa en el exterior, regresara y estableciera una línea de investigación propia. Conté con la ayuda del director de mi doctorado, Albert Kascheres, estadounidense, para la elección de buenos grupos en el exterior. Tuve la suerte de integrar el grupo que sobresalía en mi área, que es la síntesis orgánica. Pude aprender, regresar a Brasil y establecer un laboratorio de síntesis asimétrica y de productos naturales. Hasta entonces no había una concentración de esfuerzos en ese ámbito, que proyectaba su importancia en la síntesis de fármacos, el área agrícola y la de alimentos. Mi trayectoria comienza en 1973. Al cabo de cuatro años de grado y otros cuatro de doctorado, me dirigí a la Universidad de California, en Berkeley. Regresé al final de 1984, y 1985 fue mi primer año aquí como investigador independiente. Llevo 27 años de trabajo en química orgánica, más de 40 estudiantes de posgrado formados, más de dos docenas de alumnos en iniciación científica. En los últimos tiempos he tenido experiencias administrativas, como director del Instituto de Química y como prorector de Investigación.

Hablemos sobre su aporte como investigador. Su área es la química orgánica. ¿De dónde proviene su interés por ella?

Mi graduación es como químico y estoy especializado en química orgánica, que versa sobre la transformación de la materia orgánica simple en productos más complejos. Comencé el doctorado estudiando algunas reacciones de cicloadición, que es una familia importante de reacciones orgánicas, estudiándolas desde el punto de vista metodológico, es decir, analizando en qué situaciones la reacción podría ocurrir y cómo ocurría. En el posdoctorado pasé a estudiar la síntesis, la preparación en laboratorio de productos naturales, sustancias químicas que se encuentran en la naturaleza y que cuentan con alguna utilidad práctica, pero que no pueden extraerse de la naturaleza en la cantidad necesaria. Un ejemplo de ello son los fármacos. Muchos fármacos se inspiran en productos naturales, pero la naturaleza no puede aportar la cantidad necesaria para tratar a una gran cantidad de personas. Ahí aparece la síntesis orgánica, pues se produce en laboratorio aquello que a la naturaleza le insumió miles de millones de años desarrollar, en una cantidad que permite su acceso a un gran número de personas. Hice ese posdoctorado en un área de síntesis del antibiótico eritromicina, que, en esa época, era el santo grial de la síntesis orgánica, una es-

tructura de las más complejas que se podía sintetizar y producir en laboratorio. Cuando regresé a Brasil, apliqué la metodología en un área distinta, que son las feromonas, las sustancias que los insectos utilizan para comunicarse. Muchas feromonas tienen importancia directa en la agricultura. En ese caso, las sustancias no eran tan complejas como las que había estudiado en el posdoctorado. Las condiciones estructurales con que contábamos permitían que aplicara ese conocimiento en un dominio menos complejo, aunque no por ello menos importante, puesto que esas sustancias se utilizan para el control de plagas. A medida que las condiciones de investigación mejoraron, comencé a involucrarme en la síntesis de fármacos y de productos naturales más complejos, además de métodos catalíticos para la síntesis de productos naturales. Actualmente me encuentro enfocado en la conjugación de mi competencia en síntesis orgánica con el campo de la química medicinal. Colaboro con varios grupos para que lo que produzco en laboratorio pueda ser testeado en lo relativo a diferentes actividades biológicas, tal como la actividad anticáncer.

¿Cuenta con dos proyectos sobre cáncer, no es así?

Cuento con un proyecto temático en curso que intenta congregar a diferentes áreas del conocimiento en la búsqueda de nuevas estructuras que puedan interferir en el metabolismo de las células cancerígenas. Hay varios colegas que participan en la parte de síntesis de nuevas moléculas, grupos que realizan la parte de biología estructural, actividad enzimática, estudios farmacológicos, etc. En definitiva, se trata de diferentes especialidades que trabajan en conjunto para

que nosotros no tengamos que detenernos tan sólo en la producción de una molécula nueva, sino que nos aboquemos a evaluar el potencial que ésta tiene y, a partir de ello, rediseñar nuevas sustancias que logren realizar actividades todavía mejores que aquéllas que observamos. Se trata de una interfaz entre la química orgánica, la química medicinal y un área denominada biología química, que consiste en la utilización de herramientas químicas para la comprensión de procesos biológicos. Es una evolución natural para alguien que comenzó estudiando procesos bastante básicos, luego transitó por la síntesis de productos naturales más complejos y desembocó en la aplicación de esa *expertise* para colaborar con grupos que pueden evaluar la actividad biológica de ese compuesto. Hoy en día no podríamos imaginarnos desarrollando nuevas moléculas sin evaluar sus implicaciones, ya sea como nuevos materiales, como potenciales fármacos, como agentes de control de plagas o lo que fuera. ■

La síntesis orgánica produce en gran cantidad lo que a la naturaleza le insumió miles de millones de años crear

El arte de quemar etapas

Fabrcio Marques

PUBLICADA EN MARZO DE 2013

Desde el año 2009, la microbióloga Maria José Soares Mendes Giannini coordina un conjunto de esfuerzos destinados a aumentar la calidad de la investigación científica que se realiza en la joven Universidade Estadual Paulista (Unesp). Al frente de la Prorectoría de Investigación de dicha institución durante los últimos cuatro años, Soares Mendes Giannini articuló iniciativas que desembocaron en un incremento de la cantidad de proyectos temáticos de la Unesp del 130% y en una elevación de la captación de recursos a niveles inéditos, en tanto que la producción de artículos científicos trepó un 42%. La investigadora recurrió a un conjunto de estrategias con el objetivo de combatir las asimetrías naturales de una institución que cuenta con *campi* distribuidos por 24 ciudades del estado de São Paulo. Uno de sus lemas fue la aglutinación de los esfuerzos de distintos investigadores alrededor de proyectos más robustos. Otro fue el incentivo a la inserción internacional de la ciencia producida en la universidad, mediante el estímulo a los docentes para publicar en revistas de impacto y también fomentando el arribo de científicos provenientes del exterior. También creó oficinas de apoyo a los investigadores en cada una de las unidades de la Unesp, a los efectos de eximir a los docentes de las tareas burocráticas relacionadas con la rendición de cuentas de sus proyectos. Dichos resultados la acreditaron a seguir en la conducción de la Prorectoría durante los próximos cuatro años, en la flamante gestión del rector Julio Cezar Durigan.

Nacida en Portugal, Maria José Soares vive en Brasil desde los 3 años de edad. Realizó sus estudios completos en microbiología e inmunología en la Universidad de São Paulo, en la capital paulista, con pasantías de corta duración en el exterior. En 1983 recibió una invitación para trabajar en la Facultad de Ciencias Farmacéuticas de Araraquara, de la Unesp, institución que ha cumplido 90 años, y entonces partió hacia el interior del estado. Allí fue

artífice, a finales de la década de 1990, de la creación del posgrado en análisis clínicos. “En menos de 10 años dejamos de ser una carrera no reconocida para obtener el concepto 6 de la Capes. Fue un excelente trabajo”, recuerda. Casada, madre de un hijo adulto y de otro adolescente, se reparte entre su despacho de la capital paulista, donde permanece de lunes a jueves, y Araraquara, entre los viernes y los domingos, en donde tiene su laboratorio y vive junto a su familia. Visita anualmente todas las unidades de la Unesp –“eso es importante para que los investigadores sientan que cuentan con apoyo y para que podamos escucharlos”– y mantiene asiduos contactos mediante un aparato de videoconferencias situado al lado de su escritorio. Desde 2010 integra el Consejo Superior de la FAPESP. Lea a continuación los principales tramos de la entrevista que le concedió a *Pesquisa FAPESP*:

¿Cómo coordinar esfuerzos de investigación en una universidad que cuenta con campi distribuidos por 24 ciudades?

La Prorectoría de Investigación es reciente en la Unesp. Empezó su actividad durante la gestión del profesor Marcos Macari [rector entre 2005 y 2008]. El profesor José Arana Varela fue el primer prorector de Investigación y luego asumí yo. Estamos ingresando en la tercera gestión. La Unesp es una universidad de investigación, aunque también es fuerte en enseñanza y extensión. Pero tiene esa característica particular: es una universidad de todo el estado de São Paulo. Somos la mayor universidad *multicampus* de Brasil y quizá del mundo. Si uno traza un círculo de 100 kilómetros alrededor de cada una de esas 24 ciudades, ocupamos el mapa del estado de São Paulo. Contamos hoy en día con ciencia de calidad que se hace en los más recónditos lugares del estado. Y resulta fundamental que el estado usufructúe esa investigación científica que allí se hace. Por supuesto que existen asimetrías, y el prorector de Investigación de la Unesp debe procurar vencerlas.

ESPECIALIDAD

Micología

ESTUDIOS

Universidad de São Paulo (USP)

INSTITUCIÓN

Facultad de Ciencias Farmacéuticas de Araraquara de la Universidade Estadual Paulista (Unesp)

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

117 artículos científicos, 10 capítulos de libros. Dirigió 27 tesinas de maestría, 15 tesis doctorales y 26 trabajos de iniciación científica. Supervisó 7 pasantías posdoctorales



La investigación en la Unesp empezó siendo más fuerte en unidades más tradicionales, como el campus de Araraquara. ¿Cómo propagar un determinado estándar hacia todas las unidades?

Las facultades de Farmacia y de Odontología cumplen este año 90 años, y ya estaban inmersas en un proceso que comprendía a la investigación. Al igual que la antigua Facultad de Filosofía, Ciencias y Letras de Araraquara (FFCLA), actual Instituto de Química y Facultad de Ciencias y Letras. Pero no es solamente en ellas que empezamos con vigor. En Jaboticabal, en el área de ciencias agrarias, también fue así. Si uno observa el porcentaje de investigaciones realizadas en nuestra universidad en ciencias agrarias, verá que es una cantidad sumamente significativa, que surge también desde otras unidades. Los institutos de Química, de Física Teórica y de Biociencias de Botucatu y de Río Claro se ubican entre las unidades con investigación científica más internacionalizada. Al principio, en 1976, se incorporaron 14 *campi*, 10 menos que los que existen actualmente. La universidad tiene ahora 36 años y con el correr del tiempo se fue concretando la inserción de otras unidades. Hasta las más recientes desarrollan investigación de calidad y cuentan con programas de posgrado. Hay docentes extranjeros trabajando en Ilha Solteira, en São José do Rio Preto y en otras distintas unidades. Si no contásemos con una

universidad pública de calidad, ¿cómo haríamos para atraer a los extranjeros para que hagan investigación de alto nivel acá? El proceso cimentado en este historial ha venido expandiéndose, y desde 2005 se registra una divisoria de aguas. Hicimos un mapa de los grupos de investigación, de los tipos de publicaciones y de los periódicos en que publicábamos y había muchas asimetrías. Hoy en día ya no las hay. Contamos con una investigación científica fortalecida, creciente y ascendente, que

aporta superlativamente al desarrollo de la ciencia y la tecnología en el país. En los últimos cuatro años se concretó la contratación de casi mil docentes, más de 60 investigadores, se cubrieron más de 30 puestos de nivel superior para contemplar la demanda de grandes equipamientos, y este contingente de personal altamente calificado llevará a la consolidación de la investigación en la Unesp. Nuestro foco actual consiste en internacionalizar cada vez más la investigación para hacerla más contemporánea, con mayor impacto nacional e internacional. Estamos haciendo nuestro aporte como agentes activos de la promoción del desarrollo científico y tecnológico del estado y del país y para transferírsele a la sociedad.

¿Podría mencionar datos de esta evolución?

Voy a comparar 2007 con 2011, porque los datos de 2012 aún no han sido consolidados completamente. Si comparamos ambos cuatrienios, verificamos un incremento de la produc-

ción científica en la base de datos ISI, de Thomson Reuters, del 42%. Esto es muy significativo. Uno de los objetivos de la Prorectoría cuando asumimos era sumar y aglutinar competencias para construir ciencia de calidad, fortaleciendo así las capacidades institucionales alrededor de propuestas innovadoras; por eso realizamos una serie de seminarios y *workshops* temáticos. Vinieron entonces invitados provenientes de distintas universidades de Brasil y del exterior. Las discusiones se realizaron con el objetivo de impulsar avances en temas ligados a la frontera del conocimiento y en consonancia con la agenda nacional. Los grupos de investigación de diferentes áreas participaban en las discusiones de esos encuentros. Así es como se llega a una ciencia más transversal, inter, multi y transdisciplinaria. Los distintos puntos de vista producen una calidad, una impronta tal que suele pasar que los grupos con enfoque disciplinario no desarrollen algo así. Esto es lo que estamos intentando llevar adelante acá en la Unesp. El gran reto de la distancia entre los *campi* consiste en transformar grupos aislados en grupos con mayor inserción en la propia Unesp y fuera de ella. Contamos con grupos muy fuertes, tales como los de materiales cerámicos y el de nanotecnología, o los de productos naturales, o el núcleo de computación científica, el Grid Unesp, que tiene un hermoso trabajo internacional y atiende a la propia universidad. Contamos con grupos que coordinan programas Cepid de la FAPESP y de los Institutos Nacionales de Ciencia y Tecnología, como el que está vinculado a relaciones internacionales, o el de nanotecnología y el de fisiología comparada, por ejemplo. Está el Instituto Confucio, considerado el mejor del mundo. Tenemos grupos consolidados, y nuestro trabajo consiste en lograr que nuevos grupos cobren relevancia en sus áreas de conocimiento.

Una de sus preocupaciones tuvo que ver con el aumento de la producción en ingenierías y en humanidades, para equipararlas a las ciencias de la vida. ¿En qué punto se encuentra ese esfuerzo?

En ciencias de la vida tenemos una fuerte inserción, con casi el 70% de lo que se produce en la Unesp. Dos áreas en las que existía una gran asimetría eran las de ingenierías y la de humanidades. Creamos entonces el Proyecto Renove: Renove Ingenierías y Renove Humanidades [*renove*: renueve en portugués]. El enfoque consistía no solamente en conceder recursos mediante la emisión de pliegos, sino también en la idea de que los proyectos debían aglutinar competencias en dichas áreas. Pienso que estamos ya recibiendo alguna respuesta positiva. También se crearon los foros de humanas y ahora el de ingenierías, para crear lazos de cooperación y nexos con la innovación. En nuestra universidad se crearon 11 carreras de ingeniería. Tres ya están en funcionamiento: la de ingeniería ambiental, en São José dos Campos, y las de bioprocesos e ingeniería química, en la Facultad de Farmacia y en el Instituto de Química de Araraquara, respectivamente. Algunas todavía se encuentran en fase implementación y sin lugar a dudas contribuirán para desarrollar recursos humanos con mayor enfoque de base tecnológica, necesarios tanto en el estado como en el país.

¿Los científicos responden positivamente a estas iniciativas?

Sí, han respondido bien. Los foros contaron con una gran

Si no contásemos con una universidad pública de calidad, ¿cómo podríamos atraer a extranjeros para hacer investigación científica de alto nivel?

cantidad de participantes, y se realizaron justamente para detectar y reconocer las competencias académicas instaladas en la universidad con un enfoque en las grandes áreas del conocimiento. Estas acciones dieron inicio al incentivo y el fomento la publicación de varios libros electrónicos (*e-books*), dentro de las series Desafíos Contemporáneos, del área de humanas, y Fronteras, en áreas del conocimiento de interés nacional tales como nanotecnología, bioenergía, productos naturales, biotecnología, alimentos y seguridad alimentaria y otras, lo que consistió en un trabajo más eficiente de divulgación de los grandes grupos de investigación. Pero se verificó que existía la necesidad de emprender otras acciones, entonces ampliamos el programa Renove de manera más abarcadora, extendiéndolo a grupos de la universidad que se encontraban alejados del proceso de investigación. Existe un contingente de docentes que precozmente se fueron hacia la gestión y no desarrollaron carreras ligadas a la investigación. Resolvimos por eso lanzar el programa Renove Geral [Renovación General, en portugués], que es para todas las áreas, para atraer a los docentes que se encuentran fuera de la logística de fomento. Se evalúan los procesos y, con los recursos, se incluye una beca de iniciación científica, todo eso para que vuelvan a investigar, a publicar y a comprometerse con una línea de investigación y en programas de posgrado.

La cantidad de proyectos temáticos aprobados ha aumentado; pero, ¿en qué proporción?

La cantidad de temáticos ha aumentado casi un 130%. Y en términos de valores económicos el crecimiento fue de casi un 340%. Sabemos que la labor científica requiere recursos humanos calificados y una buena infraestructura de investigación. A tal fin, contamos con recursos bastante significativos provenientes de la FAPESP, en el marco del Programa de Equipamientos Multiusuarios, de la Finep, vía pliego de infraestructura (con un aumento del 340%), de la Capes y del CNPq. La infraestructura de investigación ha mejorado y actualmente contamos con muchas *facilities*, muchas construcciones nuevas, nuevos laboratorios. Para que se produjese un crecimiento de la investigación fue necesario crear nuevos espacios y aglutinar competencias. En tal sentido, se institucionalizaron los institutos especiales, con la presencia de investigadores de distintos *campi*. Los organismos colegiados aprobaron cuatro institutos especiales. Uno de ellos es el Bioenergía, con sede Rio Claro –pero con otros ocho laboratorios asociados–, creado junto con las otras universidades estatales paulistas y vinculado al Centro Paulista de Investigación en Bioenergía. Se formateó un programa de posgrado conjunto, de las tres universidades, lo que es fantástico en términos de experiencia. Se creó el Instituto del Mar en São Vicente, aglutinando competencias de diversos *campi*. Hay un grupo fuerte en Rio Claro ligado a la geología, y allí también se encuentra instalado el Centro de Geociencias Aplicadas al Petróleo (Unespetro), fuertemente vinculado a Petrobras. Está el Instituto de Biotecnología de Botucatu, que es también sede del bioterio central, en el cual se insertan muchos otros grupos con diferentes temáticas y de diversos *campi*. También se creó el Instituto de Políticas Públicas y Relaciones Internacionales, que está ubicado actualmente en Praça da Sé, en el centro de São Paulo. Allí se

cursan carreras de posgrado, y también existe la perspectiva de contar con un espacio capaz comprender las agendas actuales y los movimientos del futuro; por ende, tiene el objetivo de transformarse en un núcleo de divulgación de la universidad, con discusiones más amplias. Los recursos –por cierto, son bastante significativos– que se destinan a la creación de estos institutos llegaron por medio de proyectos aprobados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación; la Secretaría de Desarrollo Económico, Ciencia y Tecnología del Estado de São Paulo; el Banco Santander; la Finep y la propia universidad, que ha invertido fuertemente para adecuar los espacios a las nuevas exigencias de una universidad de enseñanza e investigación contemporánea.

Hay un dato que es importante: la formación de doctores.

Somos la segunda universidad del mundo en lo que hace a doctores que se reciben: son casi mil por año. Primera está la USP y después venimos nosotros, la Unicamp y universidades de Estados Unidos.

Los programas de posgrado tienen un vínculo fuerte con la investigación. ¿Cómo transcurre esta interacción en la Unesp?

La cantidad de carreras ha aumentado. Son más de 90 doctorados y más de 100 maestrías: en total son 122 programas de posgrado. En cantidad de carreras es la segunda universidad brasileña. Se ha venido creciendo progresivamente en lo atinente a la calificación de los programas con notas 5, 6 y 7 por parte de la Capes. Aspiramos a más, lo que será natural en la medida en que se avance en la investigación con diferentes grupos.

¿Cuál es el impacto de la investigación científica de la Unesp con respecto al desarrollo del interior del estado?

