

Pesquisa

FAPESP ▲

2018_EDIÇÃO 2

LA BATALLA CONTRA LA

FIEBRE AMARILLA

El virus de la enfermedad diezma poblaciones de monos cuyas muertes apuntan áreas de riesgo y disparan campañas de vacunación en Brasil

Brasil y China habrían sido vecinos hace alrededor de 2.000 millones de años

Las abejas y las hormigas se reconocen mediante sustancias que recubren sus cuerpos

El avance de las acciones afirmativas crea una diversidad de formas de ingreso a la educación superior en Brasil

Se debate el destino de las colecciones de los museos policiales brasileños

Elza Berquó, demógrafa pionera en los estudios sobre la reproducción, se abocará ahora a los jóvenes



p.4

4 TAPA

La fiebre amarilla, controlada en las ciudades con la vacunación, está diezmando poblaciones de primates silvestres en Brasil

10 Un equipo de la Fundación Oswaldo Cruz postula una nueva forma de paludismo transmitida por mosquitos que se infectan al picar a los monos

ENTREVISTA

José Roberto Postali Parra

El entomólogo que aboga por el control biológico en el combate contra las plagas agrícolas

p. 14



POLÍTICA C&T

20 Universidades

El avance de las acciones afirmativas lleva a las universidades brasileñas a crear nuevas formas de ingreso

28 Cientimetría

São Paulo se ubica entre las 20 ciudades con mayor producción de artículos científicos en el mundo, según indica un estudio

CIENCIA

32 Etología

El uso de herramientas entre los monos capuchinos ayuda a repensar el rol de las tradiciones en la evolución

38 Biología

Las abejas y las hormigas se reconocen y se organizan a través de compuestos que recubren sus cuerpos

42 Astrofísica

Restos de la formación de los planetas habrían originado el cinturón de asteroides del Sistema Solar

44 Un estudio indica que la Vía Láctea devoró once galaxias vecinas

45 Física

Una perturbación en una nube de átomos fríos produce un fenómeno ondulatorio similar al de la luz

46 Una partícula fría le transfiere calor a una partícula caliente e invierte así la flecha termodinámica del tiempo

48 Geología

Rocas ricas en grafito indican que partes de Brasil y de China estuvieron alguna vez unidas

TECNOLOGÍA

50 Industria papelera

Empresas emplean residuos de la caña de azúcar para producir hojas de papel blanco y embalajes

54 Investigación empresarial

La empresa CTC invierte en biotecnología para incrementar la productividad de los cañamelares

60 Paleontología

Reconstituciones en 3D revelan nuevas características de dinosaurios y cocodrilos extintos

HUMANIDADES

64 Arqueología

Las evidencias indican que hace diez mil años existían poblaciones humanas en todo el territorio brasileño

70 Entrevista

La demógrafa Elza Berquó pretende investigar el comportamiento de los jóvenes en Brasil

78 Museología

El destino de los archivos policiales genera debates entre los científicos y los movimientos sociales brasileños

SECCIONES

3 Carta de la editora

82 Arte



p. 60

MARCOS ANTONIO ZAGO
PRESIDENTEEDUARDO MOACYR KRIEGER
VICEPRESIDENTE**CONSEJO SUPERIOR**CARMINO ANTONIO DE SOUZA, EDUARDO
MOACYR KRIEGER, IGNACIO MARIA PAVEDA
VELASCO, JOÃO FERNANDO GOMES DE
OLIVEIRA, JOSÉ DE SOUZA MARTINS, MARCO
ANTONIO ZAGO, MARILZA VIEIRA CUNHA
RUDGE, PEDRO LUIZ BARREIROS PASSOS, PEDRO
WONGTSCHOWSKI, RONALDO ALOISE PILLI Y
VANDERLAN DA SILVA BOLZANI**CONSEJO TÉCNICO ADMINISTRATIVO**CARLOS AMÉRICO PACHECO
DIRECTOR PRESIDENTECARLOS HENRIQUE DE BRITO CRUZ
DIRECTOR CIENTÍFICOFERNANDO MENEZES DE ALMEIDA
DIRECTOR ADMINISTRATIVO**Pesquisa**
FAPESP

ISSN 1519-8774

CONSEJO EDITORIALCarlos Henrique de Brito Cruz (*Presidente*), Caio
Túlio Costa, Eugênio Bucci, Fernando Reinach, José
Eduardo Krieger, Luiz Davidovich, Marcelo Knobel,
Maria Hermínia Tavares de Almeida, Marisa Lajolo,
Maurício Tuffani y Mônica Teixeira**COMITÉ CIENTÍFICO**Luiz Henrique Lopes dos Santos (*Presidente*),
Américo Martins Craveiro, Anamaria Aranha
Camargo, Ana Maria Fonseca Almeida, Carlos
Américo Pacheco, Carlos Eduardo Negrão, Douglas
Eduardo Zampieri, Euclides de Mesquita Neto,
Fabio Kon, Francisco Antônio Bezerra Coutinho,
Francisco Rafael Martins Laurindo, Hernan
Chaimovich, José Roberto de França Arruda, José
Roberto Postalí Parra, Lucio Angnes, Luiz Nunes
de Oliveira, Marco Antonio Zago, Marie-Anne Van
Sluys, Maria Julia Manso Alves, Paula Montero,
Roberto Marcondes Cesar Júnior, Sérgio Robles Reis
Queiroz, Wagner Caradori do Amaral y Walter Collí**COORDINADOR CIENTÍFICO**

Luiz Henrique Lopes dos Santos

DIRECTORA DE REDACCIÓN

Alexandra Ozorio de Almeida

EDITOR EN JEFE

Nelson Marcolin

EDITORES Fabrício Marques (*Política & T*), Glenda
Mezarobba (*Humanidades*), Marcos Pivetta (*Ciencia*),
Carlos Fioravanti y Ricardo Zorzetto (*Editores
especiais*), Maria Guimarães (*Sítio web*), Bruno de
Pierro y Yuri Vasconcelos (*Editores asistentes*)**REPORTEROS** Christina Queiroz y
Rodrigo de Oliveira Andrade**REDACTORAS** Jayne Oliveira (*Sítio web*) y Renata
Oliveira do Prado (*Medios sociales*)**TRADUCCIÓN Y REVISIÓN** Damian Kraus y Ariel
Kraus, Geraldine Kraus (editorial)**ARTE** Mayumi Okuyama (*Editora*), Ana Paula
Campos (*Editora de infografías*), Felipe Braz
(*Diseñador digital*), Júlia Cherem Rodrigues y Maria
Cecília Felli (*Asistentes*)**FOTÓGRAFOS** Eduardo Cesar y Léo Ramos Chaves**BANCO DE IMÁGENES** Valter Rodrigues**COLABORADORES** Diego Freire, Domingos
Zaparoli, Estúdio Reimboca, Fabio Otubo, Sandro
Castelli y Victória Flório**IMPRESIÓN** Maistype**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE
TEXTOS, FOTOS, ILUSTRACIONES E INFOGRAFÍAS SIN
LA DEBIDA AUTORIZACIÓN PREVIA****GESTIÓN ADMINISTRATIVA** FUSP – FUNDACIÓN
DE APOYO A LA UNIVERSIDAD DE SÃO PAULO
PESQUISA FAPESP Rua Joaquim Antunes, nº 727,
10º piso, 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

Rastreo de primates contra la fiebre amarilla

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRECTORA DE REDACCIÓN

Desde diciembre de 2016 hasta agosto de 2017, alrededor de 800 personas contrajeron fiebre amarilla en Brasil, de las cuales 216 fallecieron a causa de esta enfermedad de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud. En diciembre de 2017, las muertes en el área metropolitana de São Paulo mostraron que el brote se seguía fortaleciendo y que había llegado a las áreas urbanas. El gobierno brasileño implementó campañas de vacunación preventivas dirigidas hacia áreas identificadas mediante información proveniente de otro tipo de víctimas: primates que todavía viven en la naturaleza y que son susceptibles a contraer la enfermedad.

Desde hace casi veinte años, el Ministerio de Salud de Brasil pone en práctica la estrategia de monitorear la muerte de primates con el objetivo de localizar nuevas áreas de transmisión. El informe estampado en la portada de esta edición (*comienza en la página 4*), presenta un estudio de casos del estado de São Paulo, en el cual, mediante la aplicación de un modelo epidemiológico, se describen la dirección, la velocidad y las rutas probables del virus que causa la fiebre amarilla. Estos mapas sirven de apoyo a la política de vacunación de todos los residentes a menos de 30 km de donde se hallaron los restos de los animales, lo que hace posible implementar un uso más racional de los recursos.

La ampliación del acceso a la educación superior es el objetivo de las acciones afirmativas que adoptan las instituciones universitarias estatales y federales en Brasil. La expansión de la diversidad estudiantil sin disminuir los estándares de admisión constituye un desafío complejo. Una de las consecuencias de estas políticas consiste en que los exámenes de admisión directa ya no son la única forma de acceder a la educación superior. La distribución de puntos de bonificación del examen entre los estudiantes provenientes de la educación pública, los cupos para personas de ascendencia africana o indígena y el uso de las calificaciones obtenidas en los exámenes que aplica el gobierno nacional y que

evalúan la calidad de la enseñanza media son algunas de las acciones implementadas desde la década de 2000 (*comienza en la página 20*).

La matemática, estadística y demografía Elza Berquó ha dedicado su vida al estudio de los cambios en el comportamiento reproductivo brasileño. Durante más de 70 años de actividad, Berquó fue clave en la implementación de la enseñanza formal y amplia de la demografía en Brasil. Fundó y ayudó a crear escuelas, centros e instituciones tales como el Cebrap (Centro Brasileiro de Análise e Planejamento), y el NEPO, entidad que actualmente lleva su nombre: Centro para el Estudio de la Población Elza Berquó, y que tiene su sede en la Universidad de Campinas (Unicamp). En una rara entrevista, la investigadora se refirió a sus intereses laborales recientes, relacionados con el suicidio entre adolescentes, en aumento en todo el mundo, y a sus actividades pasadas (*comienza en la página 70*). Cesanteada de la Escuela de Salud Pública en 1968, durante la dictadura militar brasileña, su trayectoria se entrelaza con la historia del país.

Otra entrevista interesante que se reproduce en esta edición internacional, que muestra los aspectos más destacados de las ediciones publicadas en *Pesquisa FAPESP* en portugués desde septiembre de 2017 hasta febrero de 2018, es con el entomólogo José Roberto Postalí Parra. El investigador, un líder en el campo de los controles biológicos de combate contra las plagas agrícolas, lamenta haberse visto obligado a retirarse, precisamente cuando los controles biológicos vienen ganando terreno en la agricultura brasileña. Cuatro décadas de investigación sobre la biología de los enemigos naturales de plagas tales como el barrenador de la caña de azúcar o el huanglongbing –el dragón amarillo de los naranjales– y su interacción con el ambiente han probado su utilidad para los agricultores. El científico reconoce que el control biológico no constituye una solución universal, pero un incremento en su uso hace posible una sustancial reducción en el uso de pesticidas en la agricultura (*comienza en la página 14*).

LOS monos dan la

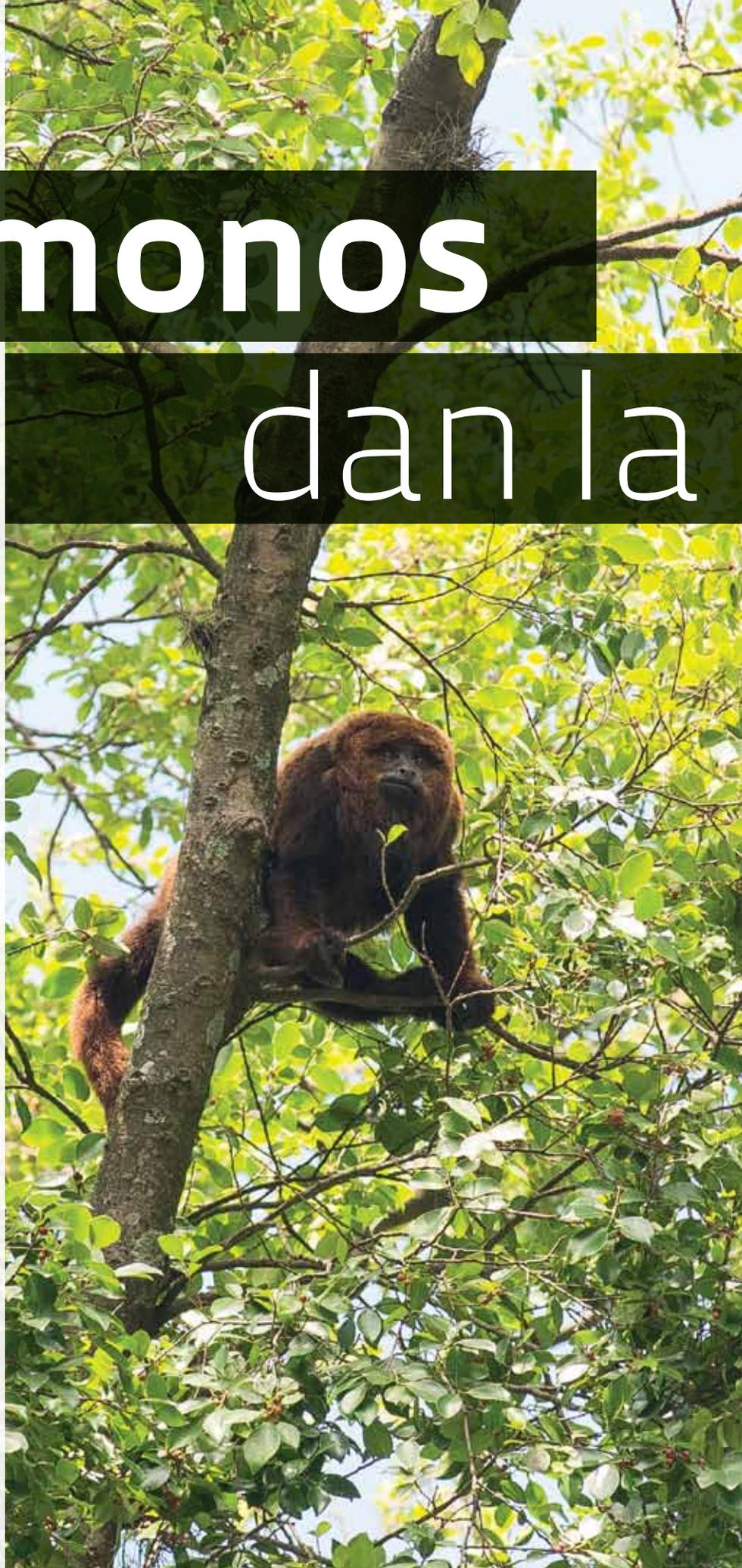
Carlos Fioravanti

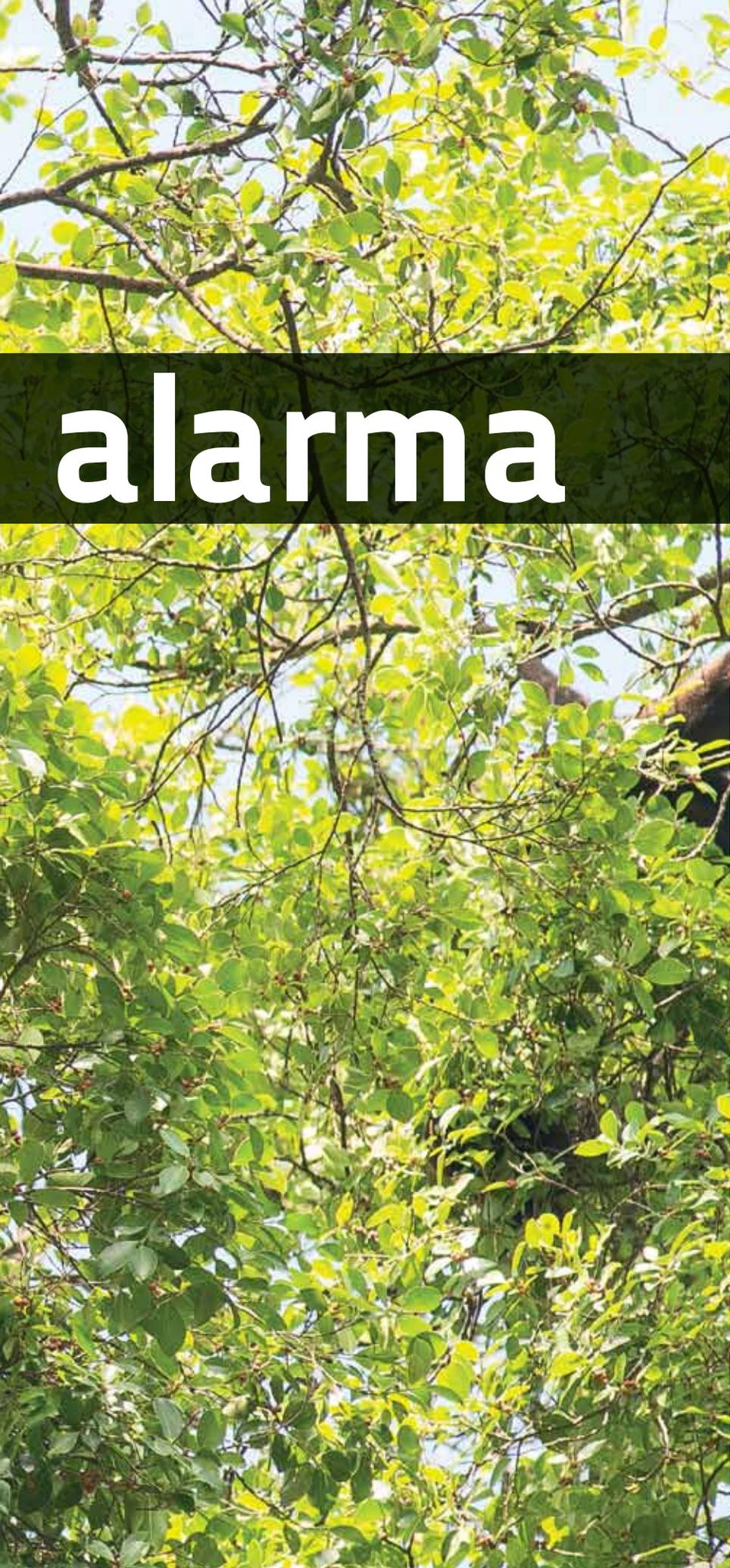
PUBLICADO EN ENERO DE 2018

La fiebre amarilla, una enfermedad controlada en las ciudades mediante la vacunación, está diezmando poblaciones de primates silvestres, cuyas muertes indican las áreas de transmisión del virus

Durante las tres últimas semanas de diciembre de 2017, el ecólogo Márcio Port Carvalho, investigador del Instituto Forestal de São Paulo, recogió, en compañía de otros biólogos y equipos de la Guardia Civil Metropolitana y de la Policía Ambiental, 65 ejemplares de carayá colorado austral o mono aullador marrón austral (*Alouatta guariba clamitans*) muertos por el virus de la fiebre amarilla en el Huerto Forestal, un parque estadual situado en la zona norte de la capital paulista, paulista, en Brasil. “Prácticamente murieron todos los monos aulladores del Huerto. Conocíamos a los 17 grupos que habitaban allí”, comenta.

Para los seres humanos, el virus de la fiebre amarilla puede resultar letal, aunque se lo puede contrarrestar mediante la vacunación. En el caso de los monos, para los cuales no existen vacunas, el resultado viene siendo





alarma

El virus de la fiebre amarilla causó una gran mortandad de monos como este carayá del Huerto Forestal, en la zona norte de la ciudad de São Paulo

catastrófico. Los organismos de salud pública registraron la muerte de más de 2.000 animales –fundamentalmente carayás– durante el brote de 2008 y 2009 en Rio Grande do Sul, pero el efecto del virus habría sido más amplio. Tanto biólogos como epidemiólogos estiman que la cifra registrada de primates salvajes muertos a causa de la fiebre amarilla en áreas urbanas corresponde tan sólo al 10% del total del exterminio provocado por la enfermedad. El 90% restante muere en lo profundo de las selvas, se descomponen y desaparecen sin ser detectados. Se estima que en 2017 habrían muerto 1.300 monos en el estado de Espírito Santo y 5.000 en el estado de São Paulo.