Años atrás, un grupo del área de economía realizó un estudio y demostró que, en las ciudades que cuentan con unidades de la Unesp, contribuimos enormemente para con la economía local. Pero pienso que podemos aportar mucho más, y la prorroctora de Extensión, la vicerrectora y yo estaremos trabajando para que la Unesp se integre más a las ciudades e implemente convenios con las alcaldías en programas de extensión que ya se encuentran en marcha, lo que puede redundar también en la realización de investigación científica verdaderamente innovadora. Contamos con unidades en ciudades muy ricas como Araraquara, pero también las hay en lugares donde sabemos que el IDH es muy bajo, como Vale do Ribeira, donde se está creando la carrera de ingeniería de pesca, en convenio con la municipalidad. También en otras ciudades las alcaldías llevan adelante un importante trabajo junto a la Unesp para que la ciencia llegue a esos sitios.

¿Cuál es la situación de la Unesp en las clasificaciones internacionales?

Hemos hecho hincapié en esa discusión, que cobró relevancia a partir del Plan de Desarrollo Institucional, durante la gestión del rector Herman Voorwald, en 2009. En la planificación estratégica de la universidad se estipuló como objetivo ubicarnos entre las 200 mejores universidades del mundo. Hay acciones en marcha tendientes a alcanzar esa meta.

¿Qué importancia tiene contar con una meta como ésta? Seguramente es de gran ayuda. En mis presentaciones bromeo diciendo que en algunas clasificaciones ya hemos llegado allí. Por ejemplo, en el *ranking* de SCImago nos ubicamos en el puesto número 174, somos la tercera universidad de Brasil y la quinta iberoamericana. En otros precisamos subir posiciones. Un *ranking* que dice mucho sobre la Unesp en su juventud, ya que tenemos 36 años, es el de Times Higher Education de mejores universidades de hasta 50 años de existencia. Son más de 2 mil universidades y estamos entre las 100 mejores del mundo. En el *ranking* QS nos encontramos en una ubicación bastante interesante, en el 17º puesto en América Latina; y si se detalla la investigación, es el 7º lugar. Hemos crecido mucho, hemos quemado etapas y eso no es fácil en ciencia.

¿Cómo es eso de quemar etapas? ¿Es porque se trae gente de afuera?

Sí. La idea de crear los institutos de investigación especiales tiene que ver con eso. Ahora estamos en la etapa de contratación de investigadores, pues contamos con la carrera de docente y la de investigador. En los institutos de investigación serán básicamente investigadores que trabajarán con docentes y no docentes. Los investigadores tienen una responsabilidad volcada a la investigación y a la formación de recursos humanos, pero de posgrado. La idea es que vengan extranjeros. Hemos trabajado en el Instituto del Mar, en el de Biotecnología y en el de Bioenergía, y sostenemos cooperaciones con grupos internacionales. Por ejemplo, el Instituto del Mar tiene una fuerte ligazón con Alemania, con inserción en universidades tales como Heidelberg y Kiel; también con la Universidad de Porto en Portugal y un convenio con Sudáfrica. Cooperamos con la Universidad de Lovaina, en Bélgica, y en ese marco cofinanciamos la ida y el regreso investigadores. Contamos con grupos altamente internacionalizados. El Instituto de Física Teórica (IFT) es el único de América Latina que alberga una unidad del Centro Internacional de Física Teórica (ICTP), órgano de la Unesco. El año pasado arribaron allí más de 80 extranjeros de altísimo renombre. En el área de ciencias exactas, junto con la de biológicas, la Unesp está expandiendo su internacionalización. Incluso un área en la cual la universidad no aparecía en las publicaciones internacionales, la de humanidades, ha comenzado a aparecer. Esto indica que estamos haciendo de la Unesp lo que se denomina una universidad de categoría mundial.

La Unesp creó oficinas en todas sus unidades para ayudar a sus investigadores en lo que hace a la administración burocrática de sus proyectos. ¿Cómo se dio ese proceso?

Fue una discusión larga; no fue fácil. La idea original era contar con una oficina en cada *campus*, pero vimos que eso no daría resultados consistentes, pues cada unidad, dentro de cada *campus*, tiene un modo de trabajar distinto. Por eso creamos una oficina de investigación en cada unidad, y en la actualidad lo que hacemos es contratar a un no docente que trabaja en la misma, que se encarga realizar las tareas relacionadas con la rendición de cuentas y, de ese modo, se lo exime de estas labores al investigador. En algunas unidades hicimos una segunda contratación

basada en diversos indicadores, fundamentalmente los de internacionalización, precisamente para atender a quienes llevan a cabo la cooperación internacional, proyectos temáticos y *workshops* internacionales. Y contaremos con un tercer empleado al cual también se lo contratará para que trabaje con innovación. La idea es que haga de nexo en la propia oficina entre los investigadores y las empresas.

¿Cómo va a funcionar eso?

Habrà un sitio destinado a recibir a las empresas y sellar un compromiso con ellas. Así es como culminamos la labor de aquello que pienso que ha de ser una oficina: abarcando las áreas de investigación, internacionalización e innovación. Hay que ayudar a los investigadores y trabajar en la captación de recursos.

Usted empieza ahora una nueva gestión de cuatro años. ¿Qué metas tiene y cuáles son las nuevas demandas?

Estamos trabajando en diversos aspectos, pero seguramente ampliaremos nuestras acciones en procura de lograr una mayor inclusión de los docentes recién contratados, que son el futuro de la universidad. Estamos trabajando fuertemente para que encuentren infraestructura, se inserten en grupos fuertes de investigación y creen líneas de investigación innovadoras. Tenemos un pliego especial destinado a primeros proyectos, y ahora vamos a ampliarlo. Trabajaremos con áreas que, si bien producen mucho, no son demasiado internacionalizadas. Así los incentivaremos para que su enfoque principal recaiga sobre este aspecto. Otro punto es la innovación, donde se concreta la interacción universidad-empresa. Como ya contamos con ese nexo en distintas ciudades de São Paulo, que disponen de polos tecnológicos, nos abocaremos a lograr una integración mayor con las alcaldías para crear y consolidar los núcleos tecnológicos.

Y hablando de su carrera, usted se recibió en la USP...

Sí. Me gradué en farmacia y bioquímica, pero empecé a trabajar durante el primer año de la carrera. Mi primer trabajo fue en un laboratorio de la municipalidad, luego fui al laboratorio Fleury; aprendí mucho allí, pero no quería trabajar con una rutina. Fui entonces a la Facultad de Medicina de la USP, donde trabajé durante 10 años, desde el cuarto año de la facultad, en micología médica, que comprende el estudio de los hongos de interés médico, un tema que todavía no se estudiaba en mi carrera. Trabajé con Carlos da Silva Lacaz, uno de los grandes estudiosos de los hongos, un gran maestro y un humanista. Descubrí que me gustaba la investigación y la docencia: quería un nuevo desafío cada día. Creo que la investigación científica es eso, ver en cada resultado un nuevo camino. Varias personas fueron para mí muy importantes, grandes maestros de micología e inmunología, como los profesores Antônio Walter Ferreira, mi director de tesis de maestría y de doctorado, Mario Camargo, del Instituto de Medicina Tropical, y Vera Calich, del ICB, quien me incentivó bastante. Al elegir el tema de mi trabajo, vislumbré que no quería trabajar en micología clásica: empezaba así a enamorarme de la inmunología. Empecé a desarrollar investigaciones en diagnóstico serológico de la paracoccidiodomicosis, una

afección de suma importancia en América Latina. Desarrollé marcadores, reactivos y métodos aún no aplicados con esta enfermedad, tales como la investigación de antígenos en la circulación de los pacientes. Así se podría realizar el diagnóstico e instituir la acción terapéutica más tempranamente. Tuve de codirectora a la profesora Aoi Massuda y, junto con la profesora Maria Aparecida Shikanai Yasuda, como fruto de mi doctorado, sacamos dos publicaciones importantísimas en aquel momento. Cuando terminé mi doctorado, me invitaron a la Facultad de Farmacia de Araraquara. Fue un gran desafío. Sucede que en São Paulo yo circulaba muy bien entre la Facultad de Medicina y el Instituto de Medicina Tropical; hice parte de mi tesis en el Instituto de Ciencias Biomédicas, adonde estaba llegando el profesor Erney Camargo. Contaba con varios laboratorios con gran infraestructura para la época. En la Facultad de Farmacia de Araraquara ya existía la cátedra de micología clínica, pero no había un área de investigación implantada. Seguí de cerca esa estructuración de la investigación en la Unesp desde 1983. La profesora Deise Falcão, de microbiología, sabía en que yo me había especializado y, aunque era bacterióloga, me llamó para trabajar en un proyecto de gran envergadura financiado por la Finep. Esta vivencia con la bacteriología me sirvió para darme cuenta de que no quería seguir haciendo investigación en diagnóstico. Realicé pasantías de corta duración en el exterior y en Brasil y pasé a estudiar modelos de interacción hongo-huésped. Empecé a implantar los modelos *in vitro* que uso hasta ahora, y me encaminé hacia el descubrimiento de las moléculas que hacen la relación del hongo con el huésped. Empecé a trabajar con las adesinas, que son las moléculas de interacción y actualmente estamos estudiando las invasinas.

Usted elaboró un proyecto en la FAPESP sobre ese modelo...

Realicé varios. Coordiné un temático que ya culminó con el profesor Gil Benard, intentando juntar conocimientos del modelo *in vitro* con el humano, y también otro proyecto con la profesora Célia Maria Soares, de la Universidad de Goiás. Posteriormente nos presentamos con ella en un pliego del Genoprot de la Finep y, más recientemente, trabajando con fondos de la Finep provenientes del pliego de infraestructura, estamos implantando las plataformas 'ómicas' [genómica y proteómica] en nuestro laboratorio. En ese camino tuve a un gran profesor, que desafortunadamente falleció el año pasado: Henrique Lenzi, de Patología del Instituto Oswaldo Cruz. Era una persona fantástica, un gran ser humano, un gran humanista, conocedor de la ciencia. Lenzi ayudó mucho en la discusión e implementación de las nuevas tecnologías, y en la actualidad, debido al cambio del proyecto pedagógico en la carrera de farmacia, se ha implementado otra línea de investigación de base más tecnológica. Estamos creando una plataforma para el desarrollo de antifúngicos y biorreactores. Esta plataforma solamente fue factible y se cimentó gracias a los programas de la FAPESP, tales como el Biota-FAPESP, el Bioprospecta, junto a los grupos de Química, a la profesora Vanderlan Bolzani, a Maysa Furlan y a la profesora Ana Marisa Fusco Almeida, que es mi asistente, y a otros investigadores. Lo que construí fue arduo, pero, como intenté trabajar en cola-

boración, no tuve tantas dificultades. Quiero subrayar que solamente un año antes de llegar a la Prorroctoría conté con una asistente, la profesora Ana Marisa. Sin su ayuda, esa plataforma de antifúngicos no hubiera sido desarrollada. Estamos trabajando en un prototipo.

¿Qué es el prototipo?

Algunas sustancias con las cuales estamos trabajando mostraron potencial en pruebas *in vitro*, y estamos avanzando hacia los ensayos *in vivo* y empleando también nuevas fórmulas para verificar la potencialidad de aplicarlas como antifúngicos. Espero que este trabajo conjunto redunde en un producto innovador. También nos enfocamos en antifúngicos antibiofilmes microbianos, pues los microorganismos en esa forma son más resistentes. La formación de biofilmes es un modelo clásico para algunas enfermedades, fundamentalmente ligado a patologías en las cuales algunos hongos y algunas bacterias se asocian a una estructura multicelular compleja, y a partir de éstos surgen puntos de contaminación constante. Se forma una matriz y los antifúngicos y los antibacterianos no logran llegar a los sitios de acción. Estamos estudiando la formación de biofilmes en enfermedades endémicas y los hemos descrito en la histoplasmosis, un trabajo de una dirigida de la profesora Fusco, y en la paracoccidioidomycosis, la afección con la cual más he trabajado desde que empecé Medicina. Es una enfermedad olvidada entre las fúngicas que se asemeja a la tuberculosis.

Y a las empresas farmacéuticas no les interesa investigarlas.

Las enfermedades causadas por hongos en general están dentro del grupo de las olvidadas. La micología es considerada la cenicenta de la microbiología.

Está la bacteriología, la virología y después recién viene la micología. Pero ésta ha crecido debido a la mayor prevalencia entre algunos grupos de pacientes, a la mayor longevidad de las poblaciones y a las enfermedades inmunosupresoras. Mejoran las condiciones de vida pero, al mismo tiempo, se expanden las posibilidades para la instalación de los llamados agentes oportunistas. Hoy en día registramos una cantidad cada vez mayor de afecciones causadas por hongos que no habían sido descritas como agentes patógenos. Al contrario que en el caso del *Paracoccidioides*, al que siempre se lo consideró un agente patógeno primario. Lo describió en 1908 Adolfo Lutz y es una de las enfermedades fúngicas de mayor interés en Brasil. Contribuimos inicialmente en el diagnóstico y ahora estamos fundamentalmente trabajando con las adesinas, usándolas como blancos en la búsqueda de nuevas drogas. ■

Lo que construí durante mi carrera de investigadora fue arduo, pero como siempre intenté trabajar en colaboración, no afronté tantas dificultades

Una alianza de alto nivel

En el marco de un programa piloto, convocan a científicos del exterior para formar nuevos grupos de investigación en São Paulo

Fabício Marques

PUBLICADO EN NOVIEMBRE DE 2012

Dos proyectos temáticos ya han obtenido aprobación, en el marco del São Paulo Excellence Chairs (Spec), un programa piloto de la FAPESP que apunta a establecer colaboraciones entre instituciones del estado de São Paulo e investigadores de alto nivel radicados en el exterior. Uno de los proyectos hará recalar en Brasil a la pareja de científicos Victor y Ruth Nussenzweig, ambos con 84 años, brasileños radicados en Estados Unidos desde la década de 1960, que se convirtieron en referentes internacionales en la búsqueda de vacunas y tratamientos contra el paludismo. Andréa Dessen de Souza e Silva, brasileña radicada en Francia, también contó con un proyecto seleccionado en la esfera del programa y dirigirá un grupo de investigación en el Laboratorio Nacional de Biociencias (LNBio), en Campinas. Desde el año 2000, Dessen lidera un grupo de investigación en patología bacteriana del Instituto de Biología Estructural de Grenoble, en Francia.

El objetivo del programa Spec consiste en atraer al país a científicos destacados, con el fin de que coordinen proyectos temáticos en su área de actuación en universidades y laboratorios paulistas. Los investigadores permanecen vinculados a sus instituciones de origen, pero se comprometen a permanecer en Brasil durante 12 semanas anuales durante el transcurso al menos de los cinco años de duración del proyecto, coordinando un grupo de becarios de la FAPESP, formado por posdoctores, doctores e incluso alumnos de iniciación científica. “El

arribo de investigadores con currículos de gran nivel tiene como objetivo establecer grupos de investigación en áreas en las cuales deseamos lograr excelencia y propiciar que esos grupos avancen con mayor velocidad”, dice Hernan Chaimovich, asesor especial de la Dirección Científica de la FAPESP. La iniciativa, opina, forma parte de la estrategia de la FAPESP que promueve la internacionalización de la ciencia paulista. “La misión de la FAPESP consiste en perfeccionar la calidad de la ciencia, de la tecnología y de la innovación en el estado de São Paulo, y es por eso que buscamos la internacionalización. Deseamos que los grupos formados mediante iniciativas tales como la Spec estén preparados para conseguir el apoyo de agencias de fomento internacionales”, afirma. El programa se encuentra abierto a instituciones e investigadores con trayectorias notables interesados en establecer cooperaciones.

Las investigaciones llevadas a cabo en Estados Unidos por el matrimonio Nussenzweig condujeron a prototipos de vacunas testeadas en la década de 1980, que, no obstante, sólo lograron garantizar inmunidad durante períodos efímeros. Desde 1960, Victor y Ruth se vincularon con la Universidad de Nueva York, donde trabajan hasta ahora, ambos en el campo del parásito que provoca el paludismo. Actualmente, la pareja trabaja en dos frentes: la búsqueda de una vacuna contra la malaria causada por el parásito *Plasmodium vivax* y técnicas para desactivar proteínas esenciales en el desarrollo del parásito.



En el ámbito del programa se han aprobado dos proyectos y otros dos se encuentran en etapa de evaluación

El matrimonio Nussenzweig, Ruth y Víctor, en São Paulo: un proyecto temático y la formación del núcleo de investigación en la Unifesp

NUEVOS INHIBIDORES

El proyecto temático que deberán coordinar los Nussenzweig en la Universidad Federal de São Paulo (Unifesp), apunta a caracterizar enzimas esenciales para el desarrollo del plasmodio y hallar nuevos inhibidores, con potencial para el desarrollo de drogas contra el paludismo. “Traeré a un investigador chino que trabaja conmigo en Nueva York desde hace cuatro años y también reclutaremos a otros doctores y posdoctores”, dice Víctor. Ellos trabajarán en la Unifesp junto a investigadores que recibieron en la Universidad de Nueva York, en doctorados o posdoctorados, tales como los profesores Maurício Martins Rodrigues, Sérgio Shenkman y Nobuko Yoshida. La firma del convenio de otorgamiento del proyecto se concretará en las próximas semanas.

El pasado mes de julio, Andréa Dessen de Souza e Silva se convirtió en la primera investigadora seleccionada en el marco del programa piloto. Graduada en ingeniería química en la Universidad del Estado de Río de Janeiro (UERJ) en 1987, se trasladó a Estados Unidos hace 25 años. Antes de radicarse en Francia, realizó un doctorado en la Universidad de Nueva York y posdoctorado, primero en el Albert Einstein College of Medicine y luego en la Universidad Harvard. Se especializó en el estudio de la estructura de las proteínas utilizando técnicas bioquímicas y cristalografía. “Siempre trabajé en el estudio de la estructura de las proteínas ligadas a la medicina. He trabajado con VIH, con inflamaciones”, dice. Su actual enfoque es la virulencia de las bacterias, mediante

estudios de la estructura tridimensional de las proteínas que forman la pared bacteriana. El objetivo es comprender las estructuras implicadas en la síntesis y reparación de la pared bacteriana e intentar bloquear los procesos infecciosos. “Uno de los blancos está formado por las estructuras que propician la resistencia a los antibióticos”, sostiene. Ésa es la meta del trabajo que emprenderá en Campinas.

Hace bastante que Dessen quería regresar a Brasil. “Pero estoy establecida en Grenoble, tengo dos hijos pequeños y no quería regresar definitivamente. El formato del programa Spec fue perfecto”, dice, ya que el año pasado había brindado una conferencia en el LNBio y entabló conversaciones con el director del laboratorio, Kleber Franchini, para colaborar con la institución. Más allá de la contratación, a cargo del LNBio, de un asistente de investigación que hizo un posdoctorado con Dessen en Francia, el brasileño David Neves, el grupo también contará con dos becarios de doctorado y uno de posdoctorado. “Cuento con una persona de mi confianza coordinando el grupo en Campinas”, dice Dessen. Según ella, el convenio permitirá un fuerte intercambio entre Campinas y Grenoble, con circulación de investigadores entre ambas instituciones. La FAPESP se encuentra evaluando otros dos proyectos en el ámbito del Spec, uno en el área de cambios climáticos y otro en ciencia de materiales. “Las propuestas pueden realizarse en cualquier área del conocimiento, siempre que involucren a investigadores con alto nivel”, dice Chaimovich. ■

Oportunidades de posdoctorado e investigación en Brasil

El 50% de toda la ciencia creada en Brasil se produce en el estado de São Paulo. El estado es sede de tres de las más importantes universidades de Latinoamérica: la USP, la UNICAMP y UNESP. Otras universidades y 19 institutos de investigación están también ubicados en São Paulo, entre ellos el renombrado Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE, por sus siglas en portugués), y el Laboratorio Nacional de Luz Sincrotrón, además de la mayor parte de las industrias brasileñas que hacen I&D.

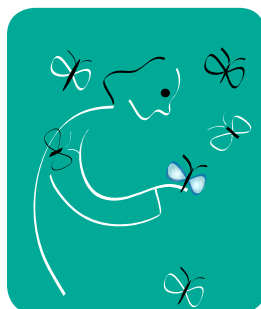
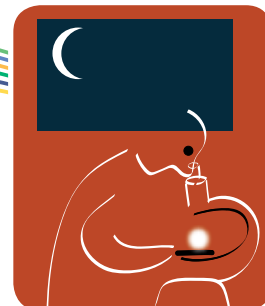
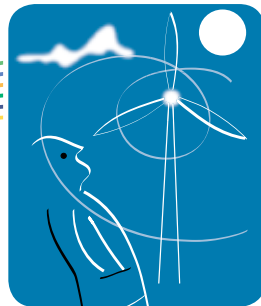
La Fundación de Apoyo a la Investigación Científica del Estado de São Paulo (FAPESP), una de las principales agencias brasileñas dedicadas al fomento de la investigación, sostiene en forma permanente programas y mecanismos de ayuda destinados a atraer investigadores del extranjero hacia los centros de excelencia instalados en São Paulo.

El **Premio Jóvenes Investigadores** forma parte de la estrategia de la FAPESP con el objetivo de fortalecer las instituciones de investigación del estado, impulsando la creación de nuevos grupos de investigación. Más información en www.fapesp.br/en/yia.

Las **becas de posdoctorado** de la FAPESP se destinan a distinguidos investigadores con título de doctorado reciente y una exitosa trayectoria de investigación. Esta modalidad de fomento permite el desarrollo de investigaciones en instituciones de educación superior y de investigación del estado de São Paulo. Las becas de posdoctorado quedan disponibles mediante convocatorias internacionales, o mediante solicitudes individuales que son contempladas de acuerdo con la demanda.

En el primer caso, las plazas se anuncian en www.fapesp.br/oportunidades y los candidatos son seleccionados a través de una competencia internacional. En el segundo, la propuesta debe consistir en un aporte a un grupo de investigación preexistente y desarrollarse en asociación con instituciones de educación superior o de investigación con sede en São Paulo.

Más información en www.fapesp.br/en/postdoc.



FAPESP **50** AÑOS

FAPESP

LA FUNDACIÓN DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA DEL ESTADO DE SÃO PAULO

www.fapesp.br/en

Diversidad organizada

Un núcleo de investigación lanza una base de datos sobre compuestos químicos con potencial para generar fármacos

PUBLICADO EN OCTUBRE DE 2012

En la dirección electrónica www.nubbe.iq.unesp.br/nubbeDB.html se encuentran disponibles para su consulta, informes minuciosos sobre 640 compuestos químicos extraídos de la biodiversidad brasileña. La base de datos aglutina el conocimiento generado durante 15 años de investigaciones por el Núcleo de Bioensayos, Biosíntesis y Ecofisiología de Productos Naturales (NuBBE) de la Universidade Estadual Paulista (Unesp), con sede en la ciudad de Araraquara. “Constatamos que nuestros resultados de investigación, publicados en más de 170 artículos, podrían ser de mayor utilidad si se organizaran en una base de datos en lugar de aparecer fragmentados. Contamos con valiosas informaciones sobre la diversidad química de las especies estudiadas y decidimos ponerlas a disposición para que otros investigadores puedan utilizar esos datos en estudios adicionales”, dice Venderlan Bolzani, docente del Instituto de Química (IQ) de la Unesp de Araraquara y miembro de la coordinación del programa Biota-FAPESP. La base de datos se proyectó en colaboración con el profesor Adriano D. Andricopulo, del Laboratorio de Química Medicinal y Computacional (LQMC) del Instituto de Física (USP-São Carlos), y su alumno de doctorado Ricardo N. Santos, becario de la FAPESP.

PROPIEDADES IDENTIFICADAS

Esta herramienta agrupa diversas informaciones, tales como el origen de los compuestos, la especie de la cual fue-



Los estudios sobre la búsqueda de fármacos en especies de *Rubiaceae*, tales como el café, aportan a la herramienta *online*

ron aislados, sus propiedades químicas y las actividades biológicas identificadas. El resultado de la investigación *online* también permite observar su estructura química, un gráfico con información de los compuestos y bajar la estructura en tres dimensiones. La base de datos del NuBBE está integrada por un 80% de compuestos aislados de vegetales, un 6% de hongos o microorganismos, un 7% de compuestos sintéticos inspirados en productos naturales, un 5% de compuestos semisintéticos y un 2% de productos de biotransformación (modificados por enzimas). Un conjunto de propiedades ayuda a definir si el compuesto posee algún potencial de utilidad en la planificación de nuevos fármacos. “La base es químicamente diversificada y rica. Se trata de una fuente interesante para la identificación de compuestos bioactivos que pueden testarse en otros ensayos más sofisticados”, dice Vanderlan Bolzani. Su trabajo sobre la búsqueda de sustancias anticancerígenas en especies de *Rubiaceae* brasileñas, llevado a cabo durante la década de 1990, es uno de los más antiguos de la base de datos.

La sistematización de los datos estuvo a cargo de un equipo integrado por seis personas, entre técnicos e investigadores,

y se extendió durante dos años. El sitio *web* de la base de datos fue diseñado por el máster en ciencias de la computación Leandro Figueira. “Una alumna de iniciación científica nos ayudó en el análisis de todos los *papers* del NuBBE y en la obtención de datos de los compuestos”, dice Marília Valli, alumna de doctorado del IQ de la Unesp y becaria de la FAPESP, quien trabaja en un proyecto sobre el potencial de los productos naturales del NuBBE como fuente para la planificación racional de nuevos agentes anti-tumorales. La tesis de Valli, con la dirección de Bolzani, estará lista en 2013. Uno de los objetivos del proyecto consiste en cruzar las informaciones del NuBBE con el Sistema de Información Ambiental (Sinbiota), que relaciona la información generada por proyectos del programa Biota-FAPESP con una base cartográfica. “Todavía no se encuentra disponible, pero pretendemos mostrar las especies con las que se relacionan los compuestos y también su hábitat. Anhelamos que esta base sea el punto de partida para un banco de datos nacional de todas las sustancias que se han aislado en los biomas brasileños. Debemos convencer a los colegas del valor que supondría tal tarea”, dice Bolzani. ■ Fabrício Marques

CIENCIA

En busca de nuevos espacios: un *T. cruzi* (en burdeos), con vesículas (en amarillo) sobre el cuerpo, cerca de una célula huésped

Un parásito listo para el ataque

Vesículas con proteínas ayudan al *Trypanosoma cruzi* a invadir células huésped

Carlos Fioravanti

PUBLICADO EN OCTUBRE DE 2012

Al analizar la información que ellos mismos y otros grupos produjeron durante los últimos 40 años, investigadores de São Paulo identificaron un posible mecanismo que ayudaría al protozoario causante del mal de Chagas a invadir las células huésped. Ni bien se instala en una única célula, el *Trypanosoma cruzi* se diferencia, se divide profusamente hasta que rompe la célula y libera vesículas con proteínas y lípidos (grasas) que facilitarían la introducción de los parásitos en otras células.

“Parece que es un fenómeno frecuente”, dice Walter Colli, docente del Instituto de Química de la Universidad de São Paulo (USP) y supervisor del estudio, realizado por Ana Cláudia Torrecilhas, de la Universidad Federal de São Paulo (Unifesp) con sede en la ciudad de Diadema, en colaboración con Robert Scumacher y Maria Júlia Manso Alves, de la USP. “Otros grupos de parásitos y células tumorales también liberan vesículas que funcionan de una manera similar y facilitan la infección de las células huésped”.

Los expertos del área en Brasil y otros países están excitados con la posibilidad de utilizar esta información para desarrollar nuevas formas de combatir o diagnosticar enfermedades tropicales de amplia propagación a nivel mundial. Éste es el caso del mal de Chagas, que afecta a alrededor de 10 millones de personas en América del Sur y se está convirtiendo en un problema de salud pública en Estados Unidos.

En un editorial que se publicó en mayo de este año en la revista *PLoS Neglected Diseases*, investigadores de Estados Unidos y de México alertaron sobre el avance del mal de Chagas en Estados Unidos, principalmente entre inmigrantes, en los estados limítrofes con México; se calcula que hay un millón de individuos infectados. En ese trabajo, al mal de Chagas se lo llamó “un nuevo Sida americano”. Aunque uno sea causado por un protozoario transmitido por un insecto y el otro por un virus, que se transmite principalmente por contacto sexual, ambos pueden contagiarse mediante transfusiones de sangre, aparecen con mayor frecuencia entre personas pobres y requieren tratamientos prolongados. Además, el mal de Chagas se ha revelado como una infección oportunista relevante entre los individuos portadores de VIH/ Sida y, tal como ocurriera durante las primeras dos décadas de la epidemia de Sida, la mayoría de las personas con Chagas no cuenta con acceso a servicios médicos de salud.

En el mes de agosto, Peter Hotez, docente de la Escuela de Medicina Baylor, director del Instituto de Vacunas Sabin –ambos con sede en Houston, Estados Unidos– y primer autor del editorial publicado *PLoS*, firmó un artículo en el periódico *New York Times* afirmando que las enfermedades tropicales, tales como el Chagas, el dengue, la leishmaniasis y la cisticercosis son las “nuevas plagas de la pobreza”. Según él, en Estados Unidos hay 20 millones de personas viviendo en extrema pobreza. “De no mediar nuevas intervenciones”, comentó, “estas enfermedades están aquí para quedarse, manteniendo a la gente en la pobreza durante décadas”.

DIVERSOS TAMAÑOS

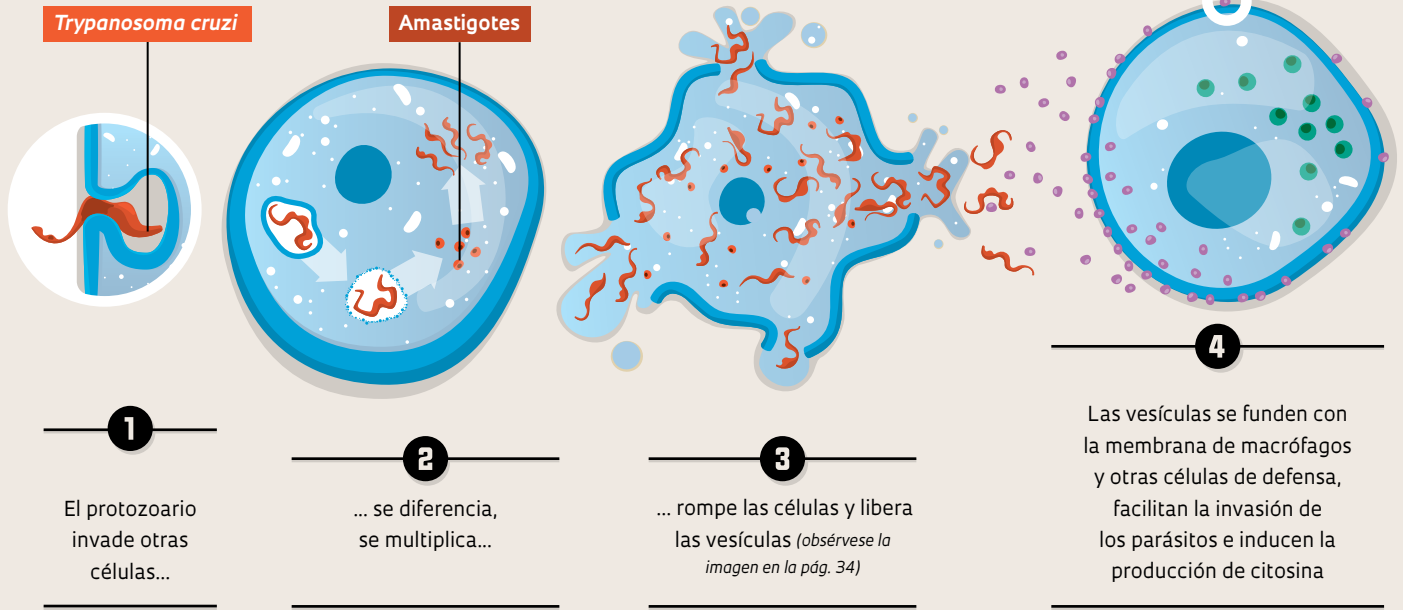
La producción científica sobre vesículas es enorme –en los últimos cinco años se publicaron alrededor de 3.500 artículos sobre esas estructuras–, pero también hay muchas dudas. La primera de ellas es: ¿cómo denominar a esos compartimientos repletos de proteínas? En un artículo publicado en febrero de este año en la revista *Proteomics and Bioinformatics*, dos investigadores de la Universidad La Trobe, en Australia, notaron que las denominadas microvesículas extracelulares están recibiendo diferentes nombres, según sus dimensiones, origen y composición. Uno de esos tipos de vesículas, el exosoma, con un diámetro de 30 a 100 nanómetros, se reveló interesante por presentar diversas funciones, tales como transferir el virus VIH hacia las células diana, y generó un sitio *web* exclusivo, www.exocarta.org, con casi 150 estudios y 4.563 proteínas identificadas hasta comienzos del mes de septiembre. También hay vesículas de otros tipos, por ahora menos relevantes, tales como el ectosoma, una gran vesícula con membrana y burbuja apoptótica, que puede medir 5 mil nanómetros, liberado por células agonizantes.

Las vesículas del *T. cruzi* son de menor tamaño, de 20 a 80 nanómetros de diámetro, e inicialmente no adquirieron gran relevancia. Al final de los años 1980, al identificar las vesículas, Marinei Gonçalves, Maria Júlia Manso Alves, Bianca Zingales y otros investigadores del equipo de Colli pensaron, tal como otros en ese campo, que se trataba solamente de material descartado, aunque ya habían notado que variedades más virulentas de *T. cruzi* liberaban mayor cantidad de vesículas que las menos virulentas.

Durante los años siguientes, otros estudios e instrumental más sensible indicaron que las

Una batalla entre las células

El *Trypanosoma cruzi* libera vesículas que inducen un aumento de la infección en las células huésped



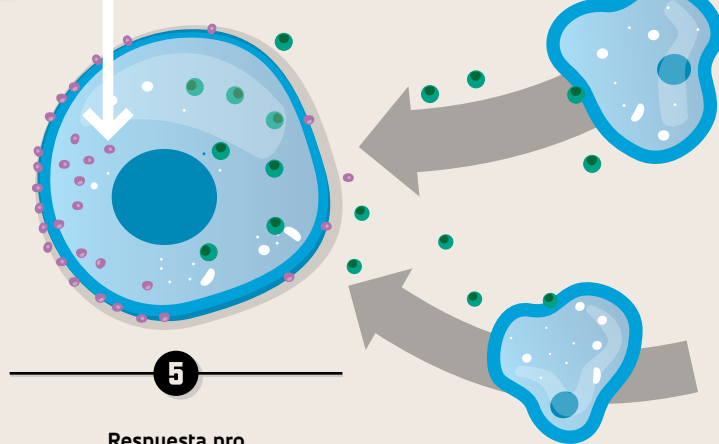
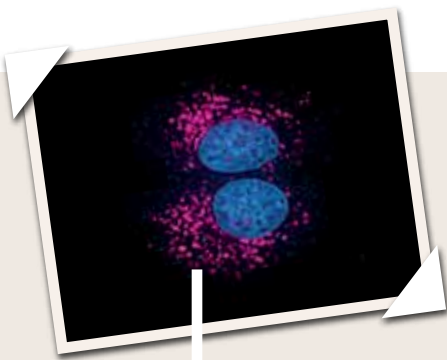
proteínas y los lípidos de las vesículas podrían facilitar la infección de las células huésped por parte del parásito. En su doctorado y en el posdoctorado, realizado bajo la supervisión directa de Manso Alves, Ana Claudia Torrecilhas constató que las proteínas de las vesículas aumentan la cantidad y la acción de los parásitos en los tejidos e inducen una respuesta inflamatoria del huésped. En un estudio con ratones, notó que las vesículas facilitaban la entrada del parásito en las células cardíacas y aceleraban la muerte de los animales.

Ahora, en el marco de un estudio que se publicará en octubre en la revista *Microbes and Infection*, los investigadores de la USP y de la Unifesp comentaron que casi la mitad del contenido de las vesículas está compuesto por glicoproteínas (proteínas asociadas con azúcares). Una de ellas es la transalidasa, una enzima específica de este parásito, sumada a otras codificadas por una superfamilia de genes –que posee alrededor de 700 genes activos y 700 pseudogenes–, denominada gp85,

Los parásitos causantes de la enfermedad del sueño y de la leishmaniasis también liberan vesículas

también descubierta en el laboratorio de Colli.

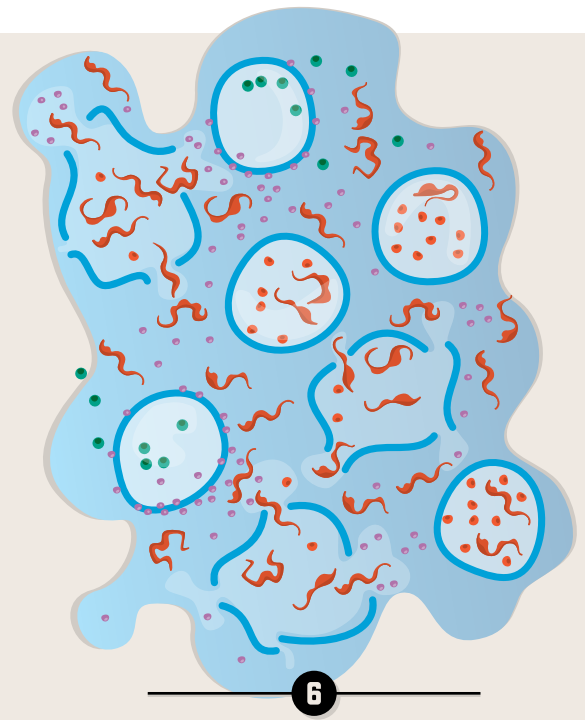
Esas moléculas pueden activar proteínas –o receptores– de la membrana externa de células de defensa, tales como los macrófagos, células dendríticas y linfocitos. A su vez, los receptores estimulan la producción de óxido nítrico y moléculas tales como el interferón gamma, el factor de necrosis tumoral y la interleucina-12. Estas moléculas aumentan la respuesta inflamatoria de las células huésped, atrayendo más células, que destruyen a los parásitos, pero también dañan a las células del organismo, facilitando la invasión por parte de los parásitos sobrevivientes de la batalla o que lleguen inmediatamente después. Luego de que un *T. cruzi* invade una célula, lo que no faltará son parásitos. Según Colli, un único *T. cruzi* se divide rápidamente y en pocas horas puede multiplicarse en otros 500, que provocan la explosión de la célula huésped, liberándolos hacia el medio extracelular y en el torrente sanguíneo, lo cual les posibilita alcanzar otras células.



5

Respuesta pro inflamatoria

La citosina activa otras células de defensa que pueden eliminar parásitos



6

Llegan más parásitos, que liberan más vesículas, y, mediante mecanismos todavía desconocidos, alteran la respuesta del organismo en beneficio de los parásitos

OTROS PARÁSITOS

“En 15 minutos, las vesículas de *T. cruzi* pueden mezclarse con los macrófagos”, dice Torrecilhas. Otros investigadores verificaron que otros dos grupos de protozoarios también liberan vesículas, con un funcionamiento similar y contenido probablemente distinto. El primero corresponde a los protozoarios del género *Leishmania*, causante de la leishmaniasis, que se diseminó por 98 países, con 2 millones de nuevos casos por año. El segundo, es el del *Trypanosoma brucei*, con subespecies (*T. b. gambiense* y *T. b. rhodesiense*) causantes de la enfermedad del sueño, que afecta a unas 70 mil personas en el África subsahariana.