Las muertes de los monos demarcan las zonas de mayor riesgo de transmisión del virus de la fiebre amarilla y sirven para orientar las campañas de vacunación (*léase en el recuadro de la página 7*). “Sin los monos quedamos desprotegidos en cuanto a detectar la llegada y los desplazamientos del virus”, advierte el biólogo Júlio César Bicca Marques, docente de la Pontificia Universidad Católica de Rio Grande do Sul (PUC-RS). “Antes de arrancar con el monitoreo de las muertes de los monos, el mapeo de la fiebre amarilla dependía solamente de la gente que se enfermaba y fallecía”, dice el biólogo Renato Pereira de Souza, director técnico del núcleo de enfermedades de transmisión viral del Instituto Adolfo Lutz, de São Paulo. “Sólo se registraban los casos graves, pues los pacientes con síntomas más leves no acudían a tratarse en los hospitales”. En 1999, el Ministerio de Salud de Brasil les propuso a los organismos sanitarios realizar un seguimiento de las muertes de los monos como estrategia tendiente a detectar las nuevas áreas de transmisión del virus y planificar las medidas de prevención para los habitantes de las ciudades, fundamentalmente en las zonas aledañas a la selva.

La fiebre amarilla silvestre es causada por un virus transmitido a los monos por los mosquitos de los géneros *Haemagogus* y *Sabethes*, luego de alimentarse con la sangre de monos infectados. Los insectos transmiten el virus a otros monos y, eventualmente, a los seres humanos que entran

EDUARDO CESAR

a la selva. Los monos no les transmiten el virus en forma directa a los humanos. “Enfermedades tales como la fiebre amarilla pueden causar la extinción total de algunas especies de primates y deben constituir una advertencia para nosotros, pues esta clase de amenaza se suma a otras, tales como la desaparición del hábitat y la caza”, dice la bióloga Laurence Culot, docente de la Universidade Estadual Paulista (Unesp), en su campus de la localidad de Rio Claro. “Los primates son víctimas por partida doble: de la enfermedad, a la cual algunas especies son muy sensibles, y de la persecución humana: erróneamente se considera a los primates como causantes de la enfermedad y se los mata, en la creencia de que así se resolverá el problema”.

Los primates del género *Alouatta* (monos aulladores o carayás) son más sensibles al virus y mueren con mayor facilidad que los del género *Sapajus* (monos capuchinos robustos). Ambos grupos habitan en la Amazonia y en el Bosque Atlántico. Los *Callithrix* (titíes), exclusivos del Bosque Atlántico, también se mostraron resistentes. Como el virus circula en áreas selváticas, los animales siguen muriendo a causa de la enfermedad, aunque un porcentaje cercano al 20% del total de la población sobrevive y genera anticuerpos contra el virus. El área de recomendación de vacunación permanente para habitantes y turistas, que antes estaba limitada a la Amazonia, ahora se ha expandido y abarca casi la totalidad de Brasil.

El brote anterior de fiebre amarilla empezó en diciembre de 2007 y terminó en abril de 2008, con 40 casos confirmados en humanos y 21 muertos. En São Paulo se diagnosticaron 26 casos, de los cuales 11 fallecieron a causa de la enfermedad. En cuanto al brote actual, al cual se lo considera el mayor de los últimos 14 años, se diagnosticaron 779 pacientes con fiebre amarilla y se registraron 262 muertes en todo el país entre diciembre de 2016 y agosto de 2017, según se consigna en un boletín de diciembre de 2017 de la Organización Mundial de la Salud. El boletín del 26 de diciembre de 2017 de la Secretaría de Salud del Estado de São Paulo (SES-SP) informó acerca de 53 casos de personas infectadas por el virus en el estado, de las cuales 16 murieron desde el comienzo del año pasado. Hasta el 9 de enero de 2018 se registraron otros cuatro óbitos en el Gran São Paulo.

A LA ESPERA DEL VIRUS

El virus que ocasionó el brote actual habría surgido en la Amazonia en 2014, y por de los corredores de la selva habría atravesado la región centro-oeste de Brasil, ingresando a los estados de Minas Gerais y São Paulo y siguiendo en dirección hacia Espírito Santo, de acuerdo con un estudio reciente de la Superintendencia de Control de



Veterinarias de la Municipalidad de São Paulo comienzan la necropsia de un carayá para extraer muestras de órganos e identificar la causa de su muerte

Endemias (Sucen) y del Instituto Adolfo Lutz. En São Paulo, el brote actual emergió en abril de 2016 en la región de São José do Rio Preto y luego se difundió por Campinas, generando la expectativa de un inmediato arribo a la capital (véase el mapa na página 7).

La bióloga Juliana Summa, directora del Departamento de Fauna Silvestre de la Municipalidad de São Paulo, señaló que a partir del primer domingo de diciembre comenzaron a llegar al Centro de Manejo y Conservación de Animales Silvestres (CeMaCAS), instalado en el Parque Anhanguera, en la zona norte de la ciudad, de cinco a seis monos muertos por día, el triple de lo habitual, en forma coincidente con la intensificación de las lluvias de verano y la consiguiente proliferación de mosquitos.

“Ahora la fiebre amarilla está entrando con fuerza en la zona norte de la ciudad. Antes tan sólo era un aviso de su llegada inminente”, comentó la investigadora al comienzo de la tarde del 11 de diciembre. Aquel día ya habían arribado cinco aulladores y un tití muertos; para el final de la semana siguiente, otros 12. “Sabíamos que el virus iba a llegar a la capital, pero no logramos prevenirlo en su totalidad”, dice Summa. “Al comienzo no sabíamos qué hacer con las crías que llegaban vivas, con sus madres muertas, que en pocos días también desarrollaban la enfermedad y morían”. Los pocos animales que llegan vivos quedan en cuarentena y, si no se han muerto al cabo de una semana, se los traslada al refugio del CeMaCAS.

Investigadores de la Universidad de São Paulo (USP), de la alcaldía y de la Sucen habían detectado en 2015 a los mosquitos de las especies *Haemagogus leucocelaenus* y *Sabethes metanonymphe*, las principales especies transmisoras del virus de la fiebre amarilla, en el Parque Anhan-



Una investigadora del Adolfo Lutz prepara una muestra del hígado de un animal sometido a necropsia para detectar el virus de la fiebre amarilla; al lado, muestras conservadas a -70 °C



guera y en Serra da Cantareira. “Los mosquitos se alimentan de la sangre de los monos que viven en las copas de los árboles, descendiendo a la superficie solamente cuando les falta alimento o los empuja el viento, picando al azar a otros animales o incluso a la gente”, explica el biólogo Mauro Marrelli, docente de la Facultad de Salud Pública de la USP.

La muerte de títes y monos capuchinos robustos en el interior del estado, así como la de aulladores en los municipios cercanos a la capital paulista, intensificó el trabajo conjunto de expertos de institutos de investigación, equipos de las secretarías de salud y medio ambiente estatales y municipales, la Guardia Forestal y la Guardia Civil Metropolitana. En junio de 2017, la Coordinación de Vigilancia Sanitaria, por medio de un comunicado, definió las incumbencias y los procedimientos de los equipos de la Secretaría de Salud del municipio. Al final de julio, la médica Helena Leiko Sato, directora de inmunización de la SES-SP, ofreció una charla para los empleados de organismos públicos y de empresas que trabajan en el Huerto Forestal, contiguo a otra área de monte que es Serra da Cantareira, la mayor selva urbana del país, con sus 80 kilómetros cuadrados (km²), que abarca parte de los municipios de São Paulo, Mariporã, Caieiras y Guarulhos. La investigadora disertó sobre el brote en São Paulo y la campaña de vacunación que se llevó a cabo al final del mes de agosto. A continuación, Car-

valho, del Instituto Forestal, brindó un informe acerca de los procedimientos que se deben realizar cuando se encuentran monos muertos en el interior o en las adyacencias de los parques.

UNA RESPUESTA RÁPIDA

Al haber asistido a la conferencia, Monoel Ferreira Costa, un empleado que se encarga de la limpieza de los bosques, supo qué hacer durante la mañana del 9 de octubre, cuando halló a un carayá muerto en medio de una plantación de eucaliptos, a media hora de camino de la entrada del arboreto Vila Amália, un bosque del Huerto Forestal anexo a un barrio con unos 3.000 habitantes, que en muchos tramos no tiene muros y los patios de las casas se funden con la selva. Habiendo sido avisados, Carvalho y Paulo Roberto dos Santos, uno de los biólogos del parque, fueron a recoger al animal. Los acompañó Costa y notaron que se trataba de un macho de menos de un año de edad, sin señales de que hubiera sido atacado por perros u otros monos, ni de haberse electrocutado con los cables de las columnas o de haber sido atropellado, y que llevaba muerto al menos dos días. Carvalho le avisó a Summa, del CeMaCAS, quien inmediatamente después recibió el cadáver del animal y le extrajo muestras del hígado, enviándolas ese mismo día para su análisis en el Instituto Adolfo Lutz.

Desde 2016, Souza, del Adolfo Lutz, recibe órganos de carayás muertos en el estado de São Paulo, pero le prestó especial atención a aquel pedido de análisis porque era el primero en una ciudad aún sin rastros del virus de la fiebre amarilla. Su equipo extrajo el ADN, realizó los análisis y luego los repitió para confirmar el resultado positivo para el virus. Durante la mañana del día 19, le comunicó el resultado a la biomédica Regiane Cardoso de Paula, directora del Centro de Monitoreo Epidemiológico de la SES-SP.

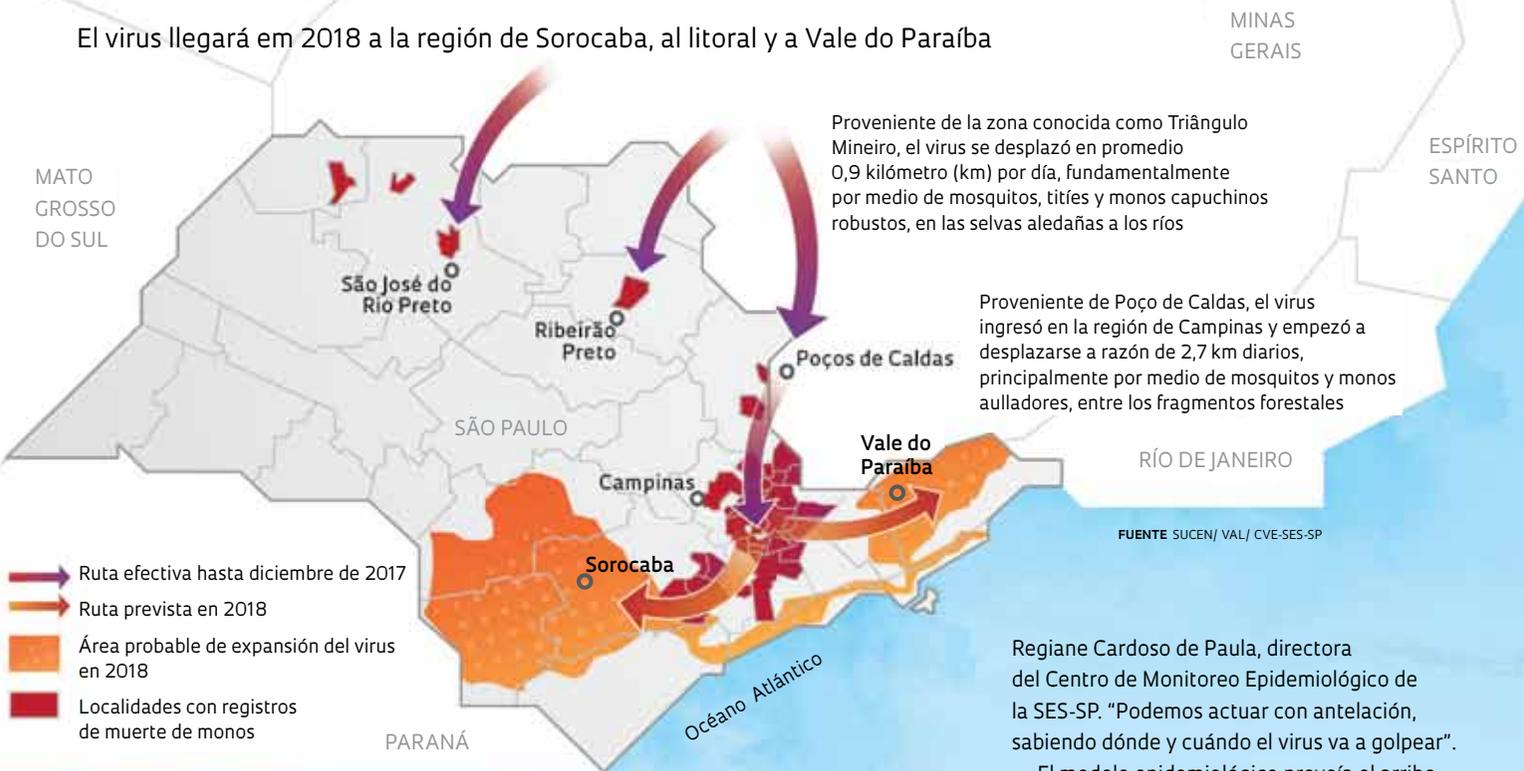
De inmediato, ésta le llevó los resultados al infectólogo Marcos Boulos, coordinador de la Coordinación de Control de Enfermedades de la SES-SP y docente de la Facultad de Medicina de la USP.

La jornada de reuniones con los equipos de salud y medio ambiente finalizó con dos decisiones: el inicio inmediato de la vacunación de los habitantes de las zonas cercanas al bosque donde se había encontrado al carayá y el cierre del Huerto Forestal y de Serra da Cantareira para evitar el contacto humano con los

Los 22 carayás mantenidos en el Parque Anhanguera pueden resultar estratégicos cuando llegue la hora de repoblar los montes

Las rutas de la fiebre amarilla en São Paulo

El virus llegará en 2018 a la región de Sorocaba, al litoral y a Vale do Paraíba



Para anticiparse al virus

Una estrategia prevé la vacunación de los habitantes de las áreas de riesgo

Con base en las fechas y en la localización de las muertes de los monos, el veterinario y epidemiólogo Adriano Pinter, investigador de la SUCEN, elaboró un modelo epidemiológico que describe el sentido, la velocidad de desplazamiento y los caminos probables –los corredores ecológicos funcionales– del virus causante de la fiebre amarilla. Sus mapas sirvieron como base para que la Secretaría de Salud determinara dejar de lado la estrategia recomendada por los organismos internacionales –consistente en la vacunación de todos los habitantes en un radio de 30 kilómetros (km) desde el punto en el cual se encontró al animal muerto– y vacunar solamente a los residentes en zonas de riesgo, incluso antes de que aparezcan los monos muertos que indican la llegada del virus.

“Esta estrategia se ha mostrado bastante adecuada”, dice la médica Helena Keiko Sato, directora técnica del departamento de inmunización de la SES-SP. “En abril de 2017, no teníamos forma de vacunar a 3,5 millones de personas en la región de Campinas, la mayoría de ellas fuera de las áreas de riesgo. Basándonos en los corredores ecológicos,

vacunamos solamente a 1,4 millones, en las áreas de riesgo de Campinas y de los municipios vecinos”. Además de permitir la optimización en el uso de las partidas de vacunas, este método podría atenuar las potenciales reacciones adversas severas a la vacuna en personas con enfermedades autoinmunes o alérgicas al huevo; ese riesgo es de un individuo por cada grupo de 400 mil vacunados, cuatro veces menor que el índice aceptable para las vacunas.

Hasta enero de 2018, el virus se desplazó en sentido norte-sur a una velocidad de 2,7 km por día durante los meses más cálidos, y a 0,5 km por día durante los más fríos. Con base en esos datos, los expertos de la Secretaría de Salud establecen las áreas de mayor riesgo e inician la vacunación, con la colaboración de los organismos de salud municipales, antes de que aparezcan los monos muertos. “En Jundiáí, la vacunación comenzó a comienzos del mes de mayo y el primer mono muerto se halló el 30 de julio. En Mogi das Cruzes, aún no tenemos señales del virus; no obstante, empezamos a vacunar en diciembre”, dice la biomédica

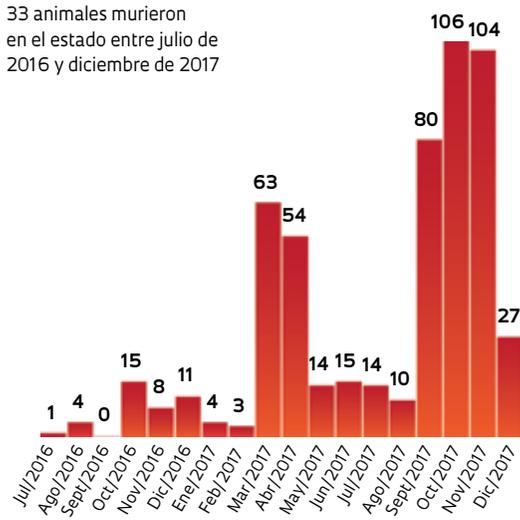
Regiane Cardoso de Paula, directora del Centro de Monitoreo Epidemiológico de la SES-SP. “Podemos actuar con antelación, sabiendo dónde y cuándo el virus va a golpear”.

El modelo epidemiológico preveía el arribo del virus a la capital para octubre o noviembre. “Tuvimos la suerte de hallar a un carayá muerto en el medio de un bosque en la ciudad de São Paulo”, comentó Pinter. En su opinión, los primeros animales infectados por el virus mueren en lo profundo de las selvas y pasan inadvertidos. El virus recién se detecta alrededor de dos meses después de su arribo, cuando muchos animales empiezan a morir en los bordes de las selvas y son hallados por los habitantes de los barrios periféricos. El hecho de que se haya encontrado a un animal muerto en el Huerto Forestal en octubre anticipó las medidas preventivas contra el virus.

Los equipos de los organismos de salud esperan poder evitar otros decesos humanos en 2018 mediante las campañas de vacunación en las áreas de probable expansión del virus (*obsérvese el mapa*). Si los pronósticos estuvieran correctos, el virus llegaría en febrero a la zona sur de la capital, a la región de Sorocaba y a la de Vale do Paraíba. La SES-SP informó en el mes de enero que deberá fraccionar la vacuna, sin detrimento de su efecto protector, para proteger a la mayor cantidad posible de personas, tal como se hizo en África. Aquellas que habitan o circulan en regiones con selvas deben recibir la vacuna, que activa la producción de anticuerpos contra el virus solamente entre siete y diez días después de aplicársela.

Muertes de monos notificadas en São Paulo

33 animales murieron en el estado entre julio de 2016 y diciembre de 2017



Las prioridades de vacunación en Guarulhos

Los desplazamientos efectivos y previstos del virus definen las áreas de vacunación prioritarias



mosquitos transmisores del virus. El 20 de octubre, inmediatamente después del cierre de los parques, los equipos del Instituto Forestal, de la SES-SP y de la Policía Ambiental regresaron al arboreto y hallaron otros tres esqueletos de monos aulladores; dos días más tarde, otros dos, lo que indicaba que todo el grupo había sucumbido. En la última semana de diciembre, luego de haber encontrado 10 monos muertos en el municipio de Itapeverica da Serra, al sur del Gran São Paulo, fueron clausurados otros 10 parques, totalizando 26.

REPOBLAMIENTO

Las muertes de los monos continuarán registrándose hasta el mes de mayo, cuando las lluvias amainen, dificultando así la proliferación de los mosquitos transmisores del virus. “La batalla siguiente será el repoblamiento de las áreas anteriormente ocupadas por los carayás”, dice Summa. Los 22 ejemplares criados en compartimientos de 18 metros cuadrados del CeMaCAS, posiblemente serán estratégicos para repoblar los bosques. Bácaro es el que lleva más tiempo y el más viejo del grupo. Arribó siendo adulto, en 2009, y formó una familia, compuesta por una hembra, un macho joven y una cría, que podría ser liberada en las áreas des pobladas. El resto, como en los casos de Abrolhos, de 6 años, y Benjamin, de 5, llegaron siendo pequeños y debería entrenárselos para que sobrevivieran en la selva.