Otros dos parásitos, el *Plasmodium falciparum*, causante del paludismo, y responsable de alrededor de 1 millón de muertes anuales en África, y el *Toxoplasma gondii*, que provoca la toxoplasmosis, actúan de diferente manera: invaden las células huésped y luego éstas producen vesículas con proteínas de los microorganismos invasores, que son liberadas y provocan la reacción de otras células defensivas.

Los investigadores pretenden saber lo más pronto posible, cuáles son las proteínas de las vesículas del *T. cruzi* y de otros protozoos que activan las respuestas inflamatorias de las células huésped y cómo se altera la respuesta del organismo para beneficiar a los parásitos. Desde ya queda claro, sin embargo, que las vesículas funcionan como un medio de señalización o comunicación a distancia entre los parásitos y las células huésped.

En los últimos años, se han reconocido varias estructuras celulares como capaces de destruir o, por el contrario, beneficiar a otras células. Otros estudios revelaron que las células pueden producir estructuras denominadas nanotubos en túnel, con diámetros entre 50 y 200 nanómetros y una extensión equivalente al diámetro de varias células. Por medio de esos tubos, un linfocito puede conectarse con otro y enviar nutrientes o componentes celulares que, en el caso de las células defensivas, ayudan a prolongar –y generalmente a triunfar– en el combate contra parásitos y células tumorales. ■

Proyectos

1. Interacción entre *Trypanosoma cruzi* y huésped: conectores, receptores y condicionantes del desarrollo intracelular (nº 04/ 03303-5); Proyecto Temático; Coord. Maria Júlia Manso Alves –IQ-USP; Inversión R\$ 1.248.031,59
2. Vesículas liberadas por el *T. cruzi*: el rol de sus componentes en la infección (nº 04/ 08487-7); Beca de posdoctorado; Becaria Ana Claudia Torrecilhas - IQ-USP; Inversión R\$ 204.190,40 (FAPESP)

Artículos científicos

- GONÇALVES, M.F. et al. *Trypanosoma cruzi*: Shedding of surface antigens as membrane vesicles. **Experimental Parasitology**. v. 72, n. 1, p. 43-53. 1999.
- TORRECILHAS A.C. et al. Vesicles as carriers of virulence factors in parasitic protozoan diseases. **Microbes and Infection** (in press). 2012.
- TORRECILHAS A.C. et al. *Trypanosoma cruzi*: parasite shed vesicles increase heart parasitism and generate an intense inflammatory response. **Microbes and Infection**. v. 11, p. 29-39. 2009.
- SIMPSON, R. J. e MATHIVANAN, S. Extracellular microvesicles: the need for internationally recognised nomenclature and stringent purification Criteria. **Proteomics & Bioinformatics**. v. 5, n. 2, p. ii. 2012.
- HOTEZ P.J. et al. Chagas Disease: the new HIV/ AIDS of the Americas. **PLoS Neglected Tropical Diseases**. v. 6, n. 5, p. e1498. 2012.

La evolución escrita en las lianas

Botánicos utilizan plantas trepadoras para comprender el origen de las selvas brasileñas | **Ricardo Zorzetto** | PUBLICADO EN OCTUBRE DE 2012

Parece no haber reto capaz de intimidar a la botánica Lúcia Garcez Lohmann, una experta en sistemática de plantas de la Universidad de São Paulo. Al finalizar la carrera de biología en 1995, con 22 años, ella se impuso una tarea que dejaría anonadado a cualquier investigador experimentado. Decidió buscar una respuesta definitiva para un tema que llevaba dos siglos preocupando a los botánicos: comprender cuál era el parentesco y la historia evolutiva y biogeográfica de las 382 especies de lianas que crecen en un vasto territorio de América, que se extiende desde el sur de México hasta el norte de Argentina y Chile, contribuyendo a hacer que las selvas tropicales sean tan diferentes de las templadas. Luego de visitar colecciones en museos de todo el mundo y pasar meses en selvas de América Central y América del Sur, recolectando nuevos ejemplares, Lohmann elaboró un sistema de clasificación basado en la relación de parentesco entre especies teniendo en cuenta las características genéticas y morfológicas de estas plantas. Ahora, mientras comienza a comprender cuándo, dónde y cómo surgió tanta variedad de lianas –estas especies representan casi la mitad de las Bignoniáceas, una familia de plantas con flores en forma de campana que incluye a árboles tales como el lapacho y el jacarandá–, Lohmann se apresta a comenzar con un proyecto aún más ambicioso. Pretende comprender qué fue lo que llevó a que la selva amazónica albergase la mayor variedad de plantas y animales del mundo. Resumiendo, aquello que posibilitó que la Amazonia sea justamente la Amazonia.

Mediante un trabajo conjunto con el ornitólogo estadounidense Joel Cracraft, ella coordinará durante los próximos cinco años la labor de casi 30 investigadores –la mitad brasileños y la otra mitad estadounidenses– que analizarán datos sobre plantas, animales y el ambiente en procura de una explicación para la biodiversidad de la mayor selva tropical del mundo. El proyecto, aprobado en el mes de septiembre, es el resultado de un convenio entre la FAPESP y la National Science Foundation, de Estados Unidos. Por medio de los programas Biota-FAPESP y Dimensions of Biodiversity, cada fundación aportará unos 2 millones de dólares a la investigación. “No conozco otro proyecto que se proponga producir una visión tan abarcadora e integrada de la Amazonia”, dice Garcez Lohmann. “La idea consiste en hacer una síntesis de todo lo que se conoce de la región y construir un modelo teórico que explique de mejor manera el origen de su biodiversidad”.

Hace casi 40 años que se interpreta el surgimiento de la múltiple variedad de plantas y animales de la Amazonia según la teoría de los refugios, postulada al final de los años 1960 por el geólogo alemán Jürgen Haffer y probada por el zoólogo Paulo Vanzolini. En virtud de este modelo, las alteraciones del clima desencadenaron un proceso que dejó a la región más seca y la selva se encogió, ocupando áreas reducidas y aisladas. Esas áreas, denominadas refugios, habrían permitido la supervivencia de muchas especies y propiciado el surgimiento de otras, que se esparcieron cuando el clima volvió a ser húmedo y la selva se expandió.



Lianas en el bosque atlántico en Itatiaia, Río de Janeiro: trepadoras del grupo *Bignoniaceae* pueden ayudar a contar de nuevo la historia evolutiva de varios ecosistemas

Varias veces sometida a prueba, la teoría de los refugios parece ya no ser suficiente para explicar la biodiversidad amazónica.

Uno de los motivos del cuestionamiento reside en que la idea de los refugios como centros de diversidad de especies puede ser consecuencia de una distorsión, puesto que en muchos casos, los refugios coinciden con las áreas de mayor recolección de ejemplares de plantas y animales. De ese modo, puede que se haya encontrado mayor cantidad de especies en los refugios porque allí se buscó mejor, y no porque en ellos haya necesariamente una mayor profusión de especies. “Quienes estudian la biodiversidad analizan la teoría de los refugios por falta de opciones”, comenta Lohmann.

Con el nuevo proyecto, Cracraft y ella esperan crear un modelo teórico más abarcador para explicar la biodiversidad amazónica. “Al finalizar esos cinco años esperamos comprender en detalle los patrones de biodiversidad que aparecen en la Amazonia y ser capaces de resolver algunas controversias sobre la historia ambiental de la región”, dice Cracraft, investigador del Museo de Historia Natural de Nueva York. Garcez Lohmann, él y otros investigadores comenzaron a planificar este estudio hace casi cuatro años. “Teníamos un interés científico en la Amazonia y muchos de nosotros habíamos publicado trabajos sobre la región”, comenta Cracraft. “Pero comprender la historia biótica y ambiental

“Queremos reconstruir lo que sucedió en la Amazonia durante los últimos 20 millones de años”, dice Lohmann

de la Amazonia es algo muy amplio y complejo como para ser resuelto por pocos investigadores, por eso se pensaba en un proyecto a gran escala”.

El primer paso será recabar toda la información disponible al respecto de algunos grupos de la fauna y la flora amazónica. Así, se espera identificar los sitios donde la concentración de especies es mayor y saber si esa concentración está asociada con alguna característica ambiental (geológica o climática). Luego, los investigadores pretenden reconstruir la historia evolutiva de todas las especies de plantas, mariposas, aves y mamíferos de los que puedan tomar muestras. A partir

de informaciones genéticas y de la datación de fósiles, pretenden identificar los principales hitos en la diversificación de las especies y dónde habitaban los ancestros de cada grupo. También contemplan investigar si los eventos de diversificación se encuentran asociados a fenómenos geológicos, climáticos u otras características ambientales del pasado, tales como las variaciones en la disponibilidad de carbono y nitrógeno. “Queremos reconstruir lo que sucedió durante los últimos 20 millones de años, que es cuando se estima que surgieron muchas de las especies que habitan allí”, dice Garcez Lohmann.

Mucho de lo que queda por hacer en la Amazonia no difiere del trabajo que ella realizó con las 382 especies de lianas del grupo Bignoniaceae, el mayor de los grupos o tribus de la familia de las Bignoniáceas. A partir de la genealogía que elaboró, ella y su equipo comenzaron a develar la historia evolutiva de estas plantas, que representan el mayor grupo de lianas –trepadoras con tallo leñoso– de América. Éstas asumen formas tan variadas, se difunden por tantos ambientes y son tan abundantes en las selvas tropicales que, según los botánicos, sirven como modelo para conocer lo que sucede con otras especies de plantas y flores.

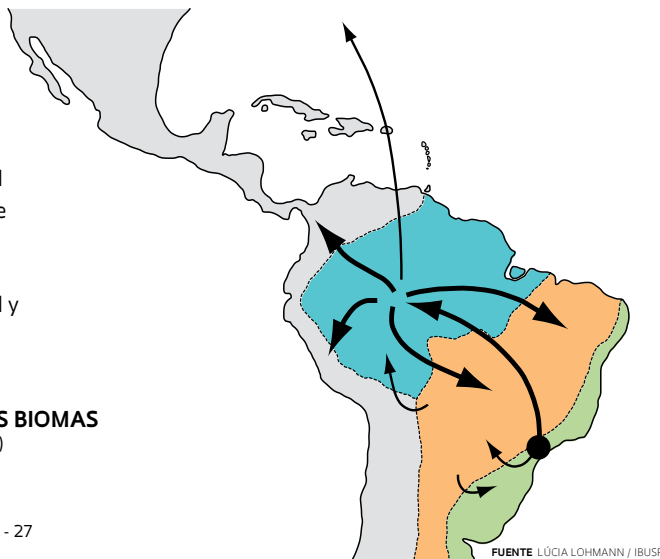
EL ORIGEN

Basado en datos moleculares y en la nueva genealogía, Lohmann afirma con mayor seguridad que las lianas del grupo Bignoniaceae surgieron hace unos 50 millones de años en la región de lo que actualmente es la costa brasileña ocupada por el bosque atlántico, tal como informa en un artículo que se publicará en el *Botanical Journal of the Linnean Society*. En aquella época, América del Sur ya se encontraba separada de África. El clima era cálido y húmedo, los dinosaurios ya no existían y una gran variedad de mamíferos comenzaba a ocupar el planeta.

El ancestro de esas 382 especies de lianas, probablemente era un árbol, y no una enredadera. Las flores del ancestro de las Bignoniaceae poseían cinco pétalos que formaban un tubo alargado, con órganos sexuales internos y un sector productor de néctar en el fondo. Eran similares a las flores de las especies del género *Anemopaegma*, que son de color morado, blanco o amarillo, concluyeron Garcez Lohmann y la botánica Suzana

La conquista de un continente

Nativas de la costa de América del Sur, las lianas del grupo Bignoniaceae se difundieron hacia las regiones húmedas del interior del continente antes de alcanzar las áreas con clima más seco, América Central y América del Norte



OCUPACIÓN DE LOS BIOMAS

(*en millones de años atrás)

- Bosque atlántico - 50
- Amazonia - 39
- Cerrado, caatinga, chaco - 27



A partir de la izquierda y en sentido horario, las lianas *Dolichandra unguis-cati*, *Martinella obovata*, *Pyrostegia venusta*: nativas de la Amazonia y halladas en casi toda América



Alcantara luego de analizar la evolución de 12 características anatómicas de las flores de las Bignoniaceae. “Las flores de la primera de estas especies, probablemente eran moradas y eran polinizadas por pequeñas abejas”, comenta Alcantara.

A propósito, la morfología externa de las flores, parece ser la característica más sujeta a transformaciones. Aunque la mayor parte sea polinizada por abejas, las flores con coloración más intensa (rojas o amarillas) y un formato que facilita la polinización por colibríes aparecieron 11 veces entre las 104 especies que analizaron Alcantara y Lohmann. Otras cinco veces surgieron flores –generalmente blancas, con un tubo más estrecho y alargado– que liberan un intenso perfume que atrae a las mariposas. Pero de hecho, lo que parece haber influido en la difusión de esas plantas son las características del ambiente, tales como la disponibilidad de agua y luz, y la variación de temperatura.

NUEVAS FRONTERAS

Partiendo del litoral, las Bignoniaceae recorrieron un largo camino por América.

Hace 39 millones de años, llegaron a la región de la actual Amazonia, donde hoy se encuentra la mayor diversidad de especies. Desde allí se dispersaron hacia los Andes, América Central y América del Norte. Más adelante, hace 27 millones de años, ocuparon el cerrado, la caatinga y el chaco.

Al migrar hacia esos ecosistemas más secos, sufrieron alteraciones drásticas en su morfología: las trepadoras dieron lugar a arbustos, con una serie de probables adaptaciones al nuevo ambiente donde la luminosidad es mayor y no les fue necesario crecer sujetos a un árbol para recibir luz.

Durante esta migración, perdieron los zarcillos foliares, que son filamentos que se enroscan al tronco de los árboles y les permiten alcanzar el dosel de las selvas. Paralelamente, pequeñas estructuras del tallo y de las hojas que producen néctar –los nectarios extraflorales– parecen haber dejado de ejercer una función protectora. En la selva, éstos existen en mayor cantidad y atraen a las hormigas, que, a su vez, espantan a los insectos herbívoros. “Con cada transición desde las selvas húmedas hacia zonas más secas, el número de nectarios disminuyó, alterando las interacciones de ellos con las hormigas y los insectos herbívoros”, explica el ecólogo Anselmo Nogueira, del

equipo de Lohmann. “Estas transiciones morfológicas posibilitaron la ocupación de otros ambientes por parte de las Bignoniaceae y, probablemente, permitieron que se diversificasen tanto”, comenta.

Actualmente, Garcez Lohmann y su equipo clasifican los datos sobre el momento en que surgieron o desaparecieron éstas y otras características de las Bignoniaceae. Es un intento por comprender si las modificaciones son innovaciones que hicieron posible la ocupación de nuevos ámbitos o si ocurrieron luego de la llegada a los nuevos biomas, como adaptación a condiciones ambientales diferentes. “La historia evolutiva de las Bignoniaceae”, considera Lohmann, “puede contribuir a esclarecer los orígenes y la evolución de los ecosistemas tropicales como un todo”. ■

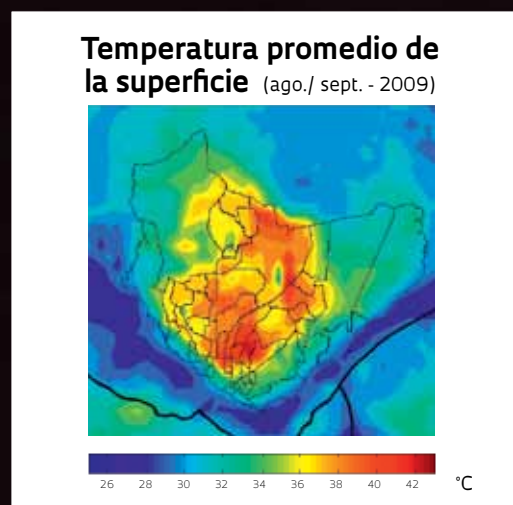
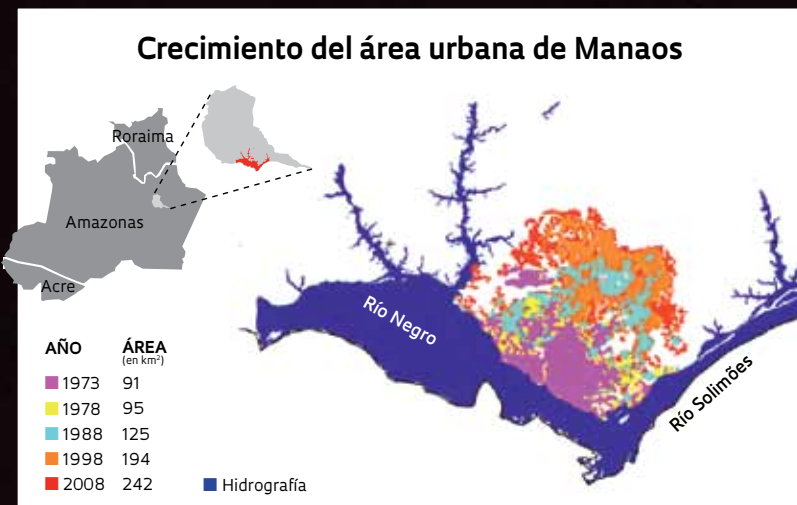
Proyectos

1. Sistemática de la tribu Bignoniaceae (Bignoniaceae) (nº 2011/ 50859-2); Apoyo Regular al Proyecto de Investigación; **Coord.** Lúcia Garcez Lohmann – IB/ USP; **Inversión** R\$ 721.836,88 (FAPESP)

2. Estructuración y evolución de la biota amazónica y su ambiente: un abordaje integrador (nº 2012/ 50260-6); Programa Biota –Proyecto Temático; **Coord.** Lúcia Garcez Lohmann – IB/ USP; **Inversión** R\$ 2.974.606,54/ US\$ 461.132,00 (FAPESP)

Artículos científicos

LOHMANN, L. G. et al. Pattern and timing of biogeographic history in the neotropical tribe bignoniaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2012.



Una isla de calor en la Amazonia

El área urbana de la ciudad de Manaus es 3°C más cálida que la selva

Marcos Pivetta

PUBLICADO EN OCTUBRE DE 2012

Manaos y Belém, ciudades capitales de estados norteros –Amazonas y Pará– que son polos de desarrollo de la Amazonia brasileña, enclavadas en la inmensa, cálida y húmeda selva tropical, comienzan a presentar las alteraciones climáticas típicas de las grandes ciudades. Entre 1961 y 2010, la temperatura promedio de Manaus aumentó 0,7 grados Celsius (°C), llegando a 26,5 °C, de acuerdo con un estudio realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (Inpe). Durante el mismo período, la temperatura promedio de Belém aumentó 1,51 °C y llegó a 26,3 °C. En ambos casos, el aumento se debe, fundamentalmente, al crecimiento del área urbanizada de las ciudades, un proceso que se acentuó durante las últimas décadas, aunque efectos más globales, relacionados con los cambios climáticos a gran escala, también pueden haber incidido en ese índice. En 1973, las áreas urbanas de Manaus y de la Región Metropolitana de Belém eran, respectivamente, de 91 y 76 kilómetros cuadrados. En 2008, esas cifras habían crecido hasta 242 y 270 kilómetros cuadrados (*obsérvese los cuadros de las páginas 42 y 45*).