El brote de fiebre amarilla de 2008 y 2009 causó la pérdida del 80% de los grupos de carayás negros y colorados en Rio Grande do Sul, de acuerdo con un estudio de la Pontificia Universidad Católica (PUC-RS) y de la Universidad Federal de Santa Maria en 82 fragmentos forestales de los municipios de Bossoroca y Santa Maria de ese

estado sureño. “No encontramos ejemplares solitarios, lo que indicaba que todo el grupo había muerto”, relató Marques. En 2009, para evitar el ataque de la gente, pues se pensaba que los monos transmitían la enfermedad, Marques lanzó una campaña de protección de los aulladores, que fue descrita en 2010 en la revista *Tropical Conservation Science*.

Si no vuelve a producirse otra epidemia similar, la población de aulladores de Rio Grande do Sul tal vez llegue a ser dentro de 100 años la mitad de lo que era antes de 2008, según estimó el equipo de Santa Maria. Se trata de un problema mundial. De acuerdo con un estudio de 2017 publicado en la revista *Science Advances*, de las 504 especies de primates del planeta –concentradas en Brasil, el Congo, Madagascar e Indonesia– el 75% presenta un declive poblacional y el 60% se encuentra en riesgo de extinción como consecuencia de la tala de bosques, la caza y las enfermedades. ■

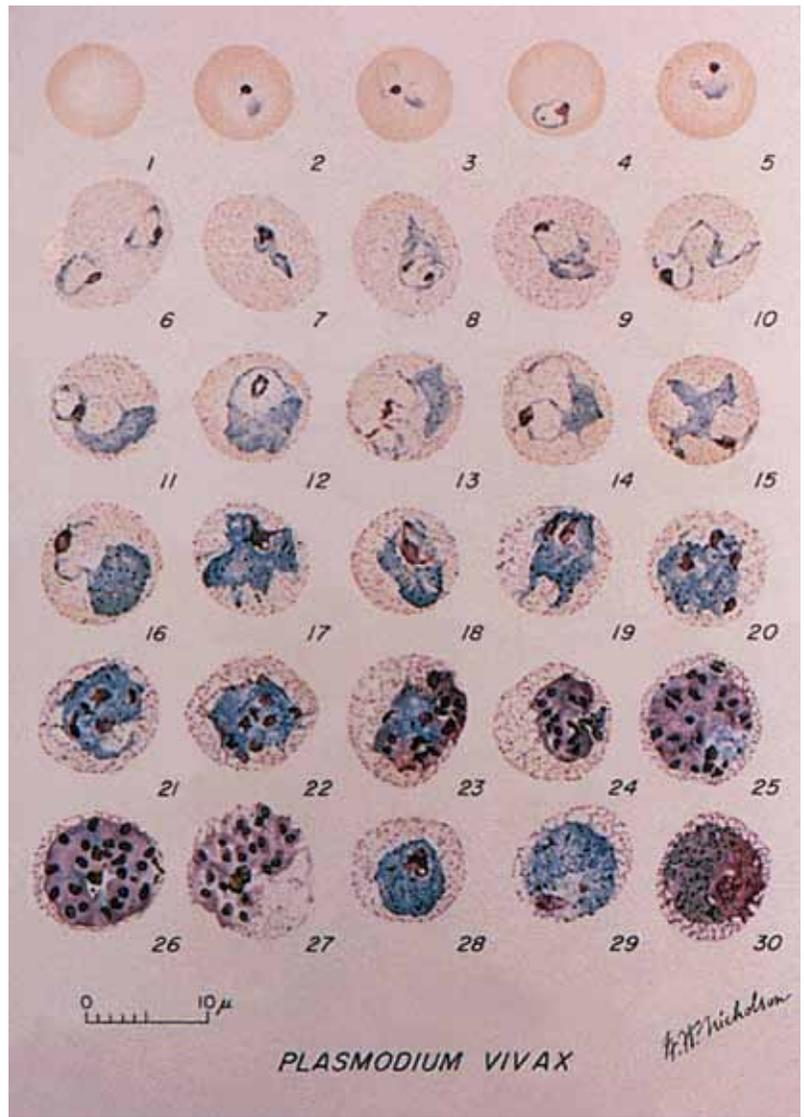
Proyecto

Biodiversidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) en el Parque Estadual de Serra da Cantareira y en el área de protección ambiental Capivari –Monos, estado de São Paulo (nº 14/ 50444-5); **Modalidad** Ayuda a la Investigación – Regular; **Investigador responsable** Mauro Toledo Marrelli (USP); **Inversión** R\$ 272.905,54.

Artículos científicos

BICCA-MARQUES, J. C.; FREITAS, D. S. The role of monkeys, mosquitoes, and humans in the occurrence of a yellow fever outbreak in a fragmented landscape in south Brazil: Protecting howler monkeys is a matter of public health. *Tropical Conservation Science*. v. 3, n. 1, p. 78-89. 2010.
 ESTRADA, A. *et al.* Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter Alejandro Estrada. *Science Advances*. v. 3, n. 1, y 1600946. 2017.
 MUCCI, L. F. *et al.* Haemagogus leucocelaenus and other mosquitoes potentially associated with sylvatic yellow fever in Cantareira State Park in the São Paulo Metropolitan Area, Brazil. *Journal of the American Mosquito Control Association*. v. 32, n. 4, p. 329-32. 2016.

Un equipo de científicos de la Fundación Osvaldo Cruz propone una sexta forma de paludismo transmitida por mosquitos que se infectan al picar a primates silvestres del Bosque Atlántico

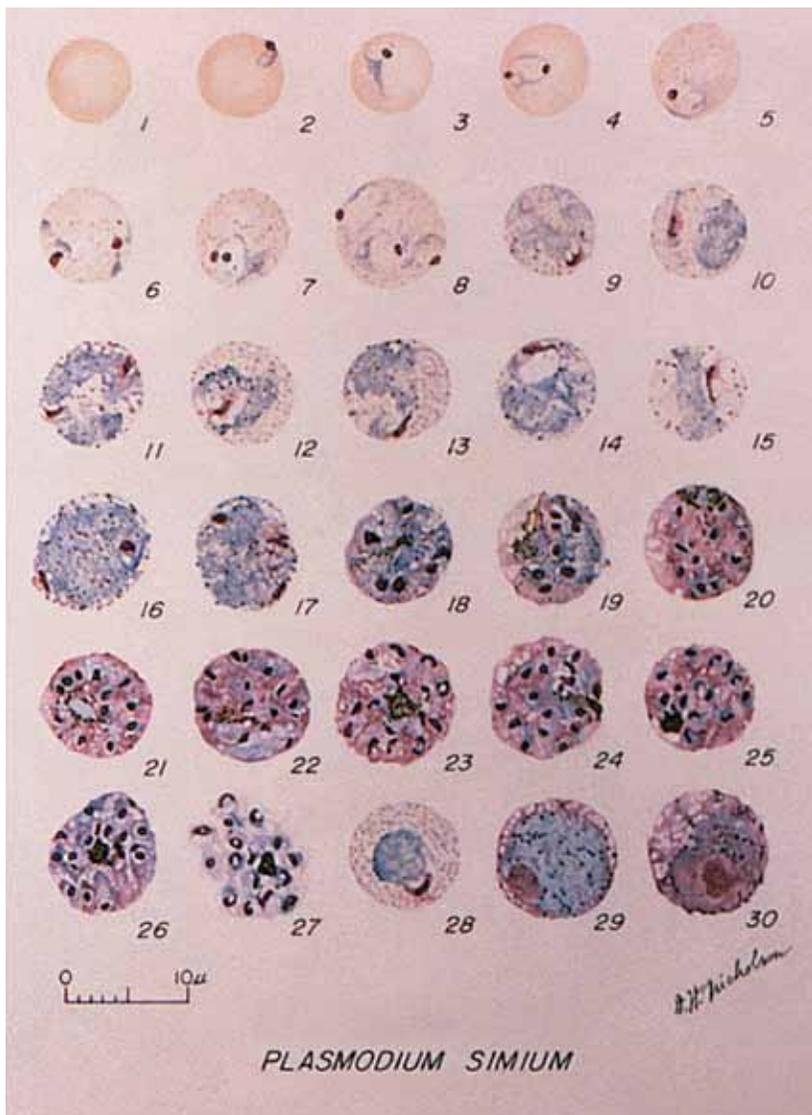


DE MONOS A HUMANOS

Carlos Fioravanti

PUBLICADO EN DICIEMBRE DE 2017

En 1966, el parasitólogo Leônidas Deane (Pará, Brasil, 1914-1993), quien por entonces se desempeñaba como docente en la Facultad de Medicina de la Universidad de São Paulo (FM-USP), describió el primer caso conocido de paludismo humano causado por el protozoo *Plasmodium simium*. Hasta entonces se pensaba que ese tipo de parásito causaba la enfermedad tan sólo en los monos. Los protozoos habían sido detectados en la sangre de un guardia forestal que recolectaba mosquitos en la copa de los árboles para los científicos en el Huerto Forestal de la Ciudad de São Paulo, un área de bosque donde anteriormente no se había registrado ningún caso de paludismo, la afección también conocida como malaria. La posibilidad de transmisión de esta forma de paludismo a otras personas, por intermedio de mosquitos



Formas del *Plasmodium vivax* en diferentes estadios de su desarrollo en glóbulos rojos de la sangre humana (en la página a la izquierda) y de *P. simium* en los de primate (a la derecha). La primera célula de cada cuadro no está infectada

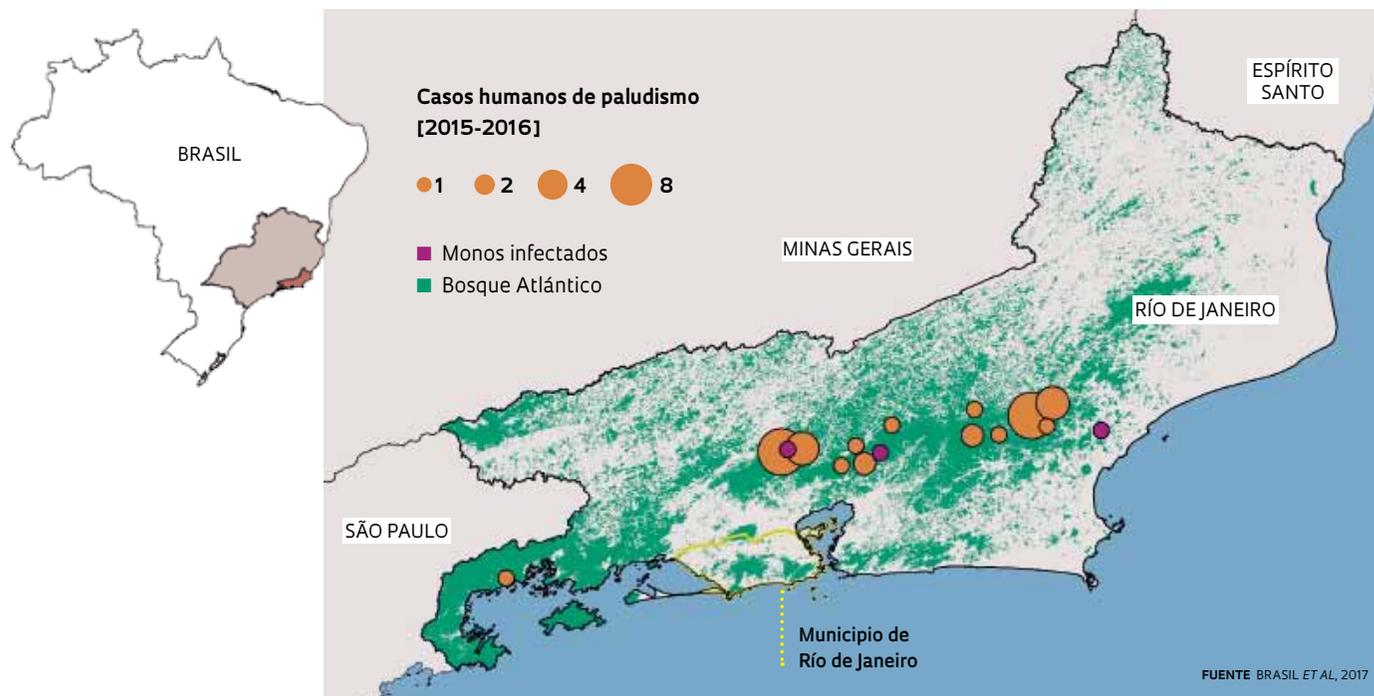
que habían picado a monos infectados, no llegó a quedar demostrada en la época en que se la identificó. Medio siglo después, un equipo de científicos de la Fundación Oswaldo Cruz (Fio-cruz) retomó la hipótesis de Deane y propuso una sexta forma de paludismo humano, transmitida por mosquitos que se infectaron con *P. simium* al picar a primates contaminados. Esta hipótesis todavía deberá validarse mediante la realización de otros estudios. Y obtener el reconocimiento de organismos internacionales.

El paludismo es transmitido a los humanos por los mosquitos del género *Anopheles* contaminados con los agentes infecciosos, los protozoarios del género *Plasmodium*. Las diversas formas de malaria se diferencian mediante la identificación con el microscopio de la especie de *Plasmodium* que se multiplica en los glóbulos rojos de la sangre.

Si bien los síntomas iniciales son similares –fiebre, escalofríos, cefaleas y dolores corporales–, la evolución de la enfermedad depende del agente causal: el *P. vivax* provoca un paludismo leve y el *P. falciparum*, una versión más grave (léase en el recuadro en la página 13). Otra de las formas, causada por el *P. knowlesi*, fue descrita en 1965 en Malasia como la primera en ser transmitida a los humanos por mosquitos infectados al picar a primates, lo cual se caracteriza como una zoonosis, es decir, una enfermedad cuyo vehículo lo constituyen animales, que funcionan como reservorios de los agentes infecciosos. El *P. knowlesi*, descrito en 1932 en la sangre de monos y fácilmente confundible con *P. malariae* y *P. falciparum*, ha sido el responsable de una cifra en aumento de casos en Malasia –se registraron 703 en 2011 y 996 en 2013–, en Tailandia, Indonesia, Vietnam y en Filipinas.

Los focos de paludismo en Río de Janeiro

La transmisión a través de mosquitos infectados al picar a monos podría servir como explicación para los casos humanos en áreas cercanas a los bosques de la región serrana



La conclusión de que los monos podrían servir como reservorios de los protozoarios causantes del paludismo también en Brasil surgió como resultado de los análisis de muestras hematológicas de tres animales y de 20 habitantes de la región serrana de Río de Janeiro. “De entrada creíamos que se trataba de casos de paludismo causados por *P. vivax*, la forma más común de la enfermedad tanto en Brasil como en esa región en particular”, relata el parasitólogo Cláudio Tadeu Daniel-Ribeiro, investigador de la Fiocruz de Río de Janeiro. “Como los síntomas eran levemente diferentes, consideramos la posibilidad de que se tratara de la malaria de los monos descrita por Deane”.

En los análisis bajo el microscopio, el *P. vivax* y el *P. simium* registran escasas divergencias. El equipo de la Fiocruz pudo distinguir a uno de otro al identificar dos tramos del ADN mitocondrial distintos en cada especie y consideró que la posibilidad de infección por *P. simium* podría explicar los brotes en la zona del Bosque Atlántico fluminense. Los científicos identificaron *P. simium* en 28 de los 49 casos autóctonos (de origen local) de paludismo registrados en la región en 2015 y 2016. En este trabajo, llevado a cabo por la parasitóloga de la Fiocruz Patrícia Brasil, y descrito en un artículo que se publicó en el mes de octubre en la revista *Lancet Global Health*, se advierte sobre el riesgo de incidencia

del paludismo en áreas alejadas de la Amazonia, origen del 99% de los 131 mil casos registrados entre enero y septiembre de 2017, de acuerdo con el Ministerio de Salud de Brasil. En 2015, la Organización Mundial de la Salud registró 214 millones de casos de paludismo y 438 mil muertes en 95 países como consecuencia de la enfermedad.

Un equipo de investigadores de la filial en Minas Gerais de la Fiocruz identificó *P. simium*, también mediante análisis molecular, en nueve ejemplares de un grupo de 65 monos aulladores marrones y capuchinos robustos en cautiverio o en áreas de Bosque Atlántico del municipio de Indaial, en el estado de Santa Catarina, tal como se relata en un estudio publicado en 2014 en la revista *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. El mono araña es otra de las especies de primates que pueden albergar a ese parásito, que fue identificado en 1951 en un mono de un bosque cercano a la ciudad de São Paulo y descrito por primera vez por el parasitólogo carioca Flávio Oliveira Ribeiro da Fonseca (1900-1963), docente de la FM-USP. También se detectó *P. simium* en el sangre de monos de los estados de São Paulo, Espírito Santo y Paraná, según informa la bióloga Cristiana Ferreira Alves de Brito, investigadora de la Fiocruz de la ciudad de Belo Horizonte.

“La letalidad del paludismo entre la gente fuera de la región amazónica es mucho mayor, pues los médicos de las ciudades del sur y del sudes-

Diferencias sutiles

Las variantes del paludismo transmitidas por mosquitos difieren según las especies de protozoo que las causan

PLASMODIUM VIVAX

Responsable del 90% de los casos en Brasil. Causa accesos de fiebre cada dos días. Su mortalidad es baja. Las diferentes fases del parásito latentes en el hígado pueden generar recidivas que son las causantes de hasta el 40% de las crisis de paludismo registradas en el país

PLASMODIUM MALARIAE

Causante de menos del 1% del total de los casos registrados en Brasil, provoca fiebre cada 72 horas, generalmente más baja que la causada por *P. vivax*, y puede derivar en complicaciones renales

PLASMODIUM OVALE

Es una variante leve, común en África y que no se ha detectado en Brasil. Puede ocasionar recidivas luego de su tratamiento

PLASMODIUM FALCIPARUM

Se trata de la cepa más común en el mundo, responsable de alrededor del 10% de los casos registrados en Brasil, y de alta letalidad. Causa la forma más grave de paludismo, con fiebre intensa cada dos días y riesgo de complicaciones en el cerebro

PLASMODIUM KNOWLESII

Es una especie no detectada en Brasil, responsable de la mayoría de los casos en Malasia. Las fiebres son diarias. Es una enfermedad grave y letal

PLASMODIUM SIMIUM

Se trata de una cepa exclusiva del Bosque Atlántico de la región sur y sudeste de Brasil. En humanos causarían síntomas similares a los del *P. vivax*. Esta hipótesis aún debe pasar por validación

te de Brasil no sospechan que la fiebre alta y la anemia puedan ser síntomas de malaria”, dice Cristiana Ferreira. “Tenemos que poner sobre aviso a los médicos y a los centros de salud para que realicen un diagnóstico correcto, dado que el tratamiento resulta eficaz”. En noviembre de 2010, un turista proveniente de Nigeria y otro de Costa de Marfil fallecieron en São Paulo, víctimas del paludismo, luego de ser atendidos en hospitales cuyos médicos no supieron diagnosticar la enfermedad. El Centro de Monitoreo Epidemiológico del Estado de São Paulo registró en 2016 ocho casos de paludismo autóctono en humanos, y cinco hasta octubre de 2017, en su mayoría en ciudades costeras cercanas a bosques.

“A causa de las limitaciones que afrontan los médicos fuera de la región amazónica para reconocer la enfermedad, la descripción de casos de malaria en Río de Janeiro como una zoonosis se erige como un gran reto para el control de la dolencia”, comenta la bióloga Silvia Di Santi, investigadora de la Superintendencia de Control de Endemias (Sucen) y del Instituto de Medicina Tropical de la FM-USP. “Para caracterizar mejor esta situación, resulta fundamental ampliar las áreas de estudio en aquellas regiones con un mismo perfil epidemiológico, y describir el ciclo completo de transmisión por mosquitos, monos y humanos infectados”.

Los casos de paludismo transmitido en áreas de Bosque Atlántico que se extienden a lo largo del litoral brasileño se caracterizan por constituir una variante benigna de la enfermedad, según sostiene Di Santi. Los habitantes de la región serrana de Río de Janeiro infectados con *P. simium* presentaron síntomas similares, aunque más leves que los causados por *P. vivax*, y respondieron al tratamiento con una combinación de cloroquina y primaquina. Dos de los pacientes, al no poder tomar primaquina, fueron tratados solamente con cloroquina y, 18 meses después, no registraron recidivas. Según Ribeiro, el hecho de que el paludismo no haya reaparecido en esos individuos indica que el *P. simium*, a diferencia del *P. vivax*, puede que no mantenga cepas adormecidas del parásito en el hígado, que generalmente se eliminan por la acción de la primaquina.

En opinión de Ribeiro, la infección podría estar causada por *P. simium* o por *P. vivax* que se adaptó al mono y que llegó a la gente a través de los mosquitos: “Recién vamos a saberlo cuando dispongamos de la secuenciación completa de sus genomas”. Entre los expertos, no existe un consenso al respecto de si *P. vivax* y *P. simium* serían especies diferentes o bien variantes de una misma. En un artículo publicado en 2005 en la revista *PNAS*, investigadores de la Universidad de California en Irvine, Estados Unidos, sostuvieron que podrían haber sido al menos dos contagios de *P. vivax* de primates a humanos o en el sentido opuesto en los últimos miles de años. “En África”, dice Ferreira, “el *P. vivax* y el *P. falciparum* se contagiaron de los monos a la gente”. ■

Carlos Fioravanti

Artículos científicos

BRASIL, P. et al. Outbreak of human malaria caused by *Plasmodium simium* in the Atlantic Forest in Rio de Janeiro: A molecular epidemiological investigation. *Lancet Global Health*. v. 5, p. e1038-1046. 2017.
COSTA, D. C. *Plasmodium simium*/ *Plasmodium vivax* infections in southern brown howler monkeys from the Atlantic Forest. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. v. 109 (5), p. 641-53. 2014.
LIM, C. S. et al. *Plasmodium vivax*: Recent world expansion and genetic identity to *Plasmodium simium*. *PNAS*. v. 102 (43), p. 15523-2005.

Agricultor de insectos

El entomólogo que apoya el uso del control biológico para combatir las plagas de los cultivos

Marcos Pivetta y Marcos de Oliveira

RETRATO LÉO Ramos Chaves | PUBLICADO EN NOVIEMBRE DE 2017

Al final de 2014, al cumplir 70 años, el ingeniero agrónomo José Roberto Postali Parra debió jubilarse por obligación legal en la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), unidad académica perteneciente a la Universidad de São Paulo (USP) en Piracicaba, en Brasil, de la cual fuera director. Pero el experto en el control biológico de plagas agrícolas no pensaba abandonar sus investigaciones en el Departamento de Entomología y Acarología de dicha escuela. “Luché toda mi vida y no dejaré de hacerlo ahora que el control biológico ha llegado para quedarse a la agricultura brasileña”, comenta. Esa forma de combatir las plagas que acometen a las plantaciones apela a los propios enemigos naturales, tales como insectos, ácaros e incluso microorganismos, para solucionar los problemas de los cultivos. En lugar de echar mano de un insecticida químico, cuyo uso exagerado podría ser nocivo para el hombre y para el medio ambiente, el agricultor intenta destruir o al menos disminuir la presencia del agente agresor con la ayuda de una pequeña avispa o de un hongo presente en la naturaleza, por ejemplo.

A Postali Parra le insumió más de cuatro décadas de investigación comprender la biología y la interacción con el medio ambiente de los enemigos naturales de las plagas, tales como el barrenador del tallo de la caña de azúcar y el huanglongbing (HLB) o *greening* de los naranjales, y desarrolló métodos para la reproducción en laboratorio

EDAD 73 años

ESPECIALIDAD

Control biológico de plagas en la agricultura

ESTUDIOS

Graduado como ingeniero agrónomo (1968), con títulos de magíster (1972) y doctor (1975) en entomología otorgados por la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz de la Universidad de São Paulo (Esalq-USP)

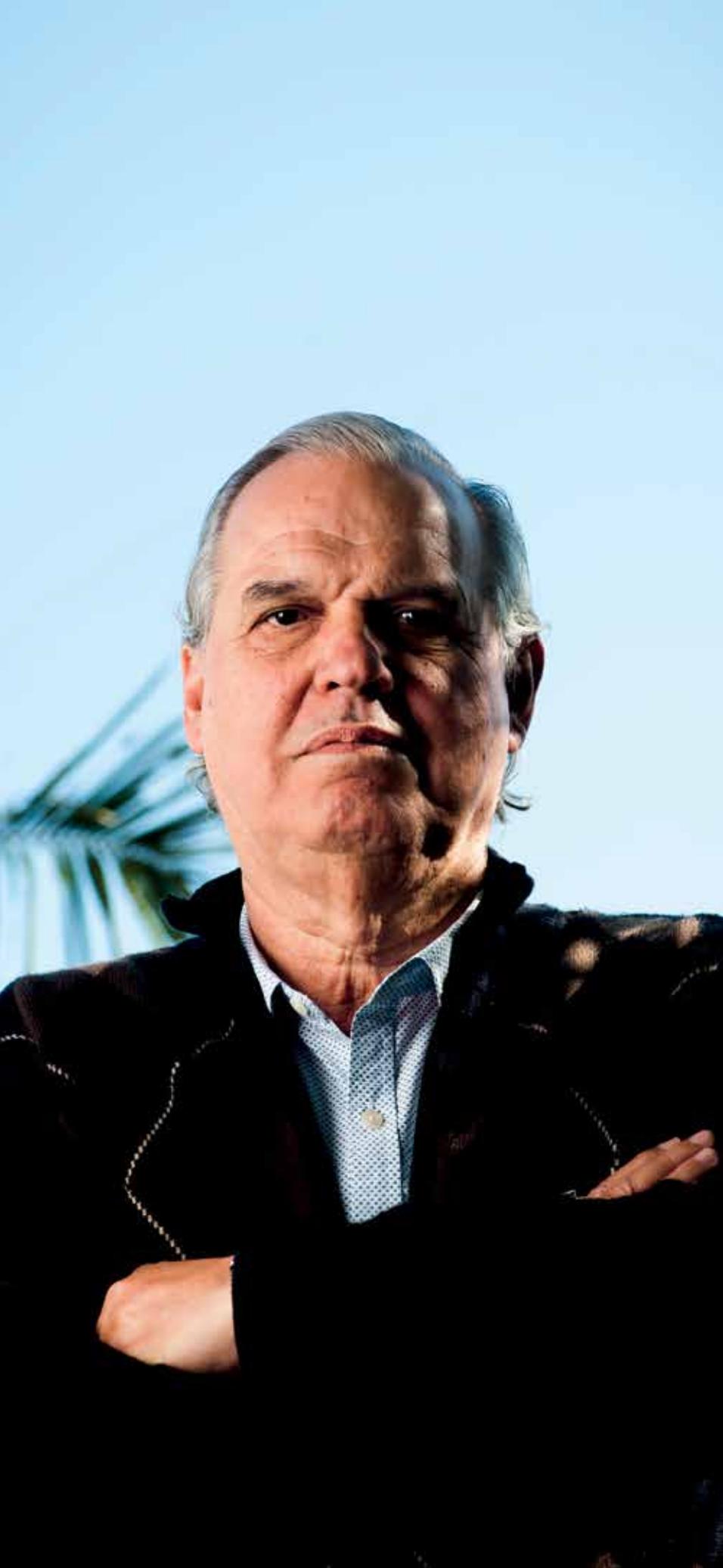
INSTITUCIÓN

Esalq-USP

PRODUCCIÓN

CIENTÍFICA

341 artículos científicos, 20 libros escritos o compilados; fue director de tesis y tesis de 61 másteres y 50 doctores



de insectos y ácaros que han prestado un gran servicio al hombre de campo. Con mesura, admite que el control biológico no es la solución contra todas las plagas, pero puede resultar útil y colaborar para reducir el uso de plaguicidas en los cultivos. “Brasil es el líder mundial en el uso de agroquímicos”, dice. “Nuestro agricultor ya viene con esa cultura”. En la presente entrevista, Postalí Parra relata historias de insectos y plagas de los cultivos nacionales y se expresa sobre temas importantes de la agricultura brasileña, como lo son el empleo de variedades transgénicas y la implementación de prácticas orgánicas.

¿En cuál cultivo se emplea más el control biológico en Brasil?

La caña de azúcar es el ejemplo clásico. En São Paulo, hoy en día, se plantan entre 9 y 10 millones de hectáreas de caña. En casi la mitad de esa superficie se adopta el control biológico. La lucha contra la polilla a la que se conoce con el nombre de barrenador de la caña (*Diatraea saccharalis*) y la cigarrita *Mahanarva fimbriolata*, una plaga que acomete a la raíz de la planta, se realiza de esa forma. La oruga del barrenador se destruye mediante la liberación de pequeñas avispas de la especie *Cotesia flavipes*, un insecto proveniente de Trinidad y Tobago que fue introducido en Brasil en 1971. La *Cotesia* se emplea en 3,5 millones de hectáreas plantadas de caña. La avispa *Trichogramma galloi*, con la cual trabajo, ha sido utilizada para combatir los huevos del barrenador en alrededor de 500 mil hectáreas de cañamelares. Se puede recurrir a diversos enemigos naturales para combatir las diferentes fases de estas plagas. Las fases del desarrollo de los insectos son: huevo, oruga, crisálida y adulto. Para el control de la cigarrita de la caña se emplea un hongo denominado *Metarhizium anisopliae*.

¿En qué otros cultivos se ha empleado ese método?

Hay un relato interesante que alude al control biológico del *greening* de los cítricos, una enfermedad a la cual en Asia se la conoce también como HLB o huanglongbing, que amarilenta las hojas de los naranjos, secando las plantas. La causante de esta enfermedad es la bacteria *Candidatus Liberibacter*, que es transmitida a las plantas por un insecto diminuto, el

psílido *Diaphorina citri*. A causa del HLB, los citricultores comenzaron a aplicar insecticidas en los frutales entre 20 y 30 veces al año, en forma desenfadada, para matar al psílido. Nosotros intentamos hacer control biológico mediante la suelta de avispas de la especie *Tamarixia radiata*, originaria de Asia pero detectada aquí en São Paulo. Liberábamos las avispas en los naranjales, pero se morían. Los naranjales tenían HLB, pero no al psílido asiático en cuestión.

¿Entonces por qué aparecía la enfermedad?

Se descubrió que los focos primarios de la enfermedad provenían de áreas situadas fuera de los naranjales, zonas orgánicas periféricas, de fondos de casas donde crecían mirtos, una especie de planta huésped del psílido, y de huertas frutales abandonadas. El Fundecitrus [Fondo de Defensa de la Citricultura] estimó que esas áreas vecinas llegaban a 12 mil hectáreas. Entonces empezamos a liberar las avispas en esas zonas, para combatir los focos primarios. Y dio resultado. Hoy en día la empresa Citrosuco posee cinco biofábricas de avispas, el Fundecitrus tiene otra y hay un agricultor que está empezando a criar esos insectos. Ahora, los agricultores ponen cebos en los bordes de los naranjales, trampas amarillas adherentes, que detectan el momento en que el psílido llega al naranjal. En el estado de Florida (EE.UU.), el HLB prácticamente acabó con la citricultura. Ellos sabían hacer el control biológico, pero no lo hicieron. Creían que con sólo mejorar la nutrición de la planta lograrían combatir la enfermedad. El control biológico, por sí solo, no resuelve todos los problemas. Es uno más de los componentes del MIP, el Manejo Integral de Plagas, que surgió entre finales de la década de 1960 y comienzos de los años 1970. Se deben usar plantines sanos, erradicando las plantas enfermas, y aplicar insecticidas sin caer en la exageración.

¿Estados Unidos no es una potencia en el control biológico de plagas?

En realidad, allá no emplean tanto el control biológico como lo preconizan en los libros que publican sobre el tema. Tradicionalmente ellos usan también plaguicidas. Y eso vale incluso para California. El MIP fue una política pública instaurada durante la presidencia de



Casi la mitad del área plantada de caña en São Paulo se controla con métodos biológicos

Richard Nixon [de 1969 a 1974]. Fueron sucediéndose otros mandatarios y al final de la administración Clinton [1993-2001] quedó establecido que el 75% de los agricultores estadounidenses tendrían que hacer MIP. Pero sólo llegaron a entre un 4% y un 8%. No es fácil. Hoy en día existen grandes empresas de control biológico. A la cabeza figura Koppert, una firma holandesa. La segunda es la belga Biobest. La tercera es BioBee, de Israel. En la actualidad, las grandes multinacionales fabricantes de insecticidas, tales como Bayer, Syngenta y Monsanto, también poseen empresas de control biológico. Donde más se utiliza este sistema es en Europa, particularmente en Holanda y en España. La coyuntura actual es mágica para Brasil en cuanto al control biológico. Yo estoy jubilado, cumplí 70 años a finales de 2014. Pero no paro de trabajar a causa de eso. Luché toda mi vida por ello y ahora que el control biológico se afianza no voy a parar.

Recientemente comenzó a utilizarse una avispa en el combate contra una oruga que ataca a varios cultivos en la

región central de Brasil. ¿Este abordaje está dando resultado?

En marzo de 2013 apareció una plaga importante, la oruga *Helicoverpa armigera*, en plantaciones de Goiás. La misma afecta hasta 200 plantas huésped y daña cultivos tales como los de soja, algodón, naranja y café, entre otros. No había cómo controlar a esa oruga con productos químicos. Los agricultores tuvieron que recurrir al control biológico, mediante el empleo de un virus, el NPV, que ataca a la propia oruga, o bien al uso de avispas del género *Trichogramma*, que atacan sus huevos. El problema es que en este caso no se disponía de insectos para que todos aplicasen ese método. Ahora empiezan a surgir empresas en Brasil que se dedican a proveer productos biológicos para ese mercado. Tan sólo en el marco del programa Pipe [Investigación Innovadora en Pequeñas Empresas] de la FAPESP, hay 11 startups de control biológico. La empresa Bug, de la ciudad de Piracicaba (interior de São Paulo), surgió de mi laboratorio. En tanto, ProMIP, que trabaja mayormente con ácaros, también se originó en la Esalq, a partir de la labor del profesor Gilberto Moraes. Los jóvenes están muy entusiasmados con montar empresas. Pero yo estoy preocupado. Si las empresas no se profesionalizan, podrían denigrar la imagen del control biológico. Nuestro trabajo debe ser lento, pero seguro. No hay que apresurarse. Cuando surge un error, el agricultor tarda en recurrir nuevamente al control biológico.

En ese sentido, ¿hubo algún caso ejemplar en Brasil?

Algo así ocurrió en la década de 1970 con el hongo *Metarhizium*. El italiano Pietro Guagliumi, que asesoraba a la FAO [las siglas en inglés de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura], introdujo ese hongo en el nordeste del país, afectado por la plaga de la cigarrita de la caña de azúcar. Pero allá el problema afectaba mayormente a las hojas de la planta, mientras que en São Paulo se encontraba en el sistema radicular. Las cigarritas que ocasionan esos problemas son muy parecidas. En el nordeste empezaron a usar el hongo y fue un éxito. Pero enseguida aparecieron empresas poco serias, que comenzaron a vender hongos contaminados. Luego de eso, el control biológico dejó de funcionar. Se tardó años en volver a utilizar



Postali Parra (a la der.) en la Universidad de Illinois, Estados Unidos, en 1978, junto a Marcos Kogan, supervisor de su investigación de posdoctorado

este método, no sólo en esa región, sino en todo Brasil.

¿Qué tipo de plagas agrícolas pueden combatirse mediante el control biológico, y cuáles no?

El MIP funciona en forma similar a una casa, con cimientos compuestos por varios elementos. Hay que conocer cómo influye el clima, la plaga y el momento de controlarla. Están quienes confunden al enemigo natural con la plaga agrícola. El enemigo natural también forma parte de esos cimientos. Es el responsable de los niveles de mortalidad natural en un agrosistema. La plaga tiene un enemigo natural y éste también tiene otro enemigo natural. Existe una cadena trófica. Todo estaría en equilibrio si no estuviésemos plantando un montón de soja o de caña de azúcar para suplir las necesidades alimentarias humanas. El monocultivo causa desequilibrios. Sobre los cimientos de esa suerte de edificación se encuentran los métodos de control de las plagas, como en este caso el biológico, que también puede recurrir al uso de feromonas, la siembra de diversos cultivos agrícolas, productos químicos y plantas transgénicas. Todas esas medidas apuntan a mantener a las plagas en un nivel situado por debajo del daño económico, teniendo en cuenta, además del aspecto económico, criterios sociales y ecológicos. Como ya lo he dicho, el control biológico no es la panacea para todos los problemas. Existen cultivos en los que puede utilizarse más y otros en los que será menos. En aquellos cultivos donde proliferan muchos insectos,

resulta difícil usar el control biológico. En este último caso, la solución reside en el empleo de agroquímicos selectivos, que matan a la plaga, pero no a su enemigo natural. Hay catálogos disponibles para los agricultores que recomiendan esos productos en diversas situaciones. En algunos cultivos, tales como los de papas, tomates e incluso en los de algodón, los agricultores brasileños emplean muchos insecticidas.

¿Se trata de un tema mayormente económico o es cultural?

Brasil es el campeón del uso de plaguicidas en los cultivos. El país tiene una tradición exclusivamente química, algo difícil de modificar. Ése es el gran problema. El agricultor dice que su abuelo y su padre siempre usaron pesticidas. Lo que él quiere es ver al insecto que ataca el cultivo muerto en el suelo luego de aplicar el veneno. Tenemos menos historial en control biológico que otros países de Latinoamérica, tales como Perú, Colombia y Venezuela, que fueron muy influenciados por investigadores de California. Nuestra agricultura estuvo sujeta al influjo de aquéllos que trabajaban con productos químicos. El DDT se sintetizó en 1939 y se pensó que eso resolvería todos los males de la agricultura. Ahí surgió un problema grave. Hubo desequilibrios biológicos, contaminación de aguas. La bióloga estadounidense Rachel Carson escribió un libro famoso sobre el tema en 1962, intitolado *Primavera silenciosa*. Entre 1940 y los años 1960 se vivió un período negro en cuanto al control biológico de plagas. Hasta que surgió el MIP,

que constituyó una respuesta de la comunidad científica al uso inadecuado de plaguicidas, una forma de controlar las plagas teniendo en cuenta los aspectos económicos, que no pueden soslayarse, pero también los ecológicos y sociales.

¿Cuándo surgió el control biológico?

Se trata de algo milenario. Los chinos ya usaban enemigos naturales para el control de las plagas de los cítricos antes de la era cristiana. El control biológico tal como lo conocemos hoy en día, en realidad, surgió en 1888 en California. Los dos grandes centros que se dedican a ello son Riverside y Berkeley. Allá existía una plaga seria en los cítricos, que en Brasil recibe el nombre de pulgón blanco, pero en realidad se trata de la cochinilla acanalada (*Icerya purchasi*). Los estadounidenses viajaron a Australia, que era el sitio de origen probable del insecto, identificaron y capturaron a una especie de mariquita (*Rodolia cardinalis*) y la introdujeron en California. Al año siguiente, el caso fue considerado un éxito. En Brasil, importamos el primer insecto en 1921. Se introdujo en São Paulo una avispa proveniente de Estados Unidos, la *Encarsia berlesei*, que parasita a la cochinilla blanca del duraznero (*Pseudaulacaspis pentagona*). Pero el intento no dio resultado. Hubo varios casos similares. Allá por 1924, apareció el gorgojo del café (*Hypothenemus hampei*), un pequeño coleóptero de origen africano que acomete a ese cultivo. Investigadores del Instituto Biológico y un profesor de la Esalq, Salvador de Toledo Piza Júnior, viajaron a África y trajeron una avispa de Uganda, de la especie *Prorops nasuta*, pero el control de la plaga no dio gran resultado. Por casualidad, hace unos 20 años me convocaron porque hallaron a esa avispa en la región de Ribeirão Preto. Ellos querían reproducirla, dado que en la actualidad se cuenta con técnicas para criarlas.

En esa ocasión, la técnica de cría de esa avispa, ¿también se importó?