Con mayor cantidad de edificios, hormigón y asfalto tomando el lugar de la vegetación autóctona, el denominado efecto isla urbana de calor, un fenómeno conocido desde hace tiempo por paulistanos y cariocas, también apareció con vehemencia en las dos principales capitales de la región norte del país. A una misma hora del día, la temperatura en

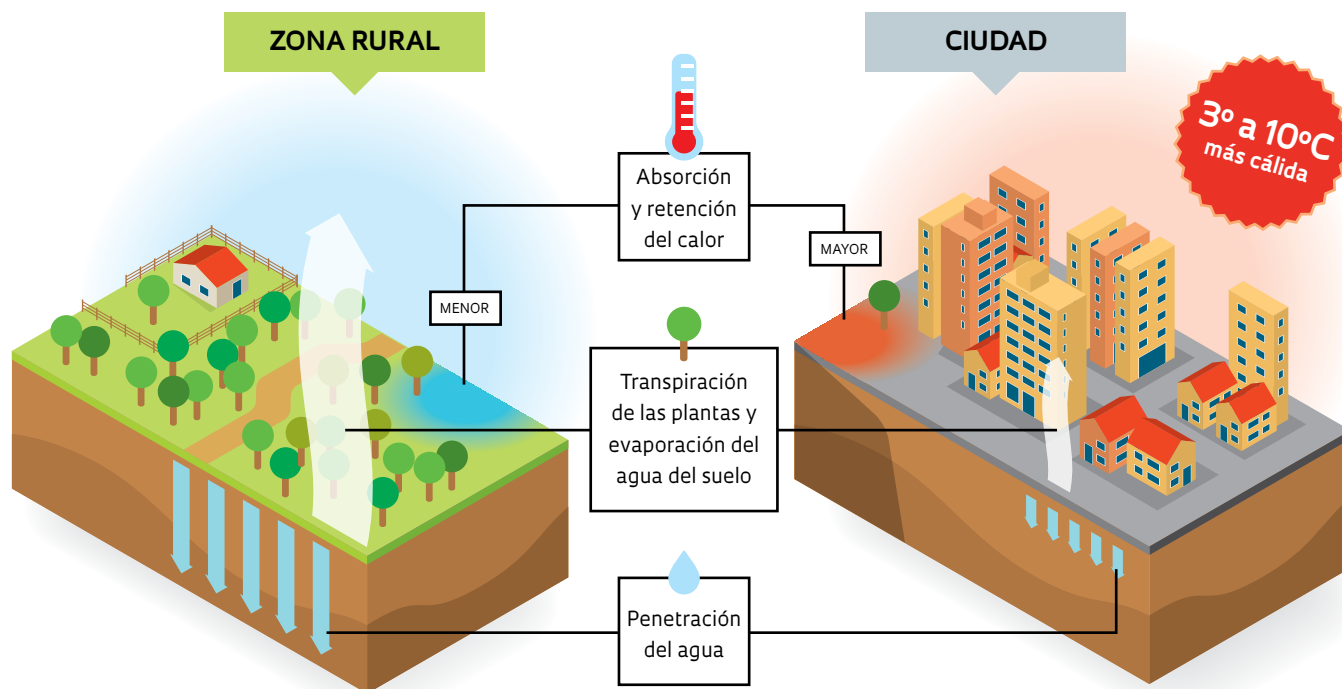
las áreas más densamente pobladas y ocupadas por construcciones y edificaciones de esas ciudades es consistentemente mayor que en las zonas rurales cercanas, donde se conserva la selva. Los datos sobre islas de calor son más evidentes en el caso de Manaus, actualmente la séptima ciudad brasileña en cuanto a población, con más de 1,8 millones de habitantes, delante de capitales del nordeste tales como Recife, y del sur, como Porto Alegre y Curitiba. La diferencia de temperatura entre los sectores más urbanizados de la metrópolis amazonense y una zona selvática ubicada a 30 kilómetros de distancia, la Reserva Biológica de Cuieiras, alcanza picos de más de 3 °C en 5 de los 12 meses del año.

Estos resultados se basan en informes recabados hora a hora por cuatro estaciones meteorológicas entre los años 2000 y 2008 y constan en un artículo científico que se publicó el 8 de agosto en el sitio *web* de la revista *Meteorological Applications* con la autoría de Diego Souza y Regina Alvalá, ex investigadores del Inpe y que actualmente trabajan en el Centro Nacional de Monitoreo y Alerta de Desastres Naturales (Cemaden), en Cachoeira Paulista.

El trabajo también señala que la atmósfera en las áreas urbanizadas de Manaus se volvió más seca que en las selvas aledañas. Durante el período analizado, la humedad relativa del ambiente en las zonas centrales de la capital amazonense fue, en promedio, 1,7% menor que en los montes adyacentes. Esta diferenciación alcanzó su máxi-

La capital del estado de Amazonas: el avance del hormigón y el asfalto deja a la ciudad más cálida

Por qué ocurre el efecto isla urbana de calor



mo nivel en febrero, en plena estación de lluvias, cuando la ciudad llegó a ser un 3,5% más seca que la selva. “Esos datos muestran claramente el efecto isla de calor en Manaus”, afirma Alvalá, ingeniera cartográfica experta en mapeo de usos y cobertura de la tierra para modelado meteorológico.

En Belém, los estudios del dúo del Cemaden no lograron caracterizar la dimensión del efecto isla de calor debido a la ausencia de largas series históricas con datos diarios, recabados hora a hora, en diferentes puntos de la ciudad y de su entorno sin desmonte. No obstante, existen indicios de que este fenómeno alcanza en la capital paraense –la décima más populosa de las ciudades brasileñas, con algo más de 1,4 millones de habitantes– sus valores máximos durante la madrugada.

Aunque puedan parecer pequeñas comparadas con los millones de habitantes de las dos megalópolis brasileñas (São Paulo y Río de Janeiro), las capitales de Amazonas y de Pará se han transformado en amplios conglomerados urbanos según los patrones mundiales. Si fuesen, por ejemplo, ciudades francesas o italianas, se ubicarían detrás, en términos de población, tan sólo de París y Roma.

DOS PICOS

Un aspecto singular, y polémico, señalado por el estudio, fue la detección de dos picos diarios en que el efecto isla de calor se exagera en la capital amazonense: el primero alrededor de las 8 de la mañana y el segundo, entre las 15 y las 17. “En la mayoría de las ciudades existe solamente un pico diario para el efecto isla de calor y éste, en general, ocurre durante la noche o de madrugada”, dice el meteorólogo Souza. Los investigadores no saben con certeza por qué ocurren estos picos en tales momentos del día, pero especulan con que pueden hallarse asociados con el horario pico del tránsito en la ciudad. El calor generado por la combustión es uno de los factores que contribuyen al calentamiento local de la atmósfera.

Un estudio realizado por Francis Wagner y Rodrigo Augusto de Souza, físicos de la Universidad del Estado de Amazonas (UEA), también evaluó el efecto isla de calor en Manaus. No todas las características del fenómeno coincidieron con los informes divulgados en el artículo del Cemaden. Pero, más allá de las diferencias metodológicas, el trabajo de los investigadores de la UEA comprendió otro período de tiempo. Entre mayo de 2010 y abril de 2011, se analizaron datos de la

Entre 1961 y 2010, la temperatura promedio de Belém aumentó 1,51 °C y llegó a 26,3°C

temperatura del aire en cuatro estaciones, dos en el área urbana y dos en la zona rural. Wagner y Souza establecieron dos picos del efecto isla de calor, uno a las 7 y otro a las 20. La mayor diferencia de temperatura entre las áreas urbana y rural fue del orden de los 3,5 °C.

A partir de los datos aportados por el satélite ambiental Aqua, que explora el territorio con una resolución espacial de 1 x 1 kilómetro, los científicos de la UEA calcularon las variaciones de temperatura en la superficie de la capital amazonense entre agosto y septiembre de 2009, en los meses normalmente más secos. Las zonas

más cálidas fueron justamente las más urbanizadas, y las más frías, las que mantenían áreas con más vegetación preservada. En cuanto al suelo, las diferencias de temperatura entre las zonas cubiertas por hormigón y asfalto, tales como el centro y los barrios de Cidade Nova y Petrópolis, y los sectores de selvas, alcanzaron los 10 °C. “Estamos llevando a cabo un estudio del microclima en el área urbana de Manaus para aportar a la elaboración de un plan maestro de arborización y demarcación ecológica”, dice Wagner, cuyo proyecto cuenta con financiación del Fondo Municipal de Desarrollo y Medio Ambiente de la capital amazense.

Un posible reflejo del efecto isla de calor sería el de alterar el régimen de lluvias sobre el territorio de ambas ciudades amazónicas. En São Paulo, por ejemplo, la cantidad de lluvia promedio anual que cae en la mayor ciudad brasileña aumentó un 30% durante los últimos 80 años, y parte de ese crecimiento pluviométrico, particularmente durante la primavera y el verano, algunos estudios lo adjudican a la creciente urbanización de su territorio. Los resultados de los estudios de modelado atmosférico de alta resolución realizados por Diego Souza y Regina Alvalá indican que, para el caso de que las áreas urbanas de ambas capitales, continuará creciendo, y habrá una tendencia a la disminución de la cantidad de lluvias en Manaus, mientras que Belém presentará un leve aumento pluviométrico. “Pero los cambios en el régimen de lluvias no parecen ser muy significativos”, comenta Alvalá.

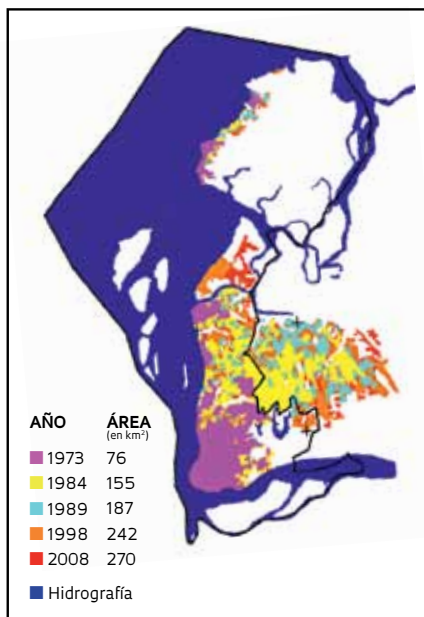
CALOR LONDINENSE EN EL SIGLO XIX

Aunque no se lo conociera por ese nombre, el fenómeno de las islas urbanas de calor se estudió desde los comienzos del siglo XIX, cuando el inglés Luke Howard midió durante la noche diferencias de casi 2 °C entre Londres, entonces la mayor metrópolis del mundo, con más de 1 millón de habitantes, y tres localidades rurales cercanas. Desde entonces, el análisis del clima de las ciudades es un tema de investigación cada vez más relevante, todavía más en el siglo XXI, cuando, por primera vez en la historia, el mundo pasó a tener mayor cantidad de personas residiendo en centros urbanos que en el medio rural.

La edificación de las ciudades altera en forma radical el patrón de ocupación del suelo y crea un ambiente local donde la aparición de islas de calor se convierte ca-

El crecimiento de Belém

En 35 años, el área urbana de la región metropolitana se triplicó



si en una ley natural. En lugar de la tierra expuesta, del césped y de los árboles, los elementos rurales que atenúan las altas temperaturas tanto al nivel del suelo como en el aire, una serie de materiales impermeables y que retienen el calor en forma diferente a la vegetación, pasa a dominar el paisaje urbano. En el campo, la presencia de vegetación arbórea y rastrera origina zonas de sombra capaces de reducir la temperatura del suelo, una alteración que, simultáneamente, provoca la disminución de la temperatura atmosférica. Las áreas verdes también contribuyen para refrescar el clima de un lugar mediante la evapotranspiración. Ese mecanismo provoca que las plantas y el suelo liberen agua hacia el aire como forma de disipar el calor ambiental.

En las zonas más urbanizadas del municipio, todo lo que hace que el clima del campo sea más apacible es escaso o está ausente. El agua de las lluvias casi no penetra en el suelo, hay menos humedad local y el proceso de evapotranspiración es menos intenso. En forma general, la ciudad de hormigón, asfalto, vidrio y metales tiende a absorber y almacenar el doble de calor que un área rural vecina. La arquitectura urbana, con sus altos edificios y construcciones con texturas diferentes a la superficie del

entorno rural, también puede alterar el régimen de vientos e intensificar la sensación de calor. En las megalópolis tales como São Paulo o Nueva York, el efecto isla de calor puede representar una diferencia de hasta 12 °C en la temperatura del aire entre un área densamente urbanizada y una zona rural o boscosa. Si se compara la temperatura del suelo, las discrepancias tienden a resultar todavía mayores.

En Brasil, el efecto de las islas urbanas de calor se está estudiando en muchas capitales del país desde hace un buen tiempo. En el estado de São Paulo, ciudades medianas y pequeñas también pasaron a ser objeto de investigaciones sobre el fenómeno. El equipo de los geógrafos João Lima Sant’Anna Neto y Margarete Amorim, de la Universidade Estadual Paulista (Unesp), campus de Presidente Prudente, midió el efecto en seis municipios del interior paulista: Teodoro Sampaio, Euclides da Cunha, Jales, Rosana y Birigui, además de Presidente Prudente. Para registrar el fenómeno, se valieron de datos suministrados por el canal termal del satélite Landsat y estaciones meteorológicas fijas y móviles.

En Presidente Prudente, una ciudad de 207 mil habitantes, se registraron diferencias de hasta 8 °C entre las áreas más urbanizadas y el medio rural, sobre todo por la noche. Los barrios populares donde se erigen los conjuntos habitacionales Cohab y Cecap fueron los más cálidos de la ciudad. “En esos sitios, el uso de materiales inadecuados para las edificaciones, tales como placas de fibrocemento, la elevada densidad del área construida y la escasez de zonas verdes acentúan las islas de calor, ya que no hay gran emisión de contaminantes de origen industrial ni de vehículos”, comenta Sant’Anna Neto. Incluso localidades diminutas, tales como Alfredo Marcondes, un municipio vecino a Presidente Prudente, con 3.800 habitantes, presentan alteraciones climáticas. Se midieron diferencias de 2,5 °C entre su zona urbana y los sectores rurales. “Las islas de calor también representan un problema de salud pública y predisponen a la aparición de enfermedades respiratorias y circulatorias en ancianos y niños”, dice el geógrafo. ■

Artículo científico

OLIVEIRA, D.O. y ALVALÁ, R.C.S. Observational evidence of the urban heat island of Manaus City, Brazil. *Meteorological Applications*. Publicado online. 3 ago. 2012.

El corazón de la Vía Láctea

El mayor estudio de estrellas jamás hecho reconstituye la región central de la galaxia

Igor Zolnerkevic

PUBLICADO EN OCTUBRE DE 2012

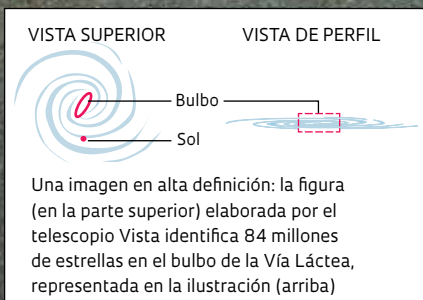
Cuando se trata de imágenes en alta definición, el nivel de exigencia de los astrónomos sobrepasa por mucho el de cualquier cinéfilo. Para analizar en su máxima expresión las estrellas del denominado bulbo galáctico –el sector más central repleto de estrellas de nuestra galaxia, la Vía Láctea–, un equipo internacional integrado por 12 investigadores liderados por el brasileño Roberto Saito y por el argentino Dante Minniti, ambos de la Pontificia Universidad Católica (PUC) de Chile, analizó la imagen de 190 mil por 170 mil píxeles de esa región que se expone en estas páginas. Dicha figura, elaborada por el astrónomo chileno Ignacio Toledo, del Observatorio Alma, es tan grande que se necesitarían 6 mil televisores de alta definición para exhibirla en su máxima resolución.

El retrato del corazón de la Vía Láctea revela una población de estrellas donde podrían encontrarse planetas similares a la Tierra y promete ayudar a comprender cómo nació la galaxia. También fortalece la hipótesis de que en el bulbo galáctico, la región central, similar a un balón de fútbol americano, existen dos grandes conglomerados de estrellas que se asemejan a la forma de una inmensa X. El análisis de esta nueva imagen generó un catálogo con información sobre la posición y el brillo de 84 millones de estrellas. Se han realizado estudios mayores, pero, según Saito, todavía no se había analizado un conjunto tan enorme de estrellas al mismo tiempo.

En su resolución máxima, la nueva imagen ocupa 200 gigabytes de memoria en una computadora. A causa de la cantidad de datos, no existía conexión de internet que bastase para transferirla sin errores desde Chile –donde se la obtuvo durante el transcurso de más de un año de observaciones llevadas a cabo por el telescopio de cuatro metros Vista, del Observatorio Europeo Austral (ESO)– hacia el Reino Unido, donde los investigadores de la Universidad de Cambridge la sintetizaron. Por ese motivo, fue necesario llevarla y traerla nuevamente en avión.

A partir del nuevo catálogo de las estrellas del bulbo, el equipo de investigadores, que incluyó a los astrónomos brasileños Márcio Catelan, de la PUC chilena, Beatriz Barbury y Bruno Dias, de la Universidad de São Paulo, produjo un gráfico relacionando la intensidad del brillo de las estrellas con el color de la luz emitida, el denominado diagrama color-magnitud, que se publicó en agosto de este año en la revista *Astronomy & Astrophysics*. Estudiando la distribución de los astros en ese diagrama, los astrónomos dedujeron la masa, la edad y la ubicación de las estrellas en la galaxia y caracterizaron a la población de estrellas del bulbo.

Los 84 millones de estrellas representan una fracción ínfima de los centenares de miles de millones que componen la Vía Láctea. Más de un tercio de ellas se encuentran apiñadas en el bulbo, mientras que el resto, el Sol inclusive, se distribuye por los brazos en espiral que forman la parte externa del disco de la galaxia.



No resultó sencillo divisar las estrellas del bulbo. Su brillo es muy tenue, la concentración es elevada y hay una enorme cantidad de gas y polvo que bloquea el paso de la luz que emiten. El telescopio Vista sólo logró detectar esta elevada cantidad al captar la radiación infrarroja que emiten las estrellas y que logra atravesar esa bruma de gas y polvo interestelar. “Solamente los estudios infrarrojos pueden entrever el bulbo y, por ende, resultan fundamentales para la comprensión sobre cómo se formó la Vía Láctea”, comenta Kátia Cunha, astrónoma del Observatorio Nacional y experta en el tema.

CENSO ESTELAR

Los investigadores confirmaron que la mayoría de las estrellas del bulbo son gigantes rojas, astros viejos en las últimas etapas de sus vidas, lo cual condice con la idea más aceptada que sostiene que el bulbo fue la primera región de la galaxia en formarse. Entre esas gigantes, se destacan las *red clump giants*, un tipo de

estrellas con un color y brillo muy conocidos. “Esto permite que pueda utilizárselas como indicadores de distancia”, explica Saito. “Si su brillo parece débil, ello indica que se hallan distantes y, si parece fuerte, es porque se encuentran cerca”.

Utilizando las *red clump*, Saito y sus colegas mapearon el bulbo y confirmaron una conclusión que aportaran estudios anteriores: el centro de la galaxia contiene dos regiones donde la concentración de estrellas es más elevada. Cada una de esas regiones tiene la forma de una barra y se entrecruzan dibujando una X. Pero descubrieron algo nuevo: las patas de la X son mucho más extensas de lo que se pensaba.