En aquel entonces no se disponía de una técnica de cría. Era la época de lo que se denominó como control biológico clásico, donde todo se hacía en forma rudimentaria, y era posible criar algunos insectos en forma artesanal y sin ayuda de ninguna tecnología. El investigador iba al sitio de origen de la plaga, identificaba a sus



Postali Parra y sus alumnos en la Universidad de São Paulo, en 2004

ser el propietario de 100 mil hectáreas plantadas con soja. En mis conferencias siempre digo que indiscutiblemente Brasil es el líder en agricultura tropical. Pero en función de nuestras grandes extensiones, la agricultura tropical es aviesa para el control biológico. Tenemos que desarrollar un modelo para el control biológico tropical. No es factible liberar insectos manualmente en 100 mil hectáreas. Hay que usar un dron o un avión. No se pueden recorrer 100 mil hectáreas de soja para conocer el momento en que hay que liberar a los insectos. Se necesita aplicar la teledetección para hacer un seguimiento de ese tema. Todavía estamos dando los primeros pasos en ese sentido. Pero nuestros programas de control biológico figuran entre los mejores del mundo en términos de superficie manejada.

¿Cómo surgió su interés por la entomología?

Cursé el científico [una de las variantes de la antigua enseñanza media, con énfasis en ciencias exactas y naturales], tenía una inclinación muy patente hacia el área biológica e imaginaba que sería médico. Vivía en Campinas y era vecino del IAC [Instituto Agronómico]. Mi casa estaba justamente al lado del IAC. En el último año del científico, participé en una excursión a la Esalq y me enamoré de esa escuela. Hice el cursillo de ingreso y fui a estudiar agronomía ahí en 1964, siempre con la idea de quedarme en el IAC. Mientras cursaba en la facultad, iba al instituto los fines de semana y en las vacaciones, cuando estaba en Campinas. En el segundo año de agronomía, empecé a trabajar en entomología. Fui becario de iniciación a la investigación científica del CNPq [el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico de Brasil]. Cuando me gradué, en 1968, incluso ya tenía algunos trabajos publicados. Seis meses después de graduarme entré al IAC mediante un concurso.

¿En el IAC ya trabajaban con control biológico?

Al principio, me aboqué a un área un poco diferente, que es la resistencia natural de las plantas a los insectos, estudiando a la broca del algodón [Eutinobothrus brasiliensis]. Allí hice la maestría, aunque frecuentaba la Esalq. Me propuse hallar el genotipo del algodón resistente a la broca. Pero acabé abandonando el área

enemigos naturales y los introducía en la plantación afectada por el problema. Como no existían técnicas de cría de los insectos, se introducían pocos enemigos naturales. Por eso, esa introducción se denomina liberación inoculativa. Cuando se libera una pequeña cantidad de insectos, no se logra una respuesta inmediata. Los insectos necesitan multiplicarse libremente en la naturaleza. Eventualmente, eso generó cierta imagen de que el control biológico sólo daba resultado a largo plazo y en cultivos perennes o semiperennes. En la actualidad, se usan mayormente los enemigos autóctonos, porque hay muchas restricciones para la importación de insectos.

Usted es titular de la patente de producción de un semioquímico, una feromona sexual que se emplea para el control de una plaga de los cítricos. ¿Cómo la obtuvo?

El que trabaja también con feromonas es José Maurício Simões Bento, un colega mío de departamento en la Esalq y vicedirector del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología de Semioquímicos en la Agricultura, en el cual me desempeñé como coordinador. Tenemos una patente de la feromona, que se utiliza para el control de la polilla *Gymnandrosoma aurantianum*, a la cual se la conoce con el nombre común de barrenador de los cítricos. Esta polilla deposita sus huevos en los frutos y, cuando los mismos eclosionan, las orugas penetran en las naranjas, que se pudren y se caen. La hembra de esa especie produce una sustancia, una feromona que atrae al macho para

el apareamiento. Nosotros estudiamos el comportamiento sexual de la hembra para saber en qué parte del árbol se aparean y aprendimos a sintetizar su feromona en laboratorio. Ideamos una trampa con una pastilla que libera poco a poco esa sustancia sintetizada y la colocamos en los naranjos. De esa manera engañamos al macho y lo atraemos a la trampa. Esa pastilla la crearon nuestros colaboradores en la Universidad de Tsukuba, en Japón. La misma está envuelta en un envase plástico –una gran idea tecnológica– que controla la liberación de la sustancia durante 30 días. Si se retirara ese plástico, la liberación sería total en un sólo día. Hubo agricultores que arrancaron el plástico y nos venían a reclamar que el método no funcionaba. Tuvimos que organizar conferencias para convencerlos de no sacárselo. En 10 años, con el uso de ese método de control biológico, cuyo desarrollo costó 50 mil dólares, los agricultores paulistas se ahorraron 1.300 millones de dólares de aplicación innecesaria de pesticidas.

¿Estos casos de control con éxito económico promueven la investigación en el área?

Cierto día conversaba con el presidente de Koppert, una empresa presente en 27 países que cuenta con una sucursal en Piracicaba. Él me dijo que en Holanda, el 90% ó 95% de las llamadas casas de vegetación usa el control biológico. Se trata de campos grandes, de 10 ó 20 hectáreas, pero no pueden compararse con la realidad brasileña. Aquí, en el centro-oeste, tan sólo un productor puede

de entomología y me concentré en la de climatología del IAC, para estudiar la influencia de los factores climáticos en el desarrollo de los insectos. Mientras trabajaba en el IAC, también hice el doctorado en la Esalq enfocándome en el minador de las hojas del cafeto, la polilla *Leucop-
tera coffeella*, que ataca a las hojas de ese cultivo. En 1974, me invitaron a trabajar en la Esalq. En ese entonces, no se concursaba para los cargos en la universidad. Acepté la invitación y comencé a trabajar en la biología de insectos. Al poco tiempo, entre 1977 y 1978, hice un posdoctorado en la Universidad de Illinois, en Estados Unidos. Cuando regresé a Brasil comencé a trabajar con el control biológico. En la Esalq, ya había cierto historial de control biológico en entomología. El profesor Domingos Galo, uno de los docentes, ya lo empleaba en el cultivo de la caña de azúcar. Durante el posdoctorado en Estados Unidos, estudié dietas artificiales para insectos. Fui un pionero en dicha área en Brasil, que constituye la base para el control biológico. Para crear al enemigo natural, debe saberse cómo criar la plaga. Me dediqué al desarrollo de esa área, que en Brasil era un tabú, dado que los componentes eran todos importados. Tuve que desarrollar una tecnología de cría adaptada a nuestras condiciones.

Hoy en día, ¿existen leyes que regulen el uso del control biológico en Brasil?

Como hay mucho desconocimiento, nuestras leyes se basan por completo en el uso de productos químicos. Incluso querían estamparle la calavera a los productos biológicos, tal como se hace con los químicos. El proceso de aprobación es lento, pero eso está mejorando. Actualmente existen 41 productos biológicos a la espera de su aprobación en los tres organismos públicos responsables de ese proceso, el Mapa [acrónimo en portugués del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento], la Anvisa [la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria] y el Ibama [el Instituto Brasileño de Medio Ambiente y de Recursos Naturales Renovables]. También hay una entidad que agrupa a las empresas del sector, la Asociación Brasileña de Control Biológico, más conocida como ABCBio, de la cual formo parte como integrante del comité técnico. Brindamos asesoría sobre cómo realizar el control de calidad del sector. No se puede dejar



Brasil tiene un historial en el uso de productos químicos. Los agricultores manifiestan que tanto sus padres como sus abuelos usaban pesticidas

que las empresas lo hagan, tiene que hacerlo un organismo ligado a una universidad o a algún centro de investigación. Actualmente tampoco se cuenta con un control de calidad independiente para los productos biológicos.

¿Usted tiene participación en alguna de esas empresas?

No. Acompañé y promoví la formación de Bug. En todo Brasil, dicen que soy el dueño de la empresa, pero eso es porque se formó con exalumnos y un técnico que trabajó en mi laboratorio. Hoy en día existen diversas empresas y yo sólo mantengo contactos científicos con todas ellas.

¿Qué opina de la agricultura orgánica?

Puede tener su espacio. Incluso hay actualmente grandes grupos económicos en ese sector. Pero creo que a quienes practican ese tipo de agricultura les fal-

tan conocimientos. No hay muchas posibilidades para hacer algo exclusivamente orgánico. La gente tiene muchas dudas. Pero es un mercado interesante, con cierto potencial. Hace falta hacer más investigación en el área. Hay mucho romanticismo, poesía e ideología.

¿Los productores orgánicos usan control biológico?

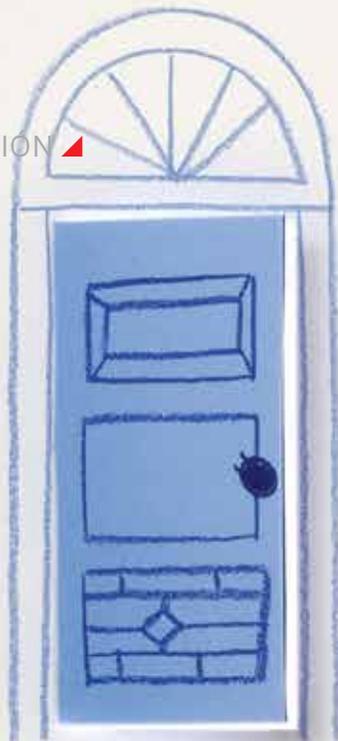
Que yo sepa lo usan poco. Hablan mucho, pero raramente lo emplean.

¿Usted cree que la agricultura orgánica podría constituir una alternativa de producción a gran escala o sólo se presta para objetivos más pequeños?

Ese tema tiene que ver con los desafíos que presenta el desarrollo de un control biológico tropical. Como las áreas orgánicas no son tan grandes, incluso sería más fácil emplear el control biológico en esas propiedades. Pero en la agricultura orgánica hay asuntos problemáticos relacionados con el crecimiento de la planta, porque no usan fertilizantes y, por ende, el cultivo presenta menos vigor. Al no utilizar insumos, eso los lleva a lidiar con otros problemas y el control biológico acaba pasando desapercibido. Hay poca gente en el mundo dedicándose a investigar la agricultura orgánica.

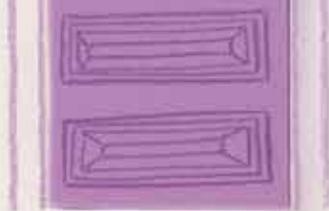
¿Usted está a favor de los cultivos transgénicos?

Hoy por hoy, en la literatura científica no se consigna ningún perjuicio atribuible a los cultivos transgénicos. Creo que constituyen una medida de control como cualquier otra, pero presentan un período de eficacia limitado. En poco tiempo, surge una colección de insectos resistentes al transgénico y será necesario producir otro transgénico. Es lo mismo que ocurre con las antiguas variedades de cultivos que acaban siendo reemplazadas por variedades nuevas, más resistentes a las plagas. No estoy en contra de los transgénicos; que no es lo mismo que afirmar que sean la solución de todos los problemas. La caña transgénica no significará el final del control biológico en el sector, tal como algunos dicen. Siempre aparecen plagas resistentes. La soja transgénica controla a la oruga conocida como gusano cogollero [*Heliothis virescens*], pero no a la chinche y otras plagas. Para ellas, será necesario adoptar algún otro recaudo biológico. ■



LAS PUERTAS DE ENTRADA A LA UNIVERSIDAD





El avance de las acciones afirmativas diversifica las formas de ingreso a la educación superior en Brasil

PUBLICADO EN ENERO DE 2018

La difusión de acciones afirmativas en la selección de los estudiantes de las universidades brasileñas comienza a producir efectos que no se limitan a la meta de ampliar el acceso de los alumnos provenientes de las escuelas públicas o a la garantía de representatividad para negros, mulatos e indígenas en las carreras de grado. En el caso de las universidades estaduais paulistas, la admisión en la educación superior, que antaño sólo dependía del examen de ingreso, pasó a regirse por todo un menú de alternativas tendientes a asegurar la calidad de los postulantes y que incluyen la asignación de bonus en los resultados del examen de ingreso, la utilización de notas del Examen Nacional de la Enseñanza Media (Enem) y, eventualmente, incluso simplificaciones, en las cuales la admisión no depende de un examen.

El nuevo modelo de ingreso anunciado en el mes de noviembre por la Universidad de Campinas (Unicamp) constituye el ejemplo más radical de esta tendencia. A partir de 2019, entra en vigencia un sistema de cupos étnico-raciales que reservará un 25% de las vacantes disponibles en la institución a aquellos postulantes que se autodeclaren negros o mulatos o pardos. Su mecanismo es bastante más complejo que el sistema de cupos vigente en las 63 universidades federales, creado por ley en 2012. Las vacantes de la Unicamp se ofrecerán mediante dos sistemas paralelos, donde el

80% se adjudicará por examen de ingreso (con un cuarto de ellas reservado para los autodeclarados negros y mulatos) y el resto por las notas obtenidas en el Enem por los candidatos (un 15% de las vacantes para los egresados de establecimientos públicos y un 5% para negros y pardos). Además, se mantuvo otra política afirmativa creada hace más de una década que otorga bonus en el puntaje en las dos etapas del examen de ingreso a los postulantes provenientes de las escuelas públicas. “Con tales disposiciones, se busca asegurar que al menos la mitad de los ingresantes provenga del sistema público y que el porcentaje de negros y pardos entre los alumnos crezca del actual 20% al 37%, que representa a la proporción de esos grupos en la población paulista”, dice José Alves de Freitas Neto, coordinador del examen de ingreso de la Unicamp.

El Consejo Universitario aprobó otras innovaciones que se implementarán a partir de 2019, tales como la creación de un examen específico para el ingreso de aborígenes y la posibilidad, inédita en el país, de acceder sin rendir examen para los medallistas de olimpiadas científicas. En ambas situaciones, la cantidad de vacantes disponibles estará definida por cada departamento de la universidad. “Ideamos posibilidades que amplían las posibilidades de acceso y muestran el empeño de la universidad pública para proponer nuevas ideas para el ingreso de los estudiantes”,

dice el físico Marcelo Knobel, rector de la Unicamp. “No sólo estamos lidiando con políticas de inclusión, sino también con un perfeccionamiento de la admisión, en busca de los mejores alumnos”, dice.

La Unicamp también evalúa la posibilidad de expandir un programa de acciones afirmativas creado por la universidad en 2012: el ProFIS (Programa de Formación Interdisciplinaria Superior). La iniciativa selecciona a los mejores alumnos del 3º y último año de la enseñanza media pública de Campinas, con base en las notas del Enem, y les ofrece un curso de dos años de duración con contenidos multidisciplinares. Al finalizar el mismo, aquellos alumnos con buenas calificaciones tienen la posibilidad de ingresar en las carreras de grado de la Unicamp sin rendir examen de ingreso. Se encuentra en estudio la ampliación de la cantidad de ciudades beneficiadas por el programa para llegar a un público mayor que el actual.

Las universidades de São Paulo (USP) y Estadual Paulista (Unesp) también modificaron su forma de ingreso en los años recientes. La USP, que desde hace más de una década concedía bonus en la calificación del examen de ingreso a los alumnos de las escuelas públicas y a negros, mulatos e indígenas, en 2015 comenzó a ofrecer parte de sus vacantes mediante el Sistema de Selección Unificado (Sisu), que selecciona a los ingresantes de las universidades federales a partir de sus notas en el Enem. De las 11.147 vacantes que ofrece la USP en 2018, 2.745 serán disputadas vía Sisu, pero en tres listas por separado, siendo 423 por amplia competencia, 1.312 para estudiantes que cursaron la enseñanza media en escuelas públicas y 1.010 para aquellos alumnos de escuelas públicas autodeclarados negros, pardos e indígenas. Con ese esquema, la USP elevó el porcentaje de egresados de la enseñanza pública de un 32,3% en 2014 a un 36,9% en 2017.

En un estudio efectuado por la Prorectoría de Grado de la USP en 2016, se comparó el desempeño de los alumnos que ingresaron mediante el examen de ingreso y por el Sisu en 22 áreas. Al finalizar el segundo semestre lectivo, los estudiantes que habían ingresado rindiendo un examen de ingreso tuvieron promedios mayores que los del Sisu en carreras tales como medicina, derecho y ciencias sociales; mientras que los del



La meta del 50% para alumnos provenientes de escuelas públicas indujo a las universidades paulistas a modificar las reglas de ingreso

Sisu tomaron ventaja en carreras tales como ingeniería de materiales, economía, física y química, entre otras. De cualquier modo, la diferencia de promedios entre los dos grupos fue exigua.

En el mes de julio, la USP decidió cambiar nuevamente las reglas para instituir un sistema que destinará la mitad de las vacantes ofrecidas a los alumnos de las escuelas públicas, con una subreserva para los que se reconozcan como negros, mulatos y aborígenes nativos. La iniciativa se implementará en forma escalonada: para el ingreso de 2018, un 37% de las vacantes de cada carrera y turno será para los alumnos provenientes de escuelas públicas. En 2019, esa proporción será de un 40% y, en 2025, de un 45%, para llegar a un 50% en 2031. “Es la primera vez que la USP adopta una política institucional de cupos sociales y raciales”, dice el prorector de Grado, Antônio Carlos Hernandes.

Estudiantes de la Universidad Federal del ABC (en la página a la izquierda) y una división de ingresantes de medicina de la Unicamp en 2016 (a la derecha), que gracias al bonus en la nota del examen de ingreso, congregaba casi un 70% de alumnos provenientes de la red pública



Esto no es una novedad en el caso de la Unesp. En 2013, la universidad creó en forma pionera entre todas las universidades estatales paulistas un sistema de cupos similar al de las federales. Incrementó progresivamente la reserva de vacantes hasta llegar, en el examen de ingreso de 2018, a un 50% para los alumnos de las escuelas públicas, con una parte de las mismas destinadas a negros y pardos, de manera tal que ese grupo llegase al 35% de los admitidos. “La Unesp siempre ha logrado atraer a un grueso contingente de alumnos de las escuelas públicas, pero para cumplir con la meta del 50% fue necesario recurrir a los cupos”, dice Gladis Massini-Cagliari, prorectora de Grado de la universidad.

La meta a la que alude Massini-Cagliari, de una reserva del 50% para alumnos provenientes de escuelas públicas y de un 35% para negros, mulatos e indígenas, quedó definida por el Programa de Inclusión por Mérito en la Educación Pública de Nivel Superior de São Paulo (Pimesp), instituido al final de 2012 por la gobernación paulista, y fue implementada con formatos específicos por las tres universidades del estado. “El Pimesp incorporó un reclamo de la sociedad consistente en ampliar la presencia de alumnos de las escuelas públicas que representan la diversidad de la población. A partir de ello, las universidades estatales tuvieron que modificar sus sistemas de ingreso”, explica Fernanda Estevan, docente de la Facultad de Economía, Administración y

Contabilidad (FEA) de la USP, una estu-
diosa de las acciones afirmativas.

En su tesis de libre docencia, que defendiera en 2017, la investigadora analizó los efectos del sistema de bonus en el examen de ingreso creado por la Unicamp en 2005, un impulso innovador para la época tendiente a ampliar la inclusión social y racial en la universidad sin recurrir a cupos. “El programa era interesante y tuvo resultados positivos”, concluyó. El sistema partía de un supuesto, según Estevan poco explorado en el debate público. “Fue elaborado a partir de evidencias estadísticas, según las cuales los postulantes de escuelas públicas cuyas calificaciones en el examen de ingreso no guardaban gran diferencia con respecto a las de los candidatos provenientes de establecimientos educativos privados podían alcanzar un desempeño muy satisfactorio en la universidad, a veces incluso superior al de los egresados de colegios privados. La concesión de un bonus de 40 puntos ayudaría a atraer talentos de la escuela pública a la universidad”.

La investigadora constató que el sistema incrementó en un 30% la probabilidad de que un alumno de la escuela pública ingresara en la Unicamp, más allá de elevar el porcentaje de estudiantes de bajos ingresos. En cuanto a las políticas de bonus, no se observaron efectos colaterales, tales como un eventual desinterés de los beneficiarios por esforzarse para aprobar el examen de admi-

sión. Según Estevan, existen indicios de que el bonus tuvo una influencia positiva en la elección de carreras, promoviendo que los egresados de las escuelas públicas intentaran ser admitidos en las carreras donde se registraba mayor competencia.

Para Estevan, el programa tuvo efectos limitados –el porcentaje de postulantes para rendir el examen de ingreso provenientes de escuelas públicas alcanzó un techo lindante al 35% del total– debido a razones ajenas a su concepción. “En el examen de ingreso de 2005, cuando se lo implementó, aumentó la cantidad de postulantes de escuelas públicas, pero al año siguiente esa cifra se estancó. Hay algunos factores que pueden ayudar a entender este fenómeno, tales como el aumento de vacantes en las universidades federales y la oferta de becas en el sistema privado del programa Universidad para Todos, el Prouni, aunque haría falta estudiar estas hipótesis con mayor profundidad”, explica. El profesor Renato Pedrosa, docente del Instituto de Geociencias de la Unicamp que coordinó el examen de ingreso a la universidad entre 2003 y 2011, señala que desde hace una década, el porcentaje de graduados de la enseñanza media en São Paulo se estancó en un 66%. En Brasil, el promedio es del 55%. “Estimábamos que esa cuota aumentaría, incrementando el número de postulantes de las escuelas públicas que rendirían exámenes de ingreso, así como la cantidad de aprobados. Pero eso no sucedió”.

Hace dos años, la Unicamp realizó una primera modificación para aumentar la inclusión, sin recurrir, no obstante, a la reserva de vacantes. El bonus en la nota del examen de ingreso subió hasta los 120 puntos, y con ello, el porcentaje de ingresantes provenientes de las escuelas públicas llegó a un promedio del 50% del total de la universidad, tanto en 2016 como en 2017, conforme a lo previsto en el Pimesp. Pero esta estrategia tuvo efectos inesperados: en las carreras muy elegidas, tales como medicina y arquitectura, donde la diferencia entre las notas de muchos de los postulantes es exigua, el bonus se transformó en una ventaja considerable para los alumnos de las escuelas públicas, muy superior a aquélla que se espera que proporcione un programa de acción afirmativa. En tanto, en las carreras con poca demanda, el sistema admitió en la universidad a alumnos con un desempeño muy pobre en el examen de ingreso, que luego afrontaron dificultades para sostenerse en la institución. “El bonus exagerado distorsionó los resultados del examen de admisión”, analiza Knobel. Según el rector, el nuevo sistema híbrido de bonus, cupos y examen de ingreso apunta a ser eficiente en cuanto a la inclusión social y racial, y simultáneamente atrae a estudiantes con amplio potencial.

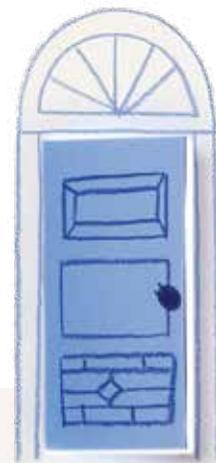
La experiencia acumulada con los cupos y otras acciones afirmativas en el país dispuso los temores de que habría un descenso drástico en el nivel de los

estudiantes y en la calidad de la educación. “Cuando en una carrera hay gran competencia en el examen de ingreso, con más de 50 postulantes por vacante, prácticamente no existe riesgo de que los alumnos que ingresan por cupo no estén a la altura. Como la cantidad de candidatos de alto desempeño siempre es muy elevada, también hay en ese grupo muchos beneficiarios de acciones afirmativas que logran mantenerse en la carrera y llegan a ser buenos profesionales”, dice Renato Pedrosa. El riesgo de los cupos, según el investigador, queda restringido a las carreras de baja demanda, que pueden llegar a recibir alumnos sin condiciones para lograr su permanencia. Para Pedrosa, la idea que sostiene que el examen de ingreso es el único método adecuado para la selección es incorrecta. “Aquel alumno con la mayor nota en dicho examen raramente es el que logra el mejor desempeño a lo largo de la carrera. Podría pensarse en formas de selección que atraigan a la universidad a estudiantes con potencial, incluso aunque presenten alguna deficiencia o no se hayan preparado muy bien para rendir el examen de ingreso”.

La socióloga Rosana Heringer estudia los efectos de la adopción de cupos en la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ), donde se desempeña como docente en la Facultad de Educación, y refuta la idea de que el sistema tuvo un impacto negativo en la calidad educativa.

“Las dificultades para sostenerse en la carrera y reprobar en materias de ciencias exactas pueden ser algo más sintomáticas entre los beneficiarios de cupos, pero también son frecuentes en los casos de todos los estudiantes”, sostiene. “En aquellas carreras donde hay poca competencia al momento de rendir el examen de ingreso siempre habrá problemas. En pedagogía, muchos alumnos muestran dificultades para seguir el ritmo de las lecturas y no han desarrollado habilidades lo suficientemente adecuadas en cuanto a la escritura. En el profesorado en física, resultan comunes los problemas con las materias de cálculo. Estos problemas también aparecen ahora y puntualmente en otras carreras, pero disponemos de las herramientas para afrontarlos”.

Tales herramientas se ajustan a dos vertientes: las que buscan brindar condiciones económicas para la permanencia de los estudiantes, principalmente por medio de becas, y aquéllas que apuntan a las dificultades académicas, bajo la forma



Los límites del autorreconocimiento

Aún existen controversias al respecto de la definición de quién es negro o mulato o pardo y puede beneficiarse de las acciones afirmativas raciales. El caso reciente de un estudiante blanco y rubio que accedió a una vacante en la carrera de medicina de la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG) declarando ser negro reavivó el debate. El muchacho fue denunciado y renunció a la vacante. “Los casos aislados de fraude no pueden servir para la anulación de una política”, remarca João Feres Júnior, docente de ciencia política en la Uerj (Universidad del Estado de Río de

Janeiro), la primera universidad del país que instituyó una política de cupos raciales, en 2002. El investigador, quien coordina el Grupo de Estudios Multidisciplinarios de Acción Afirmativa de la Uerj, defiende disposiciones tales como la exigencia de la presencia del alumno al momento de matricularse o la creación de comisiones evaluadoras para evitar fraudes en el proceso de autodeclaración. El economista Álvaro Alberto Ferreira Mendes Junior, docente de la Universidade Cândido Mendes, estudia el tema en su doctorado en economía en la UFMG y observa que el

sistema de cupos raciales presenta dos problemas principales derivados del criterio subjetivo de su aplicación. “En el caso en que el criterio sea el autorreconocimiento, se abre una puerta para el ingreso de un gran grupo de personas blancas. En caso de que el criterio sea la evaluación por un comité, nos adentramos en un terreno peligroso donde habrá individuos encargados de juzgar el color de la piel de otro. Y eso no garantiza una clasificación justa pues, dependiendo del evaluador, el entrevistado podría ser clasificado como blanco o como negro”, analiza.

La prueba de ingreso unificado a las universidades del estado de São Paulo – Fuvest, en 2016: parte de las vacantes de la USP se disputó mediante examen de ingreso y otra parte mediante el sistema del Sisu



de apoyo pedagógico y psicológico. En Brasil se ha hecho hincapié en la primera de estas vertientes. Rosana Heringer coordina un proyecto tendiente a comparar la situación de Brasil y de Estados Unidos en relación con el ingreso y la permanencia de alumnos negros y mulatos en la educación superior. “En cuanto al acceso a la educación superior, los sistemas de ambos países son muy distintos. El porcentaje de jóvenes de 18 a 24 años en las universidades estadounidenses es tres veces mayor que el de acá. Allí el sistema educativo es mayoritariamente pagado, aunque existen esquemas de pagos escalonados según la renta de la familia, financiación estudiantil y becas otorgadas por entidades filantrópicas. Con todo, el endeudamiento de los alumnos con la financiación estudiantil se transformó en ese país en un problema crónico y gravísimo”, dice.

En cuanto a las políticas de permanencia, las diferencias también son acentuadas. “En Estados Unidos, las universidades se ocupan mucho de promover el éxito académico de los alumnos y se hacen cargo de la oferta de varios tipos de ayuda. En eso, nosotros recién estamos dando los primeros pasos”, afirma. Entre los mecanismos disponibles en las universidades estadounidenses, hay ayudantías, presencia de tutores, y guardias de atención para los estudiantes, entre otros ejemplos.

Una crítica común a las políticas afirmativas es que éstas no generan gran impacto en las causas del acceso restringido de pobres y negros a la universidad pública, que son la mala calidad de la educación básica y la desigualdad social del país. “Estoy a favor de las políticas inclusivas, pero no creo que los cupos sean una solución adecuada”, sostuvo la antropóloga Eunice Ribeiro Durhan, profesora emérita de la USP, en un debate sobre los cupos promovido por la Radio USP en el mes de julio. “Se intenta resolver el problema de la enorme desigualdad social de Brasil por medio de una disposición paliativa. No es por prejuicios que los negros no ingresan a las universidades, sino porque son pobres. El salario constituye el factor más importante en la caracterización del desempeño educativo de la gente. Cuando se crean los cupos, en el fondo, lo que se hace es evitar afrontar ese problema”. La antropóloga fue una de las responsables de un documento sobre acciones afirmativas lanzado en 2013 por la Academia de Ciencias del Estado de São Paulo (Aciesp) y coordinado por el físico José Goldemberg, actual presidente de la FAPESP. En dicho documento se sostiene que es necesaria una reestructuración de la educación básica e inicial para asegurarles una preparación adecuada a los estudiantes, y propone medidas para implementarse a corto plazo, tales como la creación de cursillos preparatorios para el ingreso en

las universidades dedicados a alumnos de escasos recursos, acompañados por un sistema de concesión de becas de estudio.

El profesor José Eduardo Krieger, docente de la Facultad de Medicina de la USP y que presidía la Aciesp al momento de la publicación de dicho estudio, sostiene que existe una incompatibilidad entre el concepto de los cupos y la naturaleza de las universidades que actúan en las fronteras del conocimiento. “En varios países se encuentra en debate la sostenibilidad de las universidades de investigación. Éstas cumplen un rol vital en la formación de líderes y en la generación del conocimiento, pero cuestan muy caras. Fundamentalmente en Europa, se discute al respecto de la necesidad de concentrar recursos en una cantidad acotada de instituciones para que éstas puedan cumplir su función”, dice Krieger. Una universidad de excelencia, puntualiza, depende de su capacidad para lograr atraer a los mejores alumnos independientemente del color de su piel. “Los cupos, aparte de no resolver el problema dramático de la calidad de la educación básica y media, pueden debilitar a las universidades de investigación. En Brasil contamos con pocas: están las tres universidades estatales paulistas y alrededor de una decena de federales. Es necesario luchar contra la desigualdad sin desarticular el esfuerzo de décadas de labor realizada para garantizar la calidad de esas instituciones”, dice Krieger, quien

ALGUNOS HITOS DE LAS POLÍTICAS AFIRMATIVAS EN LAS UNIVERSIDADES DE BRASIL

2003

La Universidad del Estado de Río de Janeiro (Uerj) instituye una reserva de vacantes en su examen de ingreso: un 20% para postulantes provenientes de la red pública, un 20% para negros o indígenas y un 5% para discapacitados. En tanto, en la Universidad Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) se crea una reserva del 10% para indígenas y del 20% para negros

2004

La Universidad de Campinas (Unicamp) lanza un sistema de bonificación de puntos en su examen de ingreso destinado a los alumnos egresados de escuelas públicas y también a los autodeclarados como negros, mulatos e indígenas

2005

Una ley federal crea el programa de becas en instituciones privadas Universidad para Todos (Prouni). Para solicitarlas, los postulantes deben haber sido aprobados en el Enem y demostrar un ingreso familiar mensual per cápita de hasta un salario mínimo y medio para acceder al total de la beca. Existe una reserva de becas para discapacitados y para autorreconocidos como indígenas, pardos o negros

2006

La Universidad de São Paulo (USP) resuelve asignar un bonus del 3% en las notas de sus etapas del examen de ingreso a aquellos postulantes que cursaron toda la enseñanza media en escuelas públicas

2012

El Supremo Tribunal Federal considera válidas las políticas de reserva de vacantes para negros, mulatos e indígenas en las universidades públicas al sostener la constitucionalidad del sistema de cupos adoptado por la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS)

también critica el escaso compromiso de las universidades para detectar a los mejores alumnos. “No se puede depender solamente del examen de ingreso. Hace mucho tiempo que vengo abogando para que la USP atraiga a los medallistas de olimpiadas científicas sin examen de ingreso, tal como hacen las universidades estadounidenses y europeas”.

Para el sociólogo José de Souza Martins, los sistemas adoptados por la USP y la Unicamp difieren de los criterios reguladores de las escuelas superiores de alto nivel. “Las universidades que se precien deben empeñarse en reclutar a las mejores vocaciones, a los cerebros más destacados, sin importar la raza, el color, el origen, el género o la convicción religiosa. Estas universidades no están para hacer caridad, para hacerle justicia a los supuestos damnificados. Existen para reclutar y capacitar a los mejores profesionales”, dice De Souza Martins, profesor emérito de la USP. “Si la sociedad en su conjunto fuese seria, tendría políticas educativas tendientes a capacitar adecuadamente a las nóveles generaciones para las nuevas funciones profesionales de la sociedad moderna antes de que lleguen a la universidad. Brasil no está haciendo eso. Les endosa sus deudas sociales a las uni-

versidades de excelencia, y éstas no están preparadas para resolver este problema”.

Un estudio llevado a cabo por el periódico *Folha de S.Paulo* con base en el desempeño de 252 mil alumnos universitarios en el Examen Nacional de Desempeño de Estudiantes (Enade) entre 2014 y 2016, reveló que en 33 de las 64 carreras de grado, el rendimiento de los beneficiarios de cupos fue similar o superior al de los no beneficiarios. En tanto, en otras 31 carreras, el promedio fue al menos un 5% inferior. Dentro de ese último grupo hay una concentración de carreras ligadas a las ciencias exactas. Este punto vulnerable de las acciones afirmativas, que consiste en la precaria capacitación en matemática entre los egresados de las escuelas públicas, inspiró la investigación de doctorado en educación matemática de Guilherme Henrique Gomes da Silva, concluida en 2016 en la Unesp de Rio Claro. El investigador, actualmente docente de la Universidad Federal de Alfenas (Unifal), en Minas Gerais, se dedicó a estudiar el rol de la educación matemática en las políticas de acciones afirmativas al notar que existía una carencia en la literatura sobre el tema. “Cuando ingresé en la Unifal, en 2012, noté que había un discurso en la comunidad universitaria, muchas veces prejuicioso, en cuanto a

que el índice de reprobación, que de por sí era muy alto en las cátedras de matemática de las carreras de ciencias exactas, aumentaría con el ingreso de beneficiarios de cupos en la red federal”.

Gomes da Silva entrevistó a docentes y estudiantes acogidos a ese beneficio en las universidades federales de São Carlos (UFSCar) y del ABC (UFABC) e identificó las estrategias de mayor ayuda en el campo de la educación matemática para la permanencia de los alumnos en la carrera. “Varios alumnos refirieron que el establecimiento de un vínculo con un docente resultó fundamental para poder superar las dificultades del primer año y proseguir la carrera”, dice el investigador. Uno de los entrevistados le confió su malestar al preguntarle a un profesor de cálculo el significado de un gráfico y escuchar como respuesta que dicho contenido se aprendía en la educación básica. “Ese alumno nunca volvió a hacer una pregunta en el aula”, dice. “Los beneficiarios de cupos son objeto frecuente de microagresiones, que desdeñan su capacidad para mantenerse en carrera en la universidad”. No es casual, según Gomes da Silva, que los alumnos hayan apuntado la importancia de algún esquema de apoyo psicológico. También surtieron efecto positivo la concesión de becas de iniciación

2013

Comienza a aplicarse la Ley de Cupos, que establece una reserva de un 50% de las vacantes en universidades federales para los egresados de la educación pública. La mitad de las vacantes en reserva está destinada a alumnos con ingreso familiar per cápita de hasta un salario mínimo y medio. Contempla cupos para negros, mulatos e indígenas equivalentes al porcentaje de esos grupos en la población de cada estado

2014

Entran en vigencia las metas del Programa de Inclusión por Mérito en la Educación Pública Paulista de Nivel Superior (Pimesp), que establecen en forma progresiva hasta 2018, que el 50% de las vacantes de las universidades del estado se adjudiquen a alumnos egresados de las escuelas públicas y un mínimo de un 35% para negros, mulatos e indígenas. La Unesp crea una reserva de vacantes en su examen de admisión

2017

La USP y la Unicamp deciden incorporar mecanismos de reserva de vacantes para alumnos egresados de escuelas públicas y para negros, mulatos e indígenas entre las formas de ingreso de nuevos estudiantes

Uno de los principales desafíos consiste en asegurar que los alumnos puedan sostenerse económicamente durante la carrera

a la investigación científica, que ayudan económicamente a los alumnos y otorgan un sentido más práctico al aprendizaje, y la conformación de grupos de estudio de alumnos beneficiarios de cupos, que se ayudan mutuamente.

Uno de los desafíos principales de las políticas de acción afirmativa consiste en asegurar que los alumnos puedan mantenerse económicamente durante su carrera. En la UFABC, que adoptó un sistema de cupos a partir de 2006, la mitad de los novatos proviene de escuelas públicas y un tercio de ellos está compuesto por autodeclarados negros, mulatos o indígenas. Dentro del contingente de los egresados de la educación pública, existe una subreserva del 50% de vacantes para postulantes cuyos ingresos per cápita familiares sean de hasta 1,5 salarios mínimos. “Tenemos un uni-

verso de alrededor de 2.500 alumnos de bajos ingresos y tan sólo 500 becas para asignarles”, dice Fernando Mattos, prorector de Extensión y Acciones Afirmativas de la UFABC. La Unesp le disputa al gobierno paulista un resarcimiento por una suma de 16,6 millones de reales que lleva gastados este año en programas de permanencia estudiantil con más de mil becas de ayuda para alquileres y 2.791 de ayuda económica. “Estamos ampliando el acceso de alumnos provenientes de escuelas públicas, pero no contamos con los recursos suficientes como para financiar los nuevos costos”, explica Mário Sérgio Vasconcelos, coordinador de permanencia estudiantil de la Unesp.

Las acciones afirmativas se implementaron en un momento de expansión de las vacantes en las universidades del país. El informe intitulado “Las caras de la desi-

gualdad en Brasil”, de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (Flacso), identificó que el acceso a la educación superior (que incluye a las carreras de grado, maestrías y doctorados) aumentó en toda la sociedad brasileña. Este estudio, elaborado con base en datos recabados por la Investigación Nacional por Muestra de Domicilios (Pnad, por sus siglas en portugués), entre 2002 y 2015, reveló que el contingente de jóvenes negros en las universidades públicas o privadas creció de 400 mil en 2002 a 1,6 millones en 2015.

Una de las críticas recurrentes a las políticas afirmativas indica que, si bien se las propone como soluciones temporales, acaban convirtiéndose en permanentes dado que subsiste la desigualdad que las torna necesarias. Renato Pedrosa, de la Unicamp, recuerda la prohibición de cupos raciales en Estados Unidos por un fallo de la Corte Suprema en 1978: “Las universidades que adoptaban ese tipo de política retornaron a una situación de exclusión similar a la que se vivía antes de dicha experiencia”. No obstante, las instituciones estadounidenses son libres para seleccionar a sus alumnos siguiendo diferentes criterios, tales como el de la diversidad del cuerpo docente o una cierta participación de alumnos de las escuelas públicas de su entorno, principalmente cuando la universidad es pública.