Los astrónomos también identificaron una serie de estrellas enanas rojas que, debido a su débil brillo, se hallaban más allá del límite de detección de los estudios anteriores. “Son pequeñas, con un décimo del tamaño del Sol, y serían las estrellas más comunes de la galaxia”, comenta Saito. Según el investigador, las enanas rojas son actualmente las estrellas de moda, ya que es fácil detectar alrededor de ellas planetas pequeños y rocosos similares a la Tierra. El propio telescopio Vista, en 2014, buscará variaciones en el brillo de esas estrellas provocadas por el paso de planetas por delante de ellas.

“Actualmente existen al menos dos escenarios para explicar la formación del bulbo, que a su vez, se encuentra íntima-

mente relacionada con la formación de otras partes de la galaxia”, dice la astrónoma brasileña Cristina Chiappini, del Instituto Leibniz de Astrofísica, en Potsdam, Alemania. Una concepción sostiene que el bulbo pudo haberse formado mediante el aglutinamiento de galaxias menores durante los primeros miles de millones de años de vida del Universo. La explicación alternativa sostiene que esa formación ocurrió con mayor lentitud, como resultado de inestabilidades en el movimiento de rotación del disco galáctico, donde hay mayor cantidad de gas, polvo y estrellas jóvenes. “Lo importante es que los diferentes escenarios confluyen en el surgimiento de estrellas con propiedades químicas y físicas distintas”, explica Chiappini.

Cunha y ella destacan que el catálogo que produjeron Saito y sus colaboradores abre el camino para la realización de estudios espectroscópicos a gran escala, que analicen la composición química de una gran cantidad de estrellas simultáneamente, aportando así datos como para verificar las teorías de la formación de la Vía Láctea. ■

Artículo científico

SAITO, R. K. et al. Milky Way demographics with the VVV survey I. The 84-million star colour-magnitude diagram of the Galactic bulge. *Astronomy & Astrophysics*. 28 ago. 2012.

Los vuelos del futuro

Embraer invierte en asociaciones para desarrollar desde biocombustibles hasta innovación en las cabinas

Dinorah Ereno

PUBLICADO EN NOVIEMBRE DE 2012

Embraer, empresa que ocupa el tercer lugar entre las fábricas de aviones comerciales del mundo, tan sólo detrás de las gigantes Boeing (Estados Unidos) y Airbus (Unión Europea), fue fundada para transformar ciencia y proyectos de investigación en productos tecnológicos. “El conocimiento forma parte del ADN de la empresa”, dice Mauro Kern, vicepresidente de ingeniería y tecnología de Embraer, donde comenzó a trabajar hace 30 años. “Durante la posguerra, la sensación era que la industria aeronáutica podría ser un gran incentivo para la tecnología en el país”, comenta el ingeniero mecánico graduado en la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS).

Lo primero que se hizo en ese sentido fue crear el Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), mediante un convenio con el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), de Estados Unidos, para la capacitación de ingenieros aeronáuticos. Luego

vino el Centro Tecnológico de Aeronáutica (CTA), que en las décadas de 1950 y 1960 desarrolló proyectos con el objetivo de formar una base de conocimiento tecnológico. Uno de esos proyectos fue el que posibilitó el inicio de la industria aeronáutica, en 1969: “Embraer se creó para producir el avión Bandeirante”, dice Kern. Ése fue el impulso para nuevos proyectos, tales como el del monomotor agrícola Ipanema, al final de los años 1960 y que se produjo en serie a partir de 1972. “El primer avión certificado en el mundo para volar con biocombustible se produce hasta los días actuales”.

Entre 1983 y 1984, Kern pasó seis meses en Italia dedicado al programa AMX, una línea de aviones militares desarrollada mediante un convenio con dos empresas italianas, y enfocada en la capacitación de la industria nacional en integración de sistemas. El ingeniero electrónico capacitado en el ITA Andrea Barp, del área de simulación y modelado de sistemas de Embraer,





Partiendo de la izquierda, Alexandre Filogonio, Paulo Anchieta, Fernando Fernandez, Allan Pereira, Mauro Kern y Andrea Barp, en la sede, en São José dos Campos

también pasó una temporada en Italia, en 1983, junto con otros jóvenes investigadores. “El grado de integración y la complejidad de los sistemas de a bordo en la aeronave, se consideraban avanzados para la época, principalmente en lo referente al *software* de a bordo”, dice. Los retos del grupo brasileño se superaron con mucho estudio, y el conocimiento adquirido en ese tiempo permitió que, cinco años después, Embraer produjera el *software* de a bordo para el avión AMX.

En realidad, la empresa intentó ganar autonomía en todas las etapas de desarrollo y construcción de una aeronave. Por ejemplo, cuando Kern regresó a Brasil, fue enviado a una filial de la empresa creada para desarrollar competencia en trenes de aterrizaje e hidráulica aplicada. “Fui el primer ingeniero del cuerpo técnico de esa filial”, dice. Fueron varios programas de cooperación y desarrollo hasta 1996, cuando Embraer certificó el tren de aterrizaje del ERJ 145 (un *jet* regional con 50 asientos), el pri-

mero desarrollado íntegramente por la empresa. En 1999 Kern se trasladó a la casa matriz, donde se dedicó a los proyectos de las series Embraer 170 y 190, una línea de *jets* comerciales con capacidad entre 70 y 120 plazas. Inicialmente trabajó como jefe de ingenieros en el proyecto 190, luego asumió la dirección de los programas 170 y 190, y la vicepresidencia de la división de aviación comercial. Desde hace un año y medio, Kern es el vicepresidente de ingeniería y tecnología, una función que abarca a todos los programas aeronáuticos de la empresa.

Barp, quien trabajaba con aviones de defensa para uso militar, también fue convocado para el programa de *jets* regionales Embraer 170 y 190 en el año 2000. “Mi trabajo consistía en ayudar a realizar la integración de los modelos de simulación con los dispositivos de ensayos, que hasta entonces eran casi estáticos”, dice. Sin una simulación realista de las condiciones de vuelo, no podría prepararse la aeronave para su primer



Línea de montaje de jets comerciales

ensayo en el aire. En aquella época, Embraer delegaba en proveedores la responsabilidad de la integración y desarrollo del *software* de a bordo, que controla las conexiones de todo lo que hay en el avión, así como una serie de funcionalidades importantes para la competitividad del producto y de los servicios asociados, lo cual generaba dificultades en los desarrollos. En 2005, Barp comenzó a estudiar las causas fundamentales de esos obstáculos. Para revertir ese contexto, se enfocó en los métodos, procedimientos, herramientas y ambientes que extendieran el uso del modelo matemático y de la simulación de sistemas a lo largo de toda la cadena de valor en la fabricación de una aeronave, lo que incluye ensayos, certificación y soporte a los clientes.

En Embraer, el área de investigación y desarrollo (I&D) se divide en competitiva y precompetitiva. La competitiva se encargó, desde el año 2000, de la familia de *jets* comerciales 170, 175, 190 y 195, denominada E-Jets, con capacidad entre 70 y 120 asientos, el Legacy 600, que marcó el ingreso de la empresa en el mercado de la aviación ejecutiva, además de los Phenom 100 y 300, que son *jets* ejecutivos pequeños para hasta 11 ocupantes, y del Lineage 100, un *jet* ejecutivo con un interior de 120 metros cuadrados, con varios ambientes para los pasajeros. Actualmente se están desarrollando los Legacy 450 y 500, así como el KC 390, un avión de transporte militar, “el mayor de su categoría y el mayor que haya proyectado Embraer”, según Kern. “Cuenta con características de desempeño muy interesantes, tales como aterrizaje en pistas muy cortas y reabastecimiento en vuelo”, describe. En la elección de la carpeta de proyectos de desarrollo

tecnológico hay una interacción muy intensa entre la aviación comercial, la ejecutiva y la de defensa y seguridad. En 2011, los ingresos netos de Embraer fueron de 9.800 millones de reales: un 63,6% corresponde al segmento de aviación comercial.

En cuanto al desarrollo precompetitivo, no existe un producto en vista, sino tecnologías que podrían utilizarse en futuros proyectos,

como por ejemplo, la soldadura por fricción, un proceso que se realiza en estado sólido para producir soldaduras mediante rotación o movimiento de piezas bajo compresión. “Ese tipo de soldadura permite un alivio en el peso interesante para la industria aeronáutica”, dice Fernando Fernandez, ingeniero mecánico graduado en la Escuela de Ingeniería Industrial de São José dos Campos, con máster en el ITA, y que trabajó en esa tecnología durante el período entre 2003 y 2011. Por ahora, la soldadura por fricción tan sólo se utilizará en un pequeño tablero del avión Legacy 500, que para fin de año estará volando. Desde el año pasado, Fernandez analiza tecnologías “con un foco de aquí a 15 ó 20 años”.

Embraer cuenta con varios proyectos en colaboración con institutos de investigación, universidades y otras empresas. Uno de los ejemplos es el Centro de Ingeniería del Confort, un proyecto conjunto con las universidades de São Paulo (USP), Federal de Santa Catarina (UFSC) y Federal de São Carlos (UFSCar), con apoyo de la FAPESP y de

Existen una interacción entre la aviación comercial, la ejecutiva y la de defensa y seguridad

la Financiadora de Estudos y Proyectos (Finep). El laboratorio del confort, con unos 300 metros cuadrados, tiene como objetivo mejorar el interior de las aeronaves y el nivel de bienestar de los pasajeros.

Para el proyecto financiado por la FAPESP, “Aeronave silenciosa: una investigación en aeroacústica”, un grupo formado por 70 investigadores de Embraer, de la USP, de la Universidad de Brasilia, de la UFSC y de la Universidad Federal de Uberlândia (UFU), desarrolla métodos y equipamientos para la supresión de ruidos. Los primeros debates que condujeron al proyecto comenzaron en 2003, con la participación de Allan Kardec Pereira, de 47 años, ingeniero aeronáutico graduado en la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG). En su posdoctorado en ingeniería mecánica en la Universidad de Campinas, estudió el acoplamiento entre vibración y ruido interno en aviones. Trabajó durante dos períodos en Embraer. El primero fue en 1989, en el área de desarrollo de productos.

Al comienzo de la década de 1990, Pereira regresó a Minas Gerais, donde realizó un máster en el área de optimización en la UFMG, y luego un

En 2011, los ingresos netos de la empresa sumaron **9.800 millones** de reales

doctorado en la Unicamp en control de vibraciones. A su regreso a Embraer, en 2001, se desempeñó en las áreas de desarrollo de productos y luego en anteproyectos, encargándose de idear los primeros conceptos de un nuevo producto. “Trabajé en los primeros proyectos del Phenom 100 y 300, y del Legacy 500”, dice. En abril de este año, un proyecto desarrollado por la empresa en asociación con un consorcio de empresas portuguesas y el instituto de ingeniería industrial Inegi, ligado a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Porto, obtuvo el Crystal Cabin Award en la categoría Conceptos Visionarios, un premio internacional a la innovación en interiores aeronáuticos. El proyecto, al que se le dio el nombre de Life, presenta un nuevo concepto para la aviación ejecutiva del futuro, con materiales tales como corcho y cuero, fibra óptica y diodos emisores de luz (LEDs).

MENOS CARBONO

Embraer también participa en consorcios con otras empresas del sector e institutos de investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías de manufactura, materiales compuestos, estructuras metálicas y sistemas de a bordo. “Tenemos proyectos en varios frentes y de varias naturalezas”, dice Kern. Uno de los frentes lo constituyen los proyectos para el desarrollo de biocombustibles. Uno de ellos, en colaboración con las empresas estadounidenses Amyris y GE, con la participación de Azul Linhas Aéreas, se enfoca en la producción de biocombustibles para *jets* a partir del etanol de caña de azúcar. Otro, asociados con Boeing y con financiación de la FAPESP, tiene como objetivo identificar alternativas sostenibles para el desarrollo y la producción de biocombustibles destinados a la aviación comercial en Brasil.

“Los biocombustibles generados a partir de fuentes renovables, más allá de constituir una alternativa al querosén de aviación extraído del petróleo,



Técnicos trabajando en las diferentes etapas de fabricación, tales como la instalación acústica (debajo)





Laboratorio de ensayos y chequeo de materiales (a la izquierda) y tablero de mando del Legacy 450 (arriba)

La monitorización funciona como una herramienta preventiva en el análisis de los componentes del avión

también contribuyen para reducir las emisiones de carbono”, dice Alexandre Tonelli Filogonio, graduado en ingeniería mecánica por la UFMG y con posgrado en ingeniería económica por la Fundación Dom Cabral, quien lidera un grupo dedicado al tema de los combustibles alternativos en el área de desarrollo tecnológico precompetitivo. Según los datos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la aviación comercial es responsable del 2% de las emisiones totales de anhídrido carbónico (CO₂) generadas por las actividades humanas. El reto consiste en disminuir las emisiones de modo tal que, en 2050, éstas sean equivalentes a la mitad de lo que emitió el sector en 2005, según el compromiso asumido por la industria en abril de 2008 y que se ratificó en marzo de 2012. Un área destacada en Embraer es la de monitoreo del estado de aeronaves, coordinada por Paulo Anchieta, de 46 años, quien cuenta con una singular trayectoria profesional. Comenzó hace

26 años como técnico mecánico, luego fue trasladado al sector de ingeniería, donde preparaba datos matemáticos que los ingenieros utilizaban para evaluar las estructuras de los aviones. Graduado en un colegio técnico, Anchieta decidió estudiar matemática en la Universidad Salesiana de Lorena, en el interior paulista. “A partir de allí, tuve la oportunidad de ayudar a otros ingenieros en ciertos temas en los cuales ellos no tenían dominio”, dice.

El trabajo de monitoreo funciona como una herramienta preventiva de análisis de los componentes de los aviones, con el objetivo de evitar futuros contratiempos. La tecnología de administración de la salud de los sistemas, denominada PHM (*prognostics and health management*), fue elegida en 2009 como una de las 10 tecnologías más prometedoras para la aviación por el Instituto Estadounidense de Aeronáutica y Astronáutica (AIAA).

La experiencia de Anchieta con aviones militares fue el pasaporte que lo llevó a recibir la invitación para trabajar en el proyecto de monitorización y salud de aviones comerciales. “La estructura de un avión militar se monitorea como si fuera un control de la salud en humanos”, compara Anchieta, quien estudió ingeniería mecánica en el turno de la noche de la Facultad de Ingeniería de la Universidade Estadual Paulista (Unesp) en Guaratinguetá para poder asumir funciones más compatibles con su conocimiento y experiencia.

La crisis económica de comienzos de la década de 1990, que desembocó en reducciones drásticas de personal en la empresa, se convirtió en un aprendizaje para Anchieta. “Tuve que cumplir varias funcio-

INSTITUCIONES QUE CAPACITARON A INVESTIGADORES DE LA EMPRESA

Mauro Kern , vicepresidente de ingeniería y tecnología	UFRGS – Título de grado
Andrea Barp , sección de simulación y modelado de sistemas	ITA – Título de grado
Fernando Fernandez , sección de desarrollo de materiales y procesos	Escuela de Ingeniería Industrial – Título de grado; ITA – Maestría
Allan Kardec Pereira , desarrollo tecnológico	UFMG – Título de grado y maestría Unicamp – Doctorado y posdoctorado
Alexandre Tonelli Filogonio , sección de combustibles alternativos	UFMG – Título de grado Fundación Dom Cabral – Posgrado
Paulo Anchieta , sección de monitorización de la salud de las aeronaves	Universidad Salesiana de Lorena y Unesp de Guaratinguetá – Título de grado



4

nes”. En esa época, solamente 30 personas estaban encargadas de todas las tareas de ingeniería relacionadas con el análisis estructural. Actualmente, de los más de 17 mil empleados, 4 mil se desempeñan en ingeniería, entre ingenieros y técnicos proyectistas aeronáuticos. En la misma década de 1990, incentivado por la empresa, Anchieta cursó varias materias de posgrado en el ITA, lo cual amplió considerablemente su repertorio de conocimientos teóricos.

Al asumir el liderazgo del equipo de monitorización de la salud de aeronaves, Anchieta convocó a colaboradores para desarrollar innovaciones destinadas a la aviación comercial. En primera instancia se contactó con la Facultad de Ingeniería Mecánica de la UFU y la Facultad de Ingeniería de la Unesp en Ilha Solteira. La cooperación se extendió a la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro y la Escuela Politécnica de la Universidad Federal de Río de Janeiro, además de investigadores de la UFMG y del Centro de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones (CPqD) de Campinas. Algunos proyectos ya se han concluido y han rendido frutos.

DETECCIÓN PRECOZ

La investigación conjunta con la Universidad Federal de Uberlândia condujo a un nuevo proyecto para desarrollar la seriación del sistema de monitoreo estructural. “Estamos desarrollando un sistema de *software* y *hardware*, que se basa en la denominada tecnología de impedancia electromecánica, para realizar el trabajo sensorial en los aviones”, dice Anchieta. A partir de los resultados de las vibraciones, los sensores indicarán si existen fallas, dónde se localizan, y la probable severidad de las mismas. El sistema se aplicará



5



6

Jets ejecutivos Phenom 100 (a la izquierda) y Lineage 100 (arriba) y representación artística del carguero militar KC 390 (a la derecha), en fase de desarrollo

en primera instancia en los ensayos de fatiga en aeronaves. “Se ganará muchísimo, porque la detección de una grieta en su fase inicial evitará daños futuros con su propagación”. La próxima etapa consistirá en suministrar las condiciones para que el sistema de sensores sea calificado para la utilización en los vuelos, tanto de aeronaves militares como de aviones comerciales y ejecutivos.

En el mes de julio de este año, en el marco del European Workshop Structural Health Monitoring (SHM) en Dresde, Alemania, se llevó a cabo un congreso sobre esa tecnología y Anchieta obtuvo el premio anual, a instancias del profesor de astrofísica Fu-Kuo Chang, de la Universidad de Stanford. La elección del galardonado está a cargo de un comité internacional, en el cual participan 120 personas ligadas a las áreas académica, gubernamental e industrial, tales como la Nasa, la agencia espacial estadounidense, y centros de investigación norteamericanos, europeos, australianos y japoneses, además de profesionales que se desempeñan en Airbus, Boeing y Bombardier. ■

Cuando la investigación se convierte en política pública

Estudios académicos sobre carencias de la población colaboran cada vez más con los gobiernos para la implementación de soluciones

Claudia Izique

PUBLICADO EN OCTUBRE DE 2012

El Tribunal de Cuentas del Estado (TCE) de Mato Grosso monitorea los gastos en las áreas de educación y salud de 141 municipios y los impactos generados por esas políticas en la calidad de la atención a la población, por medio de una base de datos georreferenciados desarrollada por el Centro de Estudios de la Metrópolis (CEM). “Ese modelo permite no solamente evaluar si los municipios están gastando lo que exige la Constitución, sino también si van mejorando su desempeño”, dice Marta Arretche, docente del Departamento de Ciencia Política de la Universidad de São Paulo (USP) y directora del CEM.

La metodología, creada hace cinco años por encargo del TCE de Mato Grosso, fue transferida al estado y comenzó a utilizarse como herramienta de evaluación del desempeño de las administraciones municipales. Es más: los informes resultantes de la aplicación del *Índice del desempeño de la salud y la educación* de las ciudades de Mato Grosso se encuentran disponibles en el sitio *web* del TCE al que puede acceder cualquier ciudadano interesado en obtener información sobre gastos y atención en esas áreas de su municipio.

La transferencia de conocimiento para el análisis de políticas públicas es la misión primordial del CEM, uno de los Centros de Investigación, Innovación y Difusión (Cepid) apoyados por la FAPESP,

y constituido por el Centro Brasileño de Análisis y Planificación (Cebrap) y la Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias Humanas (FFLCH) y Escuela de Comunicación y Artes (ECA) de la USP. Desde su conformación, en 2003, se han implementado más de 30 proyectos de investigación que involucran transferencia de metodología al sector público.