La socióloga Arabela Campos Oliven, docente de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS), actualmente lleva a cabo una investigación en la cual compara las políticas de inclusión de afrodescendientes implementadas en la UFRGS y en la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign. En 1968, durante el auge de la lucha por los derechos civiles en Estados Unidos, esa institución estadounidense lanzó un proyecto para atraer a 500 estudiantes negros, el equivalente a un 5% del total de sus alumnos, que en la época tuvo éxito. Esa iniciativa subsiste hasta hoy, pero ya no logra reclutar a tantos alumnos. “Medio siglo después, hay una presencia calificada de líderes negros en la administración de la universidad, incluso el rector, y hubo un aumento de la cantidad de docentes negros, pero el total de alumnos afroamericanos disminuyó. Mientras que en 1968 ingresaron 565, en 2014 fueron solamente 356”, dice Campos Oliven. ■

La metrópolis y la ciencia

Un estudio en donde se analizan *papers* de autores de 2.000 ciudades del mundo ubica a São Paulo entre las 20 con mayor producción

Bruno de Piero | PUBLICADO EN ENERO DE 2018

Un estudio publicado en agosto en la revista *Journal of Informetrics*, en el cual se analizaron artículos producidos en 2.194 ciudades del mundo durante las últimas tres décadas, detectó un desplazamiento del volumen de la producción científica desde los países desarrollados hacia naciones emergentes. De acuerdo con ese trabajo, tal variación muestra que países tales como China, la India, Irán y Brasil pasaron a ocupar, en términos cuantitativos, puestos destacados dentro de la ciencia global.

Durante el período comprendido entre 1986 y 1995, entre las 15 metrópolis del mundo cuyos investigadores publicaron mayor cantidad de *papers*, predominaban ciudades de Estados Unidos y de Europa. En tanto, entre 2006 y 2015, el grupo de las ciudades con mayor producción científica se diversificó algo más: Pekín, Seúl, Teherán y São Paulo también pasaron a figurar al tope de esa clasificación. “Todo induce a creer que no se trata de

un fenómeno temporal sino de una tendencia consistente”, afirma el autor de la investigación, György Csomós, docente del Departamento de Ingeniería de la Universidad de Debrecen, en Hungría. “El impacto de la investigación científica en esos nuevos polos todavía es inferior al de ciudades de Estados Unidos y de Europa, pero nuestro estudio no consideró las citas”, pondera.

En el estudio se seleccionaron localidades en donde se produjeron al menos mil artículos indexados en la base de datos Scopus, de la editorial Elsevier, entre 1986 y 2015. El profesor Csomós notó que Tokio, en Japón, fue la ciudad más productiva entre 1986 y 2005, con 366.405 artículos publicados. A partir de 2006, la capital china asumió el liderazgo, y en el lapso de una década, los científicos de Pekín publicaron 664.414 artículos (*obsérvese el recuadro*). “La creciente importancia de Pekín ha sido objeto de estudios en los últimos años. El caso chino tiene su reflejo en otras metrópolis emergen-

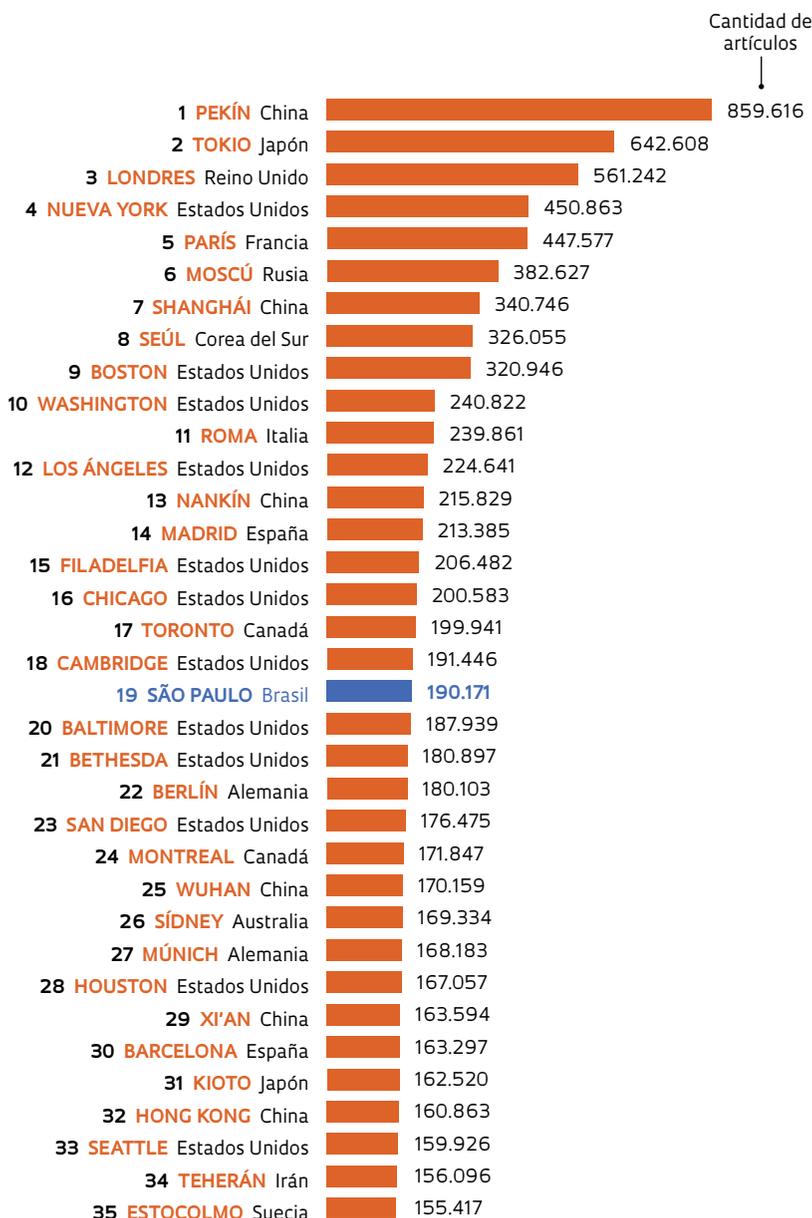
tes”, explica el investigador húngaro. En su opinión, esto constituye una señal indicativa de que la producción científica se está diseminando hacia nuevos polos.

En otro estudio, en este caso publicado en julio por investigadores de Francia y Alemania en la revista *Scientometrics*, se analizó con base en publicaciones indexadas en la base Web of Science la cifra absoluta de citas recibidas según las ciudades en donde trabajaban los autores de *papers*. De los 30 municipios con mayor cantidad de citas en 2007, tan sólo Pekín, Shanghai y Seúl pertenecen a países emergentes. Las restantes se encuentran en Estados Unidos, Japón, Australia, Canadá y en países europeos. No figura ninguna ciudad latinoamericana entre las 30 mejor ubicadas.

Entre los 60 municipios brasileños evaluados por Csomós, São Paulo es el único que figura entre los 100 con mayor producción científica del mundo. La capital paulista ocupa el puesto 19º en ese ranking, con 190.171 artículos publicados

Ranking de productividad

Las 35 ciudades que publicaron mayor cantidad de artículos en revistas indexadas en la base de datos Scopus entre 1986 y 2015



El desplazamiento de la producción

Ciudades con mayor producción de artículos en la base Scopus en dos momentos: de 1986 a 1995 y de 2006 a 2015





Entre 1996 y 2005, Tokio fue la ciudad que produjo más *papers* en todo el mundo

entre 1986 y 2015, ubicándose por delante de Berlín, en Alemania, Montreal, en Canadá, y Kioto, en Japón, por ejemplo. “La relevancia que cobra São Paulo en el estudio puede explicarse porque esta metrópolis concentra buena parte de la ciencia elaborada en Brasil”, opina Renato Garcia, docente en el Instituto de Economía de la Universidad de Campinas (Unicamp). El investigador recuerda que la ciudad alberga dos campus de la Universidad de São Paulo (USP), uno de la Universidade Estadual Paulista (Unesp) y otro de la Universidad Federal de São Paulo (Unifesp), además de instituciones privadas que desarrollan investigaciones científicas como la Pontificia Universidad Católica de São Paulo (PUC-SP) y la Fundación Getulio Vargas (FGV). Tan sólo la USP, cuyo campus principal se encuentra en la capital paulista, concentra el 22% de la producción científica brasileña, según los datos de Web of Science. En un estudio presentado en 2015 por Méric Gertler, el actual rector de la Universidad de Toronto, en Canadá, la Región Metropolitana de São Paulo figuraba en el 4º puesto de una lista de conglomerados urbanos con mayor producción científica.

El estudio de Csomós también menciona en un apartado a las disciplinas más productivas. En el caso de São Paulo, el campo con mayor cantidad de artículos publicados es la medicina. “La capital paulista cuenta con dos de las mejores facultades de medicina del país: la USP y la Unifesp, en las cuales existe un ambiente muy proclive a la investigación”, dice Renato

La relevancia de São Paulo puede explicarse porque concentra buena parte de la ciencia que se elabora en Brasil, dice Garcia

Garcia. El investigador húngaro también evaluó las colaboraciones internacionales. De los 60 municipios brasileños contemplados, 57 tienen como colaboradores más frecuentes a investigadores de Estados Unidos, con las excepciones de Ouro Preto, donde predominan las colaboraciones con Australia, Feira de Santana, con el Reino Unido, e Itajaí, con Italia.

En la primera década contemplada en el estudio, de 1986 a 1995, alrededor del 28% de la producción científica brasileña salió de São Paulo. Ese índice creció hasta un 35% entre 2006 y 2015. En 2011, el informe intitulado “Conocimiento, redes y naciones: La cooperación científica en el siglo XXI”, de la Royal Society, en Londres, ya citaba a la capital paulista

como una de las ciudades prometedoras en cuanto a la ciencia y advertía que China, Brasil y la India iban emergiendo entre las potencias científicas. “Un factor que puede explicar el crecimiento de la producción científica paulistana es el que indica que los investigadores están publicando más artículos en revistas en idioma inglés, cosa que hace que la ciudad aparezca con mayor frecuencia en la base Scopus”, sugiere Csomós.

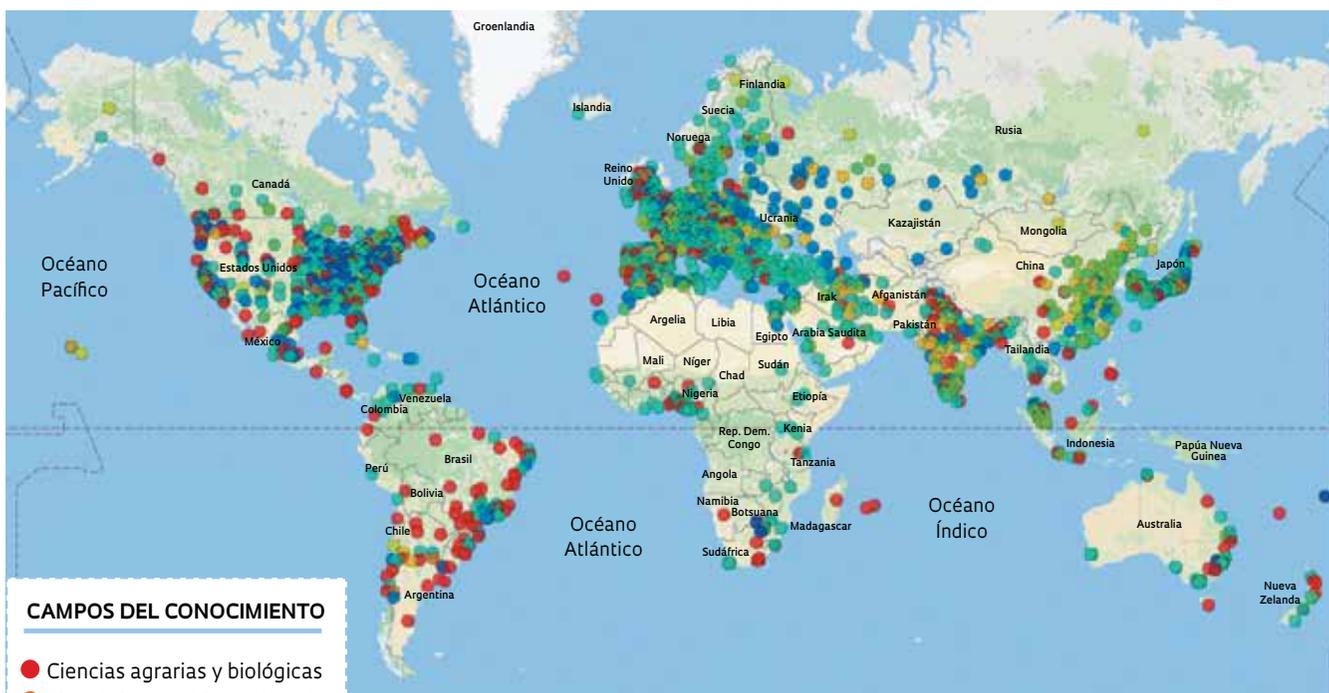
PERIÓDICOS INDEXADOS

El avance de la capital paulista y de otras ciudades de países en desarrollo coincide con la inclusión de una gran cantidad de periódicos científicos de los países emergentes en bases de datos internacionales, tales como Scopus y Web of Science, dice Jacqueline Leta, docente del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ). Esas revistas, mayoritariamente de acceso abierto, canalizaron la difusión de una parte significativa de la producción científica de esas naciones. “Los investigadores que comienzan su carrera, presionados a publicar artículos, recurrieron a esos periódicos y ayudaron a impulsar el desempeño de países como Brasil y China”, destaca.

La investigadora hace hincapié en la originalidad del trabajo de Csomós. Al poner la mira en las ciudades y no en el país como un todo, ofrece una nueva perspectiva a aquellos estudios que analizan los aspectos cuantitativos de la producción del conocimiento”, comenta.

Las vocaciones de las ciudades

Áreas con mayor cantidad de artículos publicados en la base Scopus en cada municipio estudiado entre 1986 y 2015



FUENTE "A SPATIAL SCIENTOMETRIC ANALYSIS OF THE PUBLICATION OUTPUT OF CITIES WORLDWIDE"

CAMPOS DEL CONOCIMIENTO

- Ciencias agrarias y biológicas
- Bioquímica genética y biología molecular
- Química
- Ciencias de la Tierra y planetarias
- Ingenierías
- Medio ambiente
- Ciencias de materiales
- Medicina
- Otras áreas de investigación
- Física y astronomía
- Ciencias sociales

El investigador húngaro explica que al analizar la producción total de un país o de un continente, se pierde la dimensión de la diversidad académica en el ámbito regional. “Las ciudades difieren unas de otras, aunque formen parte de un mismo país. Y gracias a su naturaleza diversa, la producción científica también es peculiar en cada una de ellas”, añade.

Tal diversidad emerge con mayor claridad en los datos al respecto de las colaboraciones. El colaborador principal de las ciudades que se encuentran en el sector occidental de Suiza, tales como Ginebra, Lausana y Neuchâtel, es Francia. En tanto, las ciudades ubicadas hacia el norte del país, como en los casos

de Zúrich, Basilea y Berna, colaboran mayormente con Alemania. En las que están localizadas cerca de la frontera italiana, por ejemplo, Bellinzona y Lugano, la cooperación más intensa se da con Italia. “Esto no aparece cuando se analiza la colaboración internacional de Suiza como país, en general”, dice Csomós.

Lo gigantesco de las metrópolis de los países emergentes constituye uno de los factores que ayudan a explicar su ascenso en la producción científica global. Estas ciudades, sostiene el investigador, generalmente ostentan tamaños y poblaciones mucho mayores que las que pueden encontrarse en los países desarrollados. Tal es el caso de Boston, por ejemplo, en Estados Unidos, que es uno de los principales polos de ciencia y tecnología del mundo, pero cuenta con 673 mil habitantes y una superficie de 232 kilómetros cuadrados (km²), una escala que no puede compararse con la de Pekín, cuyos 21,7 millones de habitantes se distribuyen en un área de 16 mil km². “En este caso, deberíamos comparar a Pekín con el Gran Boston”, sugiere Csomós, en referencia al área metropolitana de esta última ciudad, en donde viven 8,2 millones de personas en un territorio de 25 mil km².

Para Renato Garcia, el trabajo del investigador húngaro ayuda a identificar aquellas localidades con mayor aptitud para lo que se acordó denominar como ‘efecto de derrame del conocimiento’ [*knowledge spillover*], cuando empresas y otros sectores de la sociedad logran acceder al conocimiento científico y tecnológico producido en institutos de investigación y universidades. “Las ciudades que ostentan alta producción científica probablemente logran transferir más conocimiento al conjunto de la sociedad”, dice Garcia. No obstante, el investigador admite que el mero conocimiento de la cifra de artículos publicados en cada sitio no resulta suficiente para medir el potencial del mencionado derrame del conocimiento: “También son necesarios estudios acerca del impacto de la investigación científica en el sector privado y la colaboración entre universidades y empresas en las metrópolis”. ■

Artículos científicos

- CSOMÓS, G. A spatial scientometric analysis of the publication output of cities worldwide. *Journal of Informetrics*. Online. ago. 2017
- MAISONOBE, M. et al. The global geography of scientific visibility: A deconcentration process (1999-2011). *Scientometrics*. Online. jun. 2017.

Cultura primate





La transmisión de las prácticas de uso de herramientas entre los monos capuchinos ayuda a repensar el rol de las tradiciones en la evolución

Maria Guimarães

PUBLICADO EN SEPTIEMBRE DE 2017

Levantando una piedra por encima de su cabeza, el joven Porthos golpea vigorosamente el suelo arenoso y trata de abrir un pozo. Su objetivo: una araña, que pronto logra desenterrar y restriega entre las manos para atontarla y acto seguido comérsela. Prothos es un mono capuchino de la especie *Sapajus libidinosus*, que habita en el Parque Nacional Serra da Capivara, en el estado brasileño de Piauí, objeto de estudio de científicos del Instituto de Psicología de la Universidad de São Paulo (IP-USP). El biólogo Tiago Falótico ha caracterizado el uso de herramientas entre los animales de esta especie y reveló, en un artículo publicado en julio en la revista *Scientific Reports*, que la actitud del joven macho presupone conocimiento, aprendizaje y transmisión de prácticas culturales –o tradiciones, tal como algunos prefieren denominarlas cuando los sujetos no son humanos– dentro de grupos sociales. Esta investigación se enmarca en un cuerpo teórico que apunta a entrelazar biología, ciencias sociales y humanas y recientemente redundó en la creación de la Sociedad de Evolución Cultural. Su asam-

blea inaugural acaba de llevarse a cabo en Alemania, del 13 al 15 de septiembre.

Por el momento, el uso de piedras como herramientas para cavar sólo fue documentado en esa población. Especialmente cuando se trata de desenterrar arañas, se requiere experiencia. El estudio, resultado de observaciones realizadas durante el doctorado de Falótico, concluido en 2011 bajo la dirección de tesis del biólogo Eduardo Ottoni, muestra que casi un 60% de los monos adultos y jóvenes (como en el caso de Porthos) tiene éxito en esa tarea. Por otra parte, los monos juveniles (equivalentes a los niños humanos), sólo lo logran en poco más del 30% de los casos. Eso sucede porque es preciso reconocer el revestimiento de seda que obtura la cueva del arácnido, señal de que su ocupante se encuentra dentro. “A veces, los novatos excavan en una madriguera que recientemente fue abierta por otro congénere”, relata Falótico. Ciertos tubérculos, que se asemejan a las papas, de la planta conocida en Brasil como *farinha-seca* (*Thiloa glaucocarpa*) también son desenterrados con mayor eficiencia por los adultos de la especie. En tanto, las raíces

El uso de piedras para romper frutos resulta bastante común entre los ejemplares de esta especie

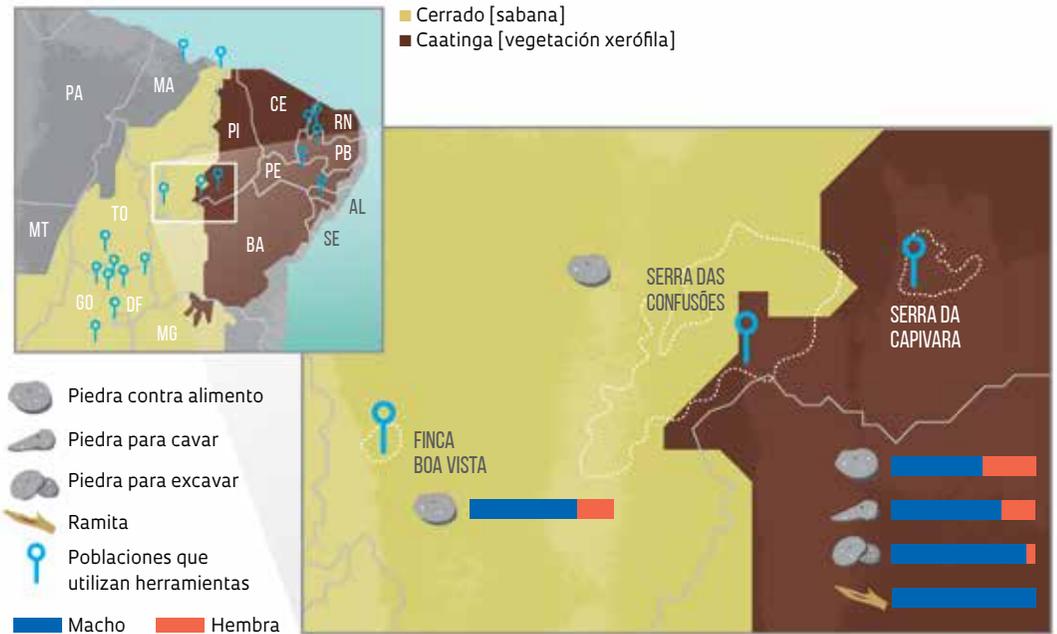
FOTOS TIAGO FALÓTICO / USP

REPLETOS DE RECURSOS

Monos del estado de Piauí revelan variantes en el uso de herramientas

Grupos de la finca Boa Vista y del Parque Nacional de Serra da Capivara permiten relacionar comportamientos innovadores con aspectos ecológicos; en Serra das Confusões los estudios recién comienzan

FUENTE TIAGO FALÓTICO/USP



INFOGRAFÍA ANA PAULA CAMPOS ILLUSTRACIÓN FÁBIO OTTUBO

de laurel (*Ocotea*), otro de los alimentos de estos primates, pese a requerir el uso de piedras de mayor tamaño, no parecen presentar un reto especial para los aprendices. Los monos *Sapajus* de ambos sexos se mostraron igualmente capaces de excavar munidos con piedras, con un porcentaje de éxito similar, aunque ellos parecen tener mayor interés en esa actividad: de las 1.702 observaciones efectuadas, el 77% involucraba a machos y tan sólo un 23% a hembras.