El convenio entre TCE/MT y el CEM dio comienzo cuando el tribunal decidió, en 2007, realizar una investigación que fuese más allá de la verificación de la regularidad del gasto público, en los aspectos concernientes a su legalidad, legitimidad y economía. “El tribunal comprendió que también era necesario analizar si los referidos gastos tuvieron un impacto positivo en la sociedad”, comenta Volmar Bucco Júnior, auditor público del TCE/MT. Entonces surgió la idea de evaluar políticas públicas por medio de indicadores de resultados y se firmó el convenio con el CEM. “Se trata de una herramienta valiosa. Al reflejar los resultados de las políticas públicas en salud y educación, del estado y de los municipios, el control externo analiza la eficiencia en la gestión de los recursos públicos”, explica. De este modo, las administraciones pueden evaluar su propia actuación, verificando la evolución de los resultados y su posición al respecto del promedio en Brasil, lo cual permite la toma de decisiones, y la sociedad puede constatar el desempeño de



los administradores públicos, pudiendo solicitar la mejora de los servicios.

El *Índice del desempeño en salud y educación* es, en realidad, una base georreferenciada de datos con informes provistos por los Ministerios de Educación y Salud, que permite la comparación del desempeño entre los diferentes municipios brasileños. La matriz de evaluación contempla 10 apartados por cada una de las áreas en cuestión. El análisis de los sistemas de salud, por ejemplo, computa mortalidad neonatal, cobertura médica de embarazadas, indicadores sobre la salud del bebé, muertes por enfermedades infectocontagiosas (tales como dengue y tuberculosis) y cantidad de prestaciones relativas a la salud de la mujer. Los datos se archivan en el banco de datos del Sistema Único de Salud (Datasus). Para el análisis del sistema educativo, se recabaron informaciones sobre índices de reprobación hasta el 4º grado y del 5º al 8º de la enseñanza básica, entre otras cuestiones. Las informaciones fueron aportadas por el Instituto Nacional de Estudios e Investigaciones Educativas (Inep) y por el Censo Escolar (los sistemas de evaluación de la educación primaria en el país).

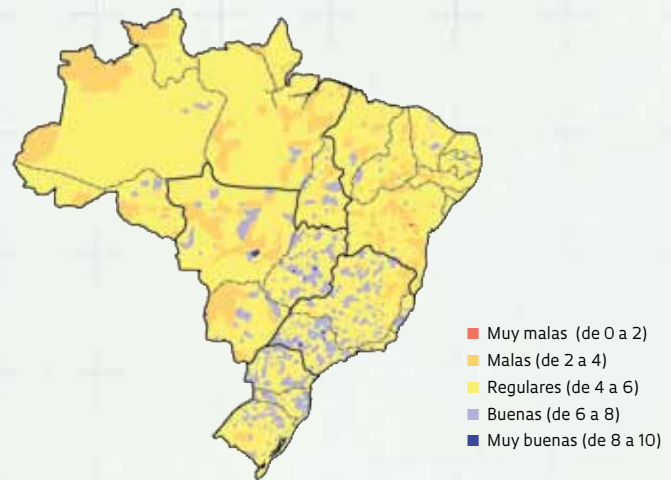
DATOS NACIONALES

Los mapas de al lado y en la página 57 permiten, por ejemplo, comparar el desempeño de los sistemas de salud y educación en diferentes municipios del país. Las manchas rojas señalan contextos calificados como “muy malos”. Las de color azul oscuro revelan aquéllos a los que se evaluó como “muy buenos”. Esos dos tonos y la gradación de colores que existe entre ellos consolidan los datos recabados municipio por municipio en todo el territorio nacional.

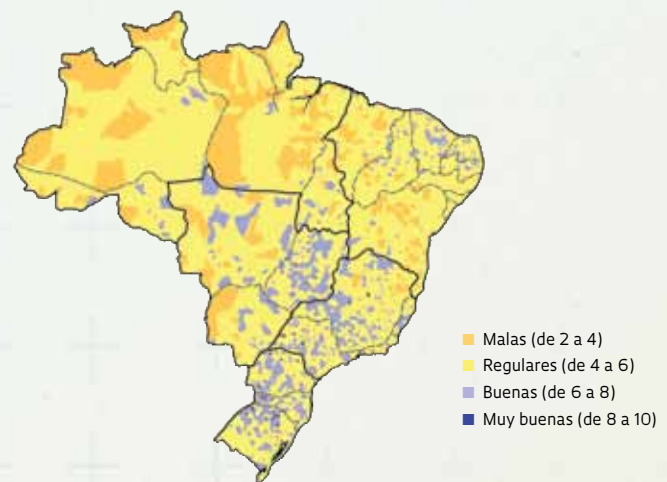
Según Marta Arretche, este tipo de estudio sólo puede llevarse a cabo porque el país cuenta con sistemas públicos abarcadores y gratuitos de información. “Para saber en qué están gastando las administraciones municipales o estatales, hay que establecer un sistema confiable. Y esa información ya existe. Sólo Japón es comparable a Brasil en términos de disponibilidad de la información sobre los sistemas públicos”, En Estados Unidos, añade, no existen sistemas de información nacionales sobre los municipios. Allá, para montar un sistema similar, habría que recorrer ciudad por ciudad, buscando la información deseada, para

MAPA DEL DÉFICIT

Desigualdad en las condiciones sanitarias (2004 - 2006)



Desigualdad en las condiciones sanitarias (2007 - 2009)



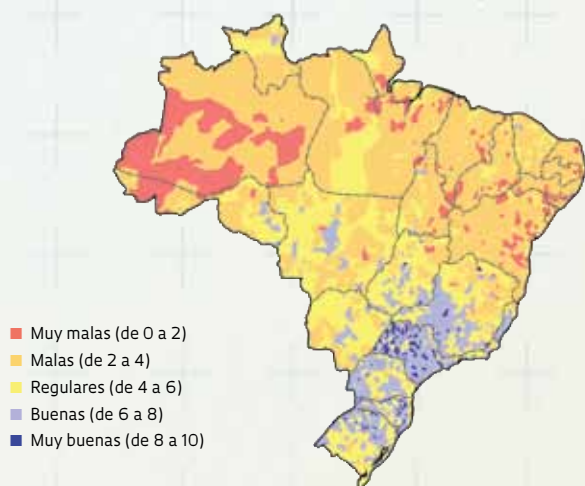
luego cotejarla. “Acá contamos con el Censo Escolar, la Prueba Brasil, el Datasus, además de las investigaciones de informes municipales del IBGE”.

Esos informes deben disponerse adecuadamente para poder comparar. Por cada indicador, el municipio recibe una nota de 0 a 1. Para la nota general, los apartados se suman. Las condiciones se analizan siempre durante períodos de tres años (los mapas se refieren a los trienios de 2004 a 2006 y de 2007 a 2009). “Se trabaja con un promedio de tres años porque, si ocurriera un evento extremo en

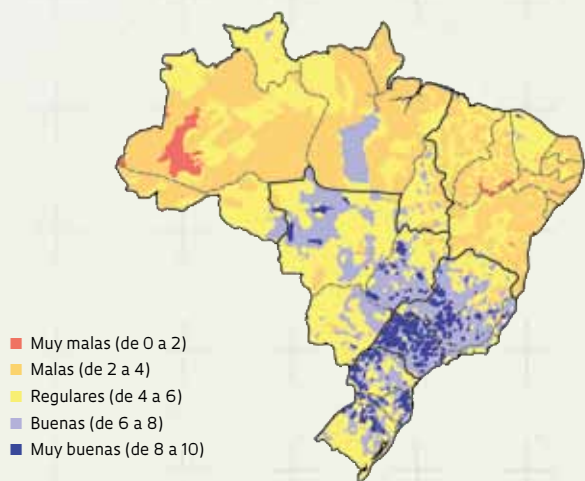
una ciudad, en un determinado año, por ejemplo, es posible corregir distorsiones”.

El resultado de los análisis comparativos durante ese período revela que, en la educación, había una “masa” de municipios en pésimas condiciones al comienzo de la década, mientras que una pequeña cantidad de ciudades representaba “islas de excelencia” que aumentaron a lo largo de la década. En cuanto a la salud brasileña, por otra parte, no existe ese contexto de contrastes. “Hay menos desigualdad entre municipios, pero no contamos con puntos de excelencia, aunque

Desigualdad en las condiciones educativas (2003 - 2005)



Desigualdad en las condiciones educativas (2007 - 2009)



FUENTE: CENTRO DE ESTUDIOS DE LA METRÓPOLI

se han registrado mejoras significativas con el paso de los años”, analiza Arretche.

INDICADORES DE LA CALIDAD DE VIDA

El auditor público del TCE/ MT espera instituir esta metodología de análisis para cualquier organismo público o incluso privado en Brasil. Según el análisis de Marta Arretche, el estudio puede ayudar a medir el grado de desarrollo económico y la calidad de vida ofrecida a la población de un país con las dimensiones de Brasil. El Índice de Desarrollo Humano (IDH), en su evaluación, no brinda una buena

medida de los sistemas descentralizados de prestación de servicios públicos. En tanto, la metodología del CEM permite evaluar el desempeño en cuanto a políticas sociales de salud y educación en esferas mucho más inclusivas y más cercanas a la realidad, lo cual permite que las políticas públicas logren mayor precisión y efectos sobre la población en cuestión.

Mato Grosso, por ejemplo, está comenzando a contabilizar los resultados. Los diagnósticos consolidados por este sistema han generado mejoras en todo el estado. “Como el TCE/ MT también

ha comenzado a utilizar esta metodología para el análisis de las cuentas de los administradores públicos, el control social se ha acentuado y la herramienta ha empezado a revelar la situación de un municipio ante los demás”, explica. “Los agentes públicos tuvieron entonces que tomar medidas para mejorar sus índices”.

El éxito en la implementación de la metodología incluso tuvo derivaciones: se le encargó al CEM el desarrollo de un panel de monitoreo del número de homicidios para la Secretaría de Seguridad Pública del estado, basándose en un conjunto de indicadores que miden el desempeño de las políticas de seguridad y que también permiten la comparación entre diversas regiones del estado. Dicho panel funciona como una especie de alarma siempre que registra cambios negativos en los patrones promedio de los indicadores.

“Esta metodología de informaciones se ha convertido en una herramienta importante para evaluar y fomentar la formulación de políticas públicas”, afirma Eduardo Marques, investigador del CEM y docente del Departamento de Ciencia Política de la USP. El CEM desarrolló más de 30 proyectos de investigación orientados a apoyar la formulación e implementación de políticas públicas. Entre ellos se incluyó, para el municipio de São Paulo, el *Mapa de la vulnerabilidad social* –que permitió detectar las situaciones de carencia social mediante el análisis de la distribución de la estructura socioeconómica– e *Indicadores ambientales y gestión urbana: los desafíos para la construcción de la sostenibilidad en la ciudad de São Paulo*, que permitió que la administración identificara el alto grado de variedad en relación con los problemas y presiones ambientales en diferentes contextos urbanos. También se desarrollaron dos estudios sobre precariedad habitacional para el municipio paulistano, que generaron el Plan Habitacional del Municipio. Esta última experiencia condujo al Ministerio de Ciudades a solicitar el desarrollo de una metodología para el análisis de los asentamientos precarios, generando informes sobre el déficit habitacional para un grupo seleccionado de 560 municipios.

Los convenios con los organismos públicos ocurrieron en forma paulatina mediante contactos entre los gestores. “El CEM fue uno de los primeros en digitalizar sus bases de datos”, dice Marques. “Comenzamos en 2003, con el municipio de Mauá. La información circula y aparece la demanda”. ■



Monumento a los descubrimientos, Lisboa, Portugal

Un inmenso Portugal

El imperio lusitano supo aprovechar la libertad de las elites locales y las misiones religiosas para mantenerse durante cinco siglos

Carlos Haag

PUBLICADO EN NOVIEMBRE DE 2012

¿Cómo es posible que un pequeño país cuyo territorio no llega a los 90 mil kilómetros cuadrados haya dejado la impronta de su presencia en cinco continentes, en regiones tales como África, Japón, China, la India y Brasil? Ningún imperio europeo colonial moderno fue tan amplio y duradero. Portugal fue el primer constructor de un imperio global (aunque los portugueses lo denominaran reino, y no imperio, tal como lo hacían los españoles), que sobrevivió en gran parte hasta mediados de los años 1970, y con China recuperando Macao recién en 1999. “Su éxito se basó en innovaciones que escapan a cualquier modelo. La relación pionera entre su centro y la periferia estuvo signada por la flexibilización del poder entre las elites locales, sin que Lisboa dejara de ser el polo desde donde emanaba la autoridad. También resultó bastante innovador el uso de la religión para establecer la unidad imperial”, explica la historiadora Laura de Mello e Souza, de la Universidad de São Paulo (USP), quien coordinó el proyecto de investigación intitulado *Las dimensiones del Imperio Portugués*, un proyecto temático iniciado en 2004, con el apoyo de la FAPESP y concluido recientemente.

El objetivo de la investigación, que ya ha redundado en libros tales como *O governo dos povos* (Alameda), *Contextos missionários: religião e política no Império Português* (Hucitec/FAPESP) y *O império por escrito* (Alameda), consistió en discutir el concepto de antiguo sistema colonial y verificar si todavía tenía operatividad ante las novedades generadas por la investigación histórica. El estudio generó alrededor de 30 trabajos académicos, entre tesinas de maestría y tesis doctorales, y fue dividido en núcleos de investigadores para analizar mejor

las dimensiones políticas, económicas, culturales y religiosas del Imperio Portugués, revelando un panorama complejo y lleno de diversidad donde, como dice Mello e Souza “se percibe lo múltiple dentro de la unidad”.

“La visión consagrada de una administración colonial caótica, una monstruosa máquina burocrática, trabada e ineficiente, con un centro autoritario y colonias sumisas, no da cuenta de la capacidad de ese inmenso imperio de mantenerse longevamente. Lo cierto es que Lisboa hizo uso del poder en forma inteligente, trascendiendo los límites de la separación oceánica entre la metrópoli y sus colonias”, explica la profesora.

La cronología adoptada en el marco del proyecto, entre los siglos XV y XIX, se explica por ser ése el período de la expansión lusitana, puesto que, después de 1822, no se justifica la lectura conjunta de formaciones tan independientes como lo fueron el imperio brasileño y el portugués.

El proyecto actualiza el debate surgido a finales de la década de 1970 sobre cómo interpretar la economía y la sociedad de la América portuguesa revaluando tanto la idea de ‘sentido de la colonización’, de Caio Prado, como el concepto de ‘antiguo sistema colonial’, que definiera Fernando Novais. El resultado, sostiene Mello e Souza, es un juego dialéctico entre las partes y el todo, que elimina la oposición mecánica entre la metrópoli y la colonia, mucho más allá de la relación Brasil-Portugal. “En

esta relectura, el Imperio Portugués se revela poco homogéneo, con centros políticos relativamente autónomos. Es necesario discutir la idea de una ideología imperial unitaria”, añade la investigadora.

HIPÓTESIS

Laura de Mello e Souza sostiene que el resentimiento poscolonial de los brasileños dejó expedito el camino, durante mucho tiempo, para que los historiadores extranjeros idearan sus hipótesis y rellenaran lagunas obvias, ya que no se los impedía el peso de un pasado que no era de ellos, y contra el cual no precisaban ajustar cuentas. “En los últimos años el imperio está en boga, y esto ha congregado a una amplia gama de historiadores, nacionalidades y diversas matrices teóricas e historiográficas”, comenta.

Con todo, muchos todavía quedan atrapados en las “trampas” historiográficas, soslayando el tema de la esclavitud o sobrevalorando el poder de la lectura de textos oficiales, un engaño ya señalado por Caio Prado en 1942 cuando critica la “óptica de la norma”, que, en diversas ocasiones era “letra muerta”.

“La flexibilidad de las instituciones político-administrativas, capaces de establecer un complejo sistema de relaciones horizontales y verticales con el poder central, el intermedio y el local, no anula la necesidad de concebir al sistema colonial como un conjunto jerarquizado de relaciones políticas”, dice Mello e Souza.

No se trataría ni de la visión de un “imperio controlador”, ni del “imperio incapaz de controlar”, sino de un imperio que, a sabiendas de la inmensidad oceánica que separaba sus partes, comprendió la necesidad de mantener relaciones con periferias relativamente autónomas, conectadas con la metrópoli mediante lazos más o menos elásticos. Empero, sin que Lisboa dejase de ser el centro desde donde emanaba el poder. La distancia entre el rey y sus súbditos, que podría

*Praefecturae
Paranambuae Pars
Meridionalis,
Georg Markgraf,
1665,
41,5 x 45 cm*



Era un imperio con gran racionalidad, consciente de que los problemas locales requerían soluciones inmediatas y producidas localmente



Novissima et Acuratissima Totius Americae Descriptio, John Ogilby, 1671, 43,5 x 54 cm

erigirse en un problema, resurge, ahora, como una “virtud” del gobernar.

“Las colonias también se constituyeron, aunque no solamente así, en forma mimética, como espejos, reproduciendo los valores socioculturales de la península ibérica. Para ello fue importante la creación por parte de los portugueses de un sistema de comunicación política casi universal entre la Corte y las colonias. Lo que podría percibirse como una debilidad institucional se erige como su propia fortaleza, que se revela en la adaptabilidad a las diferentes coyunturas políticas y territoriales y, en ocasiones, en un cierto pluralismo administrativo”, recuerda la investigadora.

La originalidad de las bases del Imperio Portugués puede notarse en la creación de nuevas estructuras, intermediarias en la relación entre los poderes locales, en los territorios de ultramar, y los poderes centrales.

“Los administradores portugueses que vinieron, por ejemplo, a ciertas regiones de lo que luego sería Brasil, no se encuadran en el estereotipo del ‘pequeño tirano’ que buscaba expoliar a los brasileños. Obviamente hubo inescrupulosos. Pero, en general, se sabía que no se podía imponer mano dura a la colonia. La explotación muchas veces se ocultaba bajo la forma de la intolerancia, seguida de la flexibilidad en la aplicación de las leyes”, apunta Mello e Souza. “Por eso, afirmar, tal como declaraba Tiradentes, que los administradores portugueses venían a expoliarnos y chuparnos la sangre, no explica demasiado el asunto y nos sumerge en el equivocado discurso de la dominación. En realidad, la administración

sólo pudo funcionar porque las elites locales participaban de ella”, añade.

LA CORONA

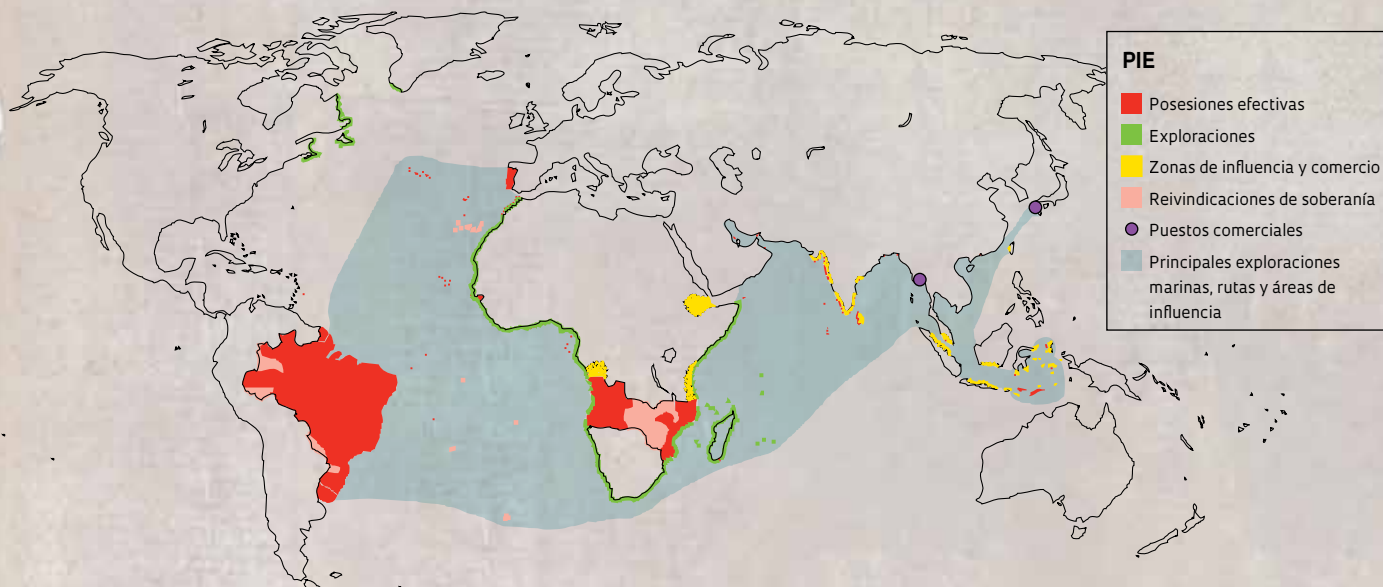
La investigadora sostiene que no pueden comprenderse las relaciones de ese imperio basándose solamente en los documentos legales. “La Corona sabía que no podía imponer el control tomando la ley al pie de la letra. Hasta 1822, los ‘brasileños’ se veían como portugueses, y no como dominados”, explica. De tal manera, los movimientos revolucionarios locales no eran siempre sinónimo de “lucha por la independencia”, sino que eran reacciones ante reordenamientos. Por lo que también vale la definición propuesta por Tocqueville para el Antiguo Régimen: “Una regla rígida y una práctica blanda”.

Pero no se debe pensar en un “Antiguo Régimen tropicalizado”. Si bien la sociedad colonial puede ser concebida en sentido estricto como parte integrante del Antiguo Régimen, sus particularidades la exceden y socavan los principios básicos, puesto que estaba organizada y sustentada en el esclavismo, algo inexistente en el ámbito europeo”, recuerda Mello e Souza.

“La adquisición de esclavos mancillaba la reputación de la nobleza local, escindiéndola de aquella del reino. Se escondían detrás de títulos, honores y dignidades, aumentando con ello la dependencia del rey portugués, lo cual se agravó con el correr de los años”, dice la investigadora. La particularidad de la América portuguesa no residía en la pura y simple y asimilación del mundo del Antiguo Régimen, sino en su recreación

Mapa del Imperio Portugués (1415-1999)

El desarrollo y la decadencia de los lusitanos, del esplendor al proceso de descolonización



perversa, alimentada por la trata de esclavos, por el trabajo de esclavos negros, por la introducción en la vieja sociedad de un nuevo elemento, más estructural que institucional: el esclavismo.

La solución aparece nuevamente a través de la flexibilización. “Por los principios del Antiguo Régimen se prohibía a los portadores de ‘sangre infectada’ ejercer cargos administrativos. Entonces hubiese sido imposible gobernar las colonias ya que la mayor parte de la elite nativa estaba integrada por mestizos: regiones tales como São Paulo y Minas Gerais, por ejemplo, prácticamente estaban habitadas por cholos y mulatos. Entonces se nombraba a un mulato como capitán mayor [*capitão-mor*] y éste dejaba de ser mulato, pudiendo ascender”, aclara la profesora. Aunque estaba oficialmente sujeta a las reglas del antiguo sistema colonial, la periferia del imperio usaba y abusaba del “juego de cintura”.

“El proyecto introduce una innovación al discutir estas peculiaridades del Imperio Portugués, otorgándole una categoría explicativa mayor. El debate nos condujo a repensar el concepto de sistema colonial ante la idea de que la colonia no era una mera extensión de la metrópoli, sino un territorio subordinado que ejerció un rol fundamental para el imperio ya que proveía una parte considerable de los recursos esenciales para su existencia”, sostiene el historiador Jobson Arruda, de la USP y miembro del proyecto. “El sistema imperial lusitano ostentaba una gran racionalidad y era consciente de que los problemas locales exigían soluciones inmediatas y producidas localmente”, añade.

Esa fue una de las principales razones del éxito de los portugueses frente a sus rivales espa-

ñoles. “La monarquía española estaba formada por varios reinos, mientras que Portugal era un reino unificado. Se hicieron grandes esfuerzos para aumentar el poder del Estado a expensas de la nobleza y de las comunas. Esos recursos propiciaron la expansión marítima, que a su vez, hizo que el reino se volviera menos dependiente tanto de los nobles como de los plebeyos, gracias a los recursos obtenidos. A cambio, esos recursos le permitieron al Estado cooptar a la nobleza, lo cual le significó al rey portugués una enorme consolidación de su poder”, explica la historiadora Ana Paula Megiani, de la USP, organizadora de *O império por escrito* (Alameda), otra investigadora participante en el proyecto.

“Mediante ese centralismo, la monarquía portuguesa lograba una capacidad de mando en su imperio mayor que la española, con el poder local funcionando como formas de ejercicio de aquél poder, expresiones de centralismo, y no de desmembramiento del imperio”, evalúa Megiani. De todos modos, Portugal soportaba una contradicción que los españoles no padecían: eran un imperio sin emperador.

“En ese contexto, el costado religioso del imperio es el que mejor expresa su universalidad. La Iglesia aportó un sustrato adecuado para la práctica efectiva de un conjunto de dogmas y principios, teniendo en las misiones religiosas su principal instrumento operativo para amalgamar las partes de la totalidad”, afirma el historiador Adone Agnolin, de la USP, proveniente del núcleo Religión y Evangelización de la investigación. “La perspectiva religiosa contiene el basamento de una *universalitas* (el principio forjador de

imperios heredado de los romanos) transpuesta, desde el punto de vista político, a la manutención de los imperios, aunque en el fondo, se apoya sobre la idea de un ‘imperio simbólico’, unificando política y religión”, comenta Agnolin.

Según el historiador, por medio de sus misioneros, el Imperio Portugués revierte el proceso de formación histórica al encontrar su supuesto universal en la dimensión de lo religioso. “Lo religioso es su instrumento privilegiado para la realización del proyecto y, a partir de éste, Portugal se propone como un nuevo e inédito modelo imperial”, dice.

Mello e Souza sostiene que esa concepción es una de las grandes novedades que aporta la investigación. “Los misioneros son los brazos de homogeneización de la fe, que hacen posible una mayor adaptabilidad de los portugueses en cuanto a las confrontaciones religiosas y culturales”, comenta la historiadora. La tentación de “demonizar” a la Iglesia es grande, aunque equivocada. “Toda la acción de los agentes diplomáticos, administrativos o comerciales, estaba bajo caución de los misioneros, que otorgaban legitimidad al conjunto de acciones que tendientes al bien común y, por ende, a la salvación de los hombres”, afirma.

RIQUEZA

La noción de “bien común” abarcaba, en aquella época, a la dimensión colonial aliada al cristianismo, aunque con ciertas tensiones. Aumentar la riqueza del rey significaba elevar la riqueza del reino y, de ese modo, la riqueza de los vasallos cristianos. El aumento de la actividad comercial y de la riqueza del reino estaba conectado y basado en la función del rey en su expresión del ejercicio de la virtud teológica de la caridad y del ejercicio de las virtudes terrenales en la justicia distributiva.

La unidad del reino, como unidad de la comunidad, apunta al bien común y a la salvación. La finalidad del imperio no se restringe a la colonización, concebida meramente como un medio, sino a la salvación, ya que permite convertir a los gentiles y sostiene la acción misionera, expansionista y de universalización de la Iglesia Católica.

“Esa especificidad aparece a partir de la segunda mitad del siglo XV. En la base de la expansión colonial se encuentra la teología y, en sus rastros, los resultados de un nuevo comercio colonial. Es en esa dirección que Portugal construye, con una anticipación extraordinaria en relación con el resto de las naciones europeas, la nueva perspectiva de universalidad que se constituyó en la articulación entre el imperio, la teología y el comercio”, explica Agnolin. Las misiones, junto con el comercio, fueron una de las vías privilegiadas en los primeros diálogos con las culturas en contacto con el mundo ibérico. El imperio de los hombres era, por encima de todo, de Dios.

Posesiones coloniales

De la gloria al ocaso, cada siglo revela el desarrollo imperial



“Asimismo, si los europeos necesitaban comprender a las culturas locales, y también era necesario desarrollar nuevos instrumentos cognitivos para dar cuenta de las nuevas situaciones del contacto. Significaba un proceso de traducción de parte a parte, en el que el lenguaje religioso funcionaba como un área de mediación simbólica, fundamental para la incorporación de las poblaciones nativas a la monarquía portuguesa”, añade el historiador. Las misiones realizaron las necesarias “adecuaciones” a las diversas realidades locales.

La inteligencia del imperio lusitano residía en gobernar cada región en forma particular, flexibilizando el poder según los intereses locales y otorgando el poder en función de las necesidades

“Si bien las relaciones entre imperio y religión, entre la administración de los pueblos y las misiones católicas se construyeron a partir de intereses comerciales, no podemos dejar de pensar de qué modo las dimensiones del Imperio Portugués se basan en el universalismo que remite a la autonomización moderna del derecho natural”, comenta Agnolin. De tal modo, en la base de la tensión entre teología e imperio, reside la noción de imperio cuyo objetivo consistía en la imposición de un gobierno común a los pueblos, siguiendo las diferentes modalidades de interlocución local, tanto en sus dimensiones políticas como culturales.

Otro acierto lusitano fue mantener gobiernos específicos en cada parte del imperio, adaptándose a las idiosincrasias locales. No podía gobernarse una región colonial del mismo modo en que se gobernaba otra. En el caso fundamental de la religión, el cristianismo determinó, a partir de ese contexto, un nexo entre “los asuntos de la fe” y “la vida política”. Desde esta perspectiva, que apuntaba a lo universal, resultó que la práctica evangelizadora realizó los “ajustes” necesarios en relación con las culturas no occidentales particulares.



Esfera armilar,
38,5 x 38,5 cm

El Imperio Portugués elaboró proyectos que promovían la incorporación de otros pueblos, con la catequesis como el medio fundamental en ese intento. “Flexibilidad y adaptabilidad, con relativa autonomía, fueron los instrumentos de supervivencia de ese imperio, con Lisboa como centro, aunque muchas veces sobrecargada. En cuanto a ello, el rol fundamental le cupo a la Iglesia y a las órdenes religiosas, más importantes en la manutención y la defensa del territorio lusitano que el propio Estado portugués”, sostiene el brasileñista Kenneth Maxwell, de la Harvard University.

En el imperio, la cultura europeizante, al igual que la religión, promovió su manutención. “Se trataba de una cultura que estaba embebida de un ideal civilizador, aunque atenta a las recombinações y a los mecanismos capaces de extender mejor su dominio. Por ello las diversas formas de circulación de la escritura o de los soportes de representación tales como la cartografía”, agrega la historiadora Leila Algranti, de la Universidad de Campinas (Unicamp). Esta peculiaridad permitió que, a partir del proyecto temático, se crearan la Biblioteca Digital de Cartografía Histórica, el Laboratorio de Estudios de Cartografía Histórica (LECH), y el Centro de Documentación sobre el Atlántico (Cenda).

Según Mello e Souza, esa cuestión de la escritura, anteriormente ignorada, constituyó otro punto alto del proyecto, al revelar cómo ocurría la comunicación entre las partes distantes del imperio, independientemente de la invención de la imprenta. “Fue un proceso de intensificación y difusión de los modos de recabar, organizar y preservar la información escrita, ligados a la formación de la burocracia y del Estado moderno y relacionados con la sofisticación de las formas del conocimiento y las nuevas maneras de ascensión social de las figuras ligadas a la escritura”, recuerda Algranti.

“En términos de Portugal y Brasil, resulta evidente que sin la comunicación por escrito hubiera sido prácticamente inviable administrar el imperio. Más allá de los impresos, registros manuscritos de todo tipo (cartas, estatutos, crónicas, gramáticas) desempeñaron un rol fundamental en la transmisión de ideas, valores, normas, costumbres y saberes entre las metrópolis y sus colonias, tanto como entre sus diversas posesiones de ultramar que integraban tales imperios coloniales”, sostiene Algranti.

Al expandirse, el Imperio Portugués se vio ante la necesidad de intercambiar informaciones con mayor rapidez. “Las órdenes que hasta entonces se transmitían oralmente comenzaron a hacerse por escrito. Las normas regulaban no sólo la administración, sino también otras esferas, en el ámbito político y jurídico, involucrando quejas o denuncias”, prosigue Algranti.

En su opinión, entender la colonización de América consiste en captar las formas de comunicación entre conquistadores y conquistados, de integración y modificación entre el Viejo y el Nuevo Mundo. “Estos nuevos análisis nos condujeron a notar, en la base del imperio, una relativización de la presencia metropolitana, la importancia del rol de las elites coloniales y la especificidad y el radio de acción de los procesos evangelizadores”, añade Mello e Souza.

“Así, las cuestiones económicas y sociales de fondo, es decir, el drenaje de riquezas y la constitución de sistemas de trabajo forzado, especialmente el esclavismo, se relativizan. Los sentidos y contenidos del imperio lusitano adquieren una singularidad que nos obligó a repensar su esencia y cómo se insertó en la lógica capitalista en forma particular”, dice.

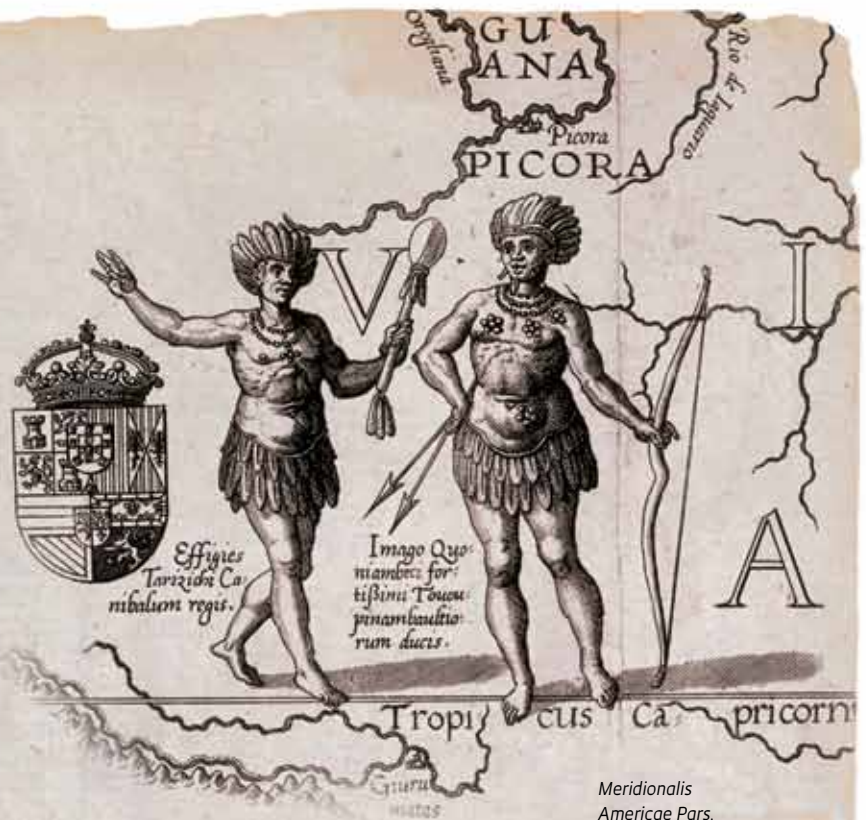
Esta dinámica acabó por convertir a los colonizadores residentes, antes ligados a la soberanía metropolitana, en una fuerza de autonomización. “Su acción hacía posible el arraigamiento de capital y la obtención de rutas comerciales que los tornaban independientes de la metrópoli”, comenta Arruda.

No se podía proceder a la explotación de la colonia sin propiciar su crecimiento, su desarrollo, lo cual provocaba tensiones siempre que el poder central, en Lisboa, fuera incapaz de contemplar las nuevas necesidades locales e impidiese el crecimiento.

DECADENCIA

Pero en la propia esencia del mantenimiento del imperio estaban las semillas de su decadencia. “Portugal fue un importante engranaje en la construcción del capitalismo, especialmente durante la etapa mercantil. Con todo, el capitalismo no es posible mantener la hegemonía para siempre, ya que su lógica se basa en la dinámica de migración del centro de acumulación”, explica Ana Paula Megiani. Durante los siglos XVIII y XIX ya no se observa en Europa la afluencia de riqueza entre los ibéricos. “La crisis del capitalismo mercantil determinó la crisis del Imperio Portugués, aunque si observamos las dimensiones culturales, religiosas y políticas, la duración es otra”, afirma. “El impacto de la colonización lusitana fue bastante mayor que su estructura gubernamental”, recuerda Maxwell.

“El punto de inflexión del imperio ocurrió durante el llamado período pombalino, entre 1750 y 1777. El marqués de Pombal fortaleció sobremanera a las elites locales y se notó que cuando eso no ocurría había conflictos”, sostiene Mello. Cada vez más, la antigua idea acerca de la necesidad y la posibilidad de un imperio luso-brasileño fue deshilachando la noción de antiguo sistema colonial. “Muchos deseaban descentralizar el imperio y colocar a Brasil como centro, lo cual va socavando las relaciones entre la metrópoli y la colonia, a punto tal de no poder ya definir centro y periferia”, añade la investigadora.



Meridionalis
Americae Pars,
Petrus Plancius
c. 1592-1610

Las elites locales obtienen un estatus inédito. La llegada a Brasil de la familia real en 1808 agilizó ese movimiento, al instaurar la rara situación de una colonia que también era sede del imperio.

“Los temores ante la autonomización de los grupos locales no hicieron más que aumentar con la Revolución Francesa y el avance de Napoleón, lo cual hizo que parte de la elite portuguesa pensara seriamente en ese cambio de roles como la única forma de mantener el control de Brasil”, dice Mello e Souza.

En 1822, el proceso se consolidó. “Pero una parte del antiguo imperio recién se liberó luego de un doloroso proceso de guerras civiles, tal como ocurrió en África, donde fuerzas externas entraron en acción, a causa de la renuencia a negociar del régimen salazarista”, recuerda Maxwell.

Esa intransigencia, según el brasileñista, dejó pocas alternativas y, en la década de 1970, cuando el imperio en África sucumbió, subsistieron los enfrentamientos de la Guerra Fría y el *apartheid* en Sudáfrica, con Cuba, Estados Unidos y la ex URSS extendiendo sus conflictos por las antiguas colonias portuguesas.

Ya no había más espacio para decir que “esta tierra aún va a cumplir su ideal/ aún va a transformarse en un inmenso Portugal”, la bravata lusitana de *Fado tropical*, de Chico Buarque. ■

Proyecto

Dimensiones del Imperio Portugués (nº 2004/10367); Proyecto Temático; Coord. Laura de Mello e Souza/USP; Inversión R\$ 578.580,17 (FAPESP)



Intervenciones en la calle

PUBLICADO EN DICIEMBRE DE 2012

El artista plástico paulistano Eduardo Srur, de 39 años, arrojó 360 aros salvavidas con el lema "El arte salva" en los lagos del Congreso Nacional, en Brasilia, en el año 2011. Con ello pretendía sintetizar el deseo de hacer de la acción artística una especie de llamado de atención contra las máculas de la sociedad. Srur se inserta en un largo y fecundo linaje del arte de vanguardia que se vale de las herramientas de la creación plástica asociada a la vida cotidiana de la gente para transformar el espacio público en una plataforma de experimentación.

Foto Fabio Rodrigues Pozzebom/ABR