“Esperábamos detectar una correlación entre el uso de herramientas y la escasez de alimentos, pero no fue eso lo que observamos”, relata Falótico. Si los monos de Serra da Capivara encuentran algo comestible que requiera el uso de herramientas, recurren a ellas. Su modo de vida, en el cual se pasan la mitad del tiempo en el suelo rodeados de piedras y pequeñas ramas, parece ser propicio para el desarrollo de habilidades. Pero no se trata tan sólo de eso. Si bien no hay diferencia entre los sexos en cuanto a los hábitos alimenticios, las hembras nunca utilizan ramitas, que sus compañeros sí emplean para sacar lagartos de las hendiduras y extraer insectos de troncos, por ejemplo. La diferencia tan sólo radica en el interés, en apariencia. “Cuando un macho ve a otro utilizando una varilla, lo observa atentamente; si es el caso de una

hembra, aunque esté al lado del que está usando una herramienta, no se interesa y mira hacia otro lado”.

Los primates de la misma especie que habitan en la finca Boa Vista, en Gilbués, situada a unos 300 kilómetros (km) hacia el sudoeste, poseen tradiciones distintas en el uso de herramientas. Allí, en un área con mayor influencia del Cerrado [sabana] que de la Caatinga [matorral xerófilo], las piedras son menos abundantes, pero necesarias (y utilizadas) para romper cocos. Ramitas hay por todas

partes, pero no se utilizan. Esa disociación cultural entre grupos de monos se estudió en el marco de un experimento elaborado por el psicólogo Raphael Moura Cardoso durante el desarrollo de su tesis doctoral, bajo la dirección de Eduardo Ottoni y posteriormente relatada en un artículo publicado en la revista *Biology Letters* en 2016. Ellos dispusieron –tanto en la estancia Boa Vista como en Serra da Capivara– cajas de acrílico repletas de melaza de caña de azúcar. El único modo de extraer la



Jóvenes aprendices intentan sacar provecho de una excavación efectuada por una hembra

FOTOS TIAGO FALÓTICO / USP

En Serra da Capivara, ramitas que sirven para encontrar alimento

golosina era mediante una abertura en la parte superior con un ancho apenas suficiente para introducir ramitas. “En Serra da Capivara, un macho inmediatamente golpeó la caja con una piedra”, recuerda Ottoni, quien precavido, había ideado ese artilugio “a prueba de monos capuchinos”. “Como eso no surtió ningún efecto, el mono largó la piedra, se rascó la cabeza y tomó una ramita”. Él bromea con el hecho de que ni siquiera tuvo que editar el video para mostrarlo en un congreso, ya que fue una acción continua e inmediata. Durante los cinco días que dejó expuesta la caja, 10 de los 14 machos emplearon varillas inmediatamente en su primer encuentro y tan sólo los tres más jóvenes no lo lograron. Los restantes tuvieron un 90% de éxito en esa labor. Las hembras no lo intentaron, al igual que los monos de la finca Boa Vista. Allí, los investigadores incluso intentaron ayudarlos: luego de seis horas librados a esa tarea, los primates se topaban con una ramilla inserta en



la ranura. Si bien la sacaban y lamían la melaza adherida al extremo, ninguno de ellos volvió a introducir la herramienta en la caja en el curso de los 13 días que duró el experimento. Lo sorprendente fue que los monos de Boa Vista, eximios partidores de cocos, no intentaran romper la caja. “Yo lo esperaba de ellos, no de los otros”, dice Ottoni.

APRENDIZAJE SOCIAL

Los resultados, sorprendentes, pueden apuntalar la importancia de la transmisión de las tradiciones entre los primates. La portada de la edición del 25 de julio de este año de la revista *PNAS* contiene justamente la foto de un mono capuchino de la finca Boa Vista comiendo una castaña que logró romper

CON LAS HORMONAS AL MANDO

Entre los mamíferos, el cuidado de las crías está ligado a la hormona oxitocina. El grupo que lidera Maria Cátira Bortolini, de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul, describió hace pocos años las variaciones en la molécula de oxitocina en aquellas especies de primates en las cuales se observan buenos padres. Ensayos farmacológicos efectuados en el laboratorio del bioquímico Claudio Costa-Neto, de la Facultad de Medicina de Ribeirão Preto de la USP, dilucidaron ahora el recorrido de la oxitocina en el interior de las células y verificaron que los receptores de las formas alteradas se encuentran más expuestos en las membranas de las células, de manera

tal que el sistema no se desensibiliza. “Es como si el mono recibiese constantemente la indicación ‘tengo que cuidar a las crías’”, explica Cátira Bortolini. Esto resulta crucial para la supervivencia de los titíes, entre los cuales es común que tengan crías gemelas, por ejemplo.

Este resultado figura en un artículo publicado en agosto en la revista *PNAS*, que también describe el resultado de la aplicación de esas oxitocinas en ratas por medio de inhalaciones, en un experimento llevado a cabo en colaboración con el fisiólogo Aldo Lucion, de la UFRGS. Las hembras lactantes, atiborradas de oxitocina, poco alteraron su comportamiento. Pero los machos tratados con la hormona alteraron radicalmente su hábito de ignorar a las crías y corrieron a husmearlas, una reacción que fue tres veces más rápida con la oxitocina de tití.

Los cébidos, una familia de primates platirrinos que incluye a los monos capuchinos (*Sapajus*), también disponen de un tipo de oxitocina que incrementa la propensión a la paternidad activa. Los grupos de Cátira Bortolini y Ottoni iniciaron recientemente una colaboración para el estudio de las características genéticas en machos más y menos protectores. “Ya hemos logrado extraer material genético de muestras de excrementos y estamos seleccionando los genes proclives a ser rastreados”, relata la investigadora, fascinada con la tolerancia de los machos y las habilidades cognitivas de los primates del estado de Piauí. “La capacidad de innovar, por un lado, y la de sentarse a observar, por otro, son necesarias para el desarrollo y la transmisión de rasgos culturales adaptativos y ciertamente existe un patrón genético subyacente”.

LAS TEORÍAS QUE SUBYACEN A LA EVOLUCIÓN Y A LA CULTURA

La percepción de mecanismos de integración entre organismo y comportamiento avanza con el conocimiento



con ayuda de una gran piedra redonda, visto de cerca por un ejemplar más joven. La imagen anuncia una compliación especial sobre cómo la cultura se conecta con la biología, de la cual forma parte un artículo del grupo liderado por las primatólogas Patrícia Izar, del IP-USP, Dorothy Fragaszy, de la Universidad de Georgia, en Estados Unidos, y Elisabetta Visalberghi, del Instituto de Ciencias y Tecnologías Cognitivas, en Italia, sobre los monos de la finca Boa Vista, a los que estudian de manera sistemática desde 2006. Entre las observaciones reunidas a lo largo de ese tiempo, llama la atención la tolerancia de los adultos en relación con los jóvenes aprendices que observan de cerca e incluso se comen pedazos de los cocos partidos. “Los adultos compiten por los recursos y los jóvenes pueden quedarse cerca”, relata Patrícia Izar. Los análisis publicados en el artículo reciente revelan mucho más que esa proximidad: los partidores de cocos influyen en la actividad de los otros, especialmente en los jóvenes, que también empiezan a manipular guijarros y cocos. Eso dura algunos minutos. “La tradición canaliza la actividad hacia el mismo tipo de acción importante para esta tradición”, define.

Izar resalta que los monos nacen en ese contexto. “Muchas veces vemos crías sobre la espalda de las madres mientras ellas se dedican a esa tarea”, relata. Con ese aprendizaje continuo, acaban convirtiéndose en expertos en esa tarea. Pero no basta con observar, y de allí la importancia de que las crías sean atraídas por

la actividad de los adultos, principalmente de aquéllos más eficaces. “El éxito pasa por la percepción de la tarea y las propiedades de la herramienta”, precisa, describiendo un complejo cuerpo-herramienta donde constantemente se requiere ajustar fuerza, gestos y postura. Cuando rompen frutos de la palmera *tucum* [*Astrocaryum vulgare*], un coquito menos resistente, los monos adecuan la fuerza de los golpes luego de oír el sonido de la cáscara al romperse, reveló el grupo en

un artículo publicado el año pasado en la revista *Animal Behaviour*. Para cocos más difíciles, ellos elijen piedras que pueden llegar a ser más pesadas que su propio cuerpo. Y la selección de la piedra es criteriosa, según mostró un experimento en el que Izar y su grupo aportaron piedras artificiales de diverso tamaño, peso y densidad. Las piedras grandes inmediatamente llamaban la atención de los primates, pero si eran poco densas –más livianas de lo que



El uso de piedras para excavar sólo fue descrito en Serra da Capivara



Tolerancia: macho adulto de la finca Boa Vista come una castaña partida mientras un joven lo observa de cerca

aparentaban— las abandonaban. “Ellos perciben que el peso es importante para partir frutos”, dice Patricia Izar.

Esas sociedades primates alteran el ambiente. Los monos escogen piedras o troncos aplanados como base para romper cocos, y llevan hacia allí las escasas piedras grandes y duras que encuentran en su hábitat. Esa conformación resulta importante no sólo también por crear talleres de cascado, sino también por canalizar la posibilidad de aprendizaje, ya que todos saben dónde se realiza esa actividad y pueden observarla. “No tiene sentido pensar en una maduración motriz independiente del contexto social, alimentario”, dice la bióloga Briseida Resende, también del IP-USP y coautora del artículo de la *PNAS*. El desarrollo individual depende de las experiencias de cada uno, de sus capacidades físicas y del patrimonio cultural acumulado por el grupo, en el cual la creación de una innovación puede difundirse, perpetuarse y pasar a formar parte de la cultura preservada por generaciones. Resende sostiene que individuo y sociedad son indisolubles, aunque históricamente se los haya considerado entidades distintas.

UNA TEORÍA REVISADA

La confluencia de la evolución cultural y la biológica es, justamente, el foco de la síntesis extendida, ahora cimentada a partir de la fundación, en 2016,

de la Sociedad de Evolución Cultural, siendo su primer presidente el zoólogo Peter Richerson, de la Universidad de California en Davis, cuyo grupo otorga preeminencia a la estadística. Este enfoque conjunto amplía el panorama evolutivo, puesto que la transmisión de ideas o innovaciones no ocurre exclusivamente entre padres e hijos y puede aportar ventajas selectivas favoreciendo las capacidades cognitivas y sociales relevantes. También considera que la cultura podría influir sobre aspectos físicos, tales como la conformación y el tamaño del cerebro, o en el desarrollo de habilidades que, a su vez, consolidan el comportamiento. Los genes y la cultura, dos vías de transmisión de la información, se interrelacionan por lo tanto en una vía de doble mano.

La oportunidad de observar el surgimiento y la difusión de comportamientos es rara, y por eso, los abordajes experimentales que provocan innovaciones configuran un importante agregado a los comportamientos diversos de los monos capuchinos de Piauí. Herramientas estadísticas recientes podrían colaborar para una profundización de dicha comprensión, como es el caso del Análisis de Difusión Basado en Redes (*Network-Based Diffusion Analysis*) que el grupo de Ottoni está empezando a utilizar. “El programa elabora una red social aleatoria y la compara con la rea-

lidad”, explica el investigador, quien confiere mayor solidez a los análisis insertándoles características medidas entre los sujetos en cuestión. En el mes de agosto de 2016, en el marco del congreso de la Sociedad de Primatología Internacional, celebrado en Chicago, Ottoni presentó los resultados del experimento realizado por la bióloga Camila Coelho durante su doctorado, que él dirigiera, en el marco de una pasantía en

la Universidad de Durham, en el Reino Unido, para aprender el método. Los resultados indican que, en el caso de los *Sapajus*, el aprendizaje social contempla la difusión de información en la especie.

Hasta hace medio siglo, el uso de herramientas se consideraba una prerrogativa humana. Al estudiar a los chimpancés de Tanzania, la inglesa Jane Goodall derrumbó esa exclusividad y, de cierto modo, promovió una redefinición de las fronteras entre humanos y animales. Se ha descubierto mucho desde entonces, pero hablar de cultura animal aún encierra cierto malestar. Aunque tal vez no por mucho tiempo más. ■

Projetos

1. Uso de herramientas por monos capuchinos (*Sapajus libidinosus*) salvajes: Ecología, aprendizaje social y tradiciones conductuales (n° 14/ 04818-0); Modalidad Proyecto Temático; Investigador responsable Eduardo Benedicto Ottoni (USP); Inversión R\$ 609.276,69.
2. Variabilidad del comportamiento social entre monos capuchinos (género *Cebus*): Análisis comparativo entre poblaciones para el estudio de correspondencias fisiológicas (n° 08/ 55684-3); Modalidad Ayuda a la Investigación – Regular; Investigadora responsable Patricia Izar (USP); Inversión R\$ 186.187,33.
3. Desarrollo de nuevos ligandos/ drogas con acción agonística selectiva (*biased agonism*) para receptores de los sistemas renina-angiotensina y calcitréinas-cininas: Nuevas propiedades y nuevas aplicaciones biotecnológicas (n° 12/ 20148-0); Modalidad Proyecto Temático; Investigador responsable Claudio Miguel da Costa Neto (USP); Inversión R\$ 3.169.674,21.

Los artículos citados figuran en la versión *online* de este informe



El lenguaje químico de los insectos



En el interior de las colonias, las abejas y las hormigas se reconocen y se organizan mediante compuestos que recubren sus cuerpos

De qué manera se reconocen, se organizan y se reparten las tareas en la completa oscuridad de sus colonias los insectos sociales, las abejas, las avispas, las hormigas y las termitas? En 2003, mientras planificaba su investigación posdoctoral en la Facultad de Filosofía, Ciencias y Letras de Ribeirão Preto, de la Universidad de São Paulo (FFCLRP-USP), el biólogo Fábio Santos do Nascimento verificó que los análisis genéticos y los estudios de comportamiento no ofrecían una respuesta satisfactoria a esta pregunta. En busca de alternativas, comenzó entonces a estudiar un grupo de compuestos químicos que elaboran los insectos, los hidrocarburos cuticulares (HCCs), que también llamaban la atención a otros grupos de investigadores de Estados Unidos y de Europa. Santos do Nascimento y el químico Norberto Peporine Lopes, docente de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas de Ribeirão Preto (FCFRP) de la USP, se percataron de que los HCCs indican si una abeja, avispa, hormiga o termita es macho o hembra, obrera o reina. Cada ejemplar, cada especie y cada colonia exhiben variaciones sutiles en la composición de los HCCs que las diferencian. Estos compuestos también se muestran fundamentales para el reparto de tareas entre las castas y la cohesión de las colonias.

Al liberar HCCs, las reinas indican que están fértiles e inhiben el ímpetu reproductivo de las obreras, según apunta un estudio del grupo de la USP publicado en junio de 2017 en la revista *Nature Ecology & Evolution*. “La señal química inducida por las reinas es lo que mantiene a las obreras abocadas a la limpieza y el resguardo del nido o a la búsqueda de alimentos”, relata Santos do Nascimento, contratado en 2009 como docente de la FFCLRP. Los equipos de Ribeirão Preto también constataron que las reinas de las abejas de la especie *Melipona scutellaris* diseminan HCCs sobre los compartimentos donde depositan sus huevos, señalándoles así a las obreras que no deben acordiar allí.

Los HCCs se producen en glándulas subcutáneas y forman la cera amarillenta que recubre el exoesqueleto de los insectos. Son sustancias formadas tan sólo por átomos de carbono e hidrógeno ordenados

En las colonias de abejas sin aguijón de la especie *Tetragonula carbonaria*, las reinas avisan si están fértiles por medio de los hidrocarburos cuticulares, que también ponen freno al afán reproductivo de las obreras

en largas estructuras lineales con uniones simples o dobles entre los carbonos. “La disposición de las uniones dobles entre los átomos de carbono varía según la especie o el género de los insectos”, dice Peporine Lopes. “Y la variación en las estructuras de esas moléculas permite el reconocimiento de los miembros de la misma colmena y posibilita la comunicación entre ellos”. En 2003, cuando comenzó a trabajar con Santos, sus dispositivos de análisis químico caracterizaban hidrocarburos formados hasta por 40 átomos de carbono, pero ahora, una técnica nueva de espectrometría de masas adoptada en su laboratorio permite la identificación de compuestos con cadenas aún más largas, de hasta 60 carbonos, que también se mostraron diferentes entre machos y hembras y entre reinas y obreras.

UN CONTACTO REVELADOR

Esta forma de comunicación depende del contacto físico entre los insectos. Una hormiga, por ejemplo, reconocerá que otra hormiga es de su misma especie o de su misma colonia al tocar su cuerpo –fundamentalmente la cabeza– con sus antenas, dotadas de poros o receptores apropiados para la identificación de los HCCs. Por este motivo es que a los más de mil HCCs identificados se los denomina feromonas superficiales o de contacto. Esta clasificación los diferencia de las feromonas sexuales, que las hembras liberan en el aire cuando se encuentran aptas para procrear.

“En las colmenas, los insectos sociales se comunican fundamentalmente a través de señales químicas”, informa Peporine Lopes. “Fuera de la colonia, la primera forma de comunicación entre

las especies es visual. Si un insecto de la misma especie o de otra intenta invadir el hormiguero, las hormigas lo identificarán como enemigo y lo atacarán de inmediato”. Cuando hay luz, las avispas de la especie *Polistes satan* también se reconocen entre sí valiéndose de rasgos peculiares en su fisonomía, según indica un estudio efectuado por la bióloga Ivelize Cunha Tannure-Nascimento, de la USP de Ribeirão Preto publicado en 2008 en la revista *Proceedings of the Royal Society B*.

Dos días después de emerger de los huevos, las avispas ya producen el HCC característico de la colonia, a causa del contacto con los otros integrantes del grupo. La composición de esas sustancias puede cambiar en respuesta a variantes en la dieta, por ejemplo. Bajo la dirección de Santos do Nascimento, el biólogo Lohan Valadares dividió una colonia de hormigas del género *Atta* en dos grupos y alimentó a uno con hojas y pétalos de rosa y al otro con hojas de la planta conocida como árbol de Júpiter o reina de las flores (*Lagerstroemia sp.*), una especie con flores rosadas común en el arbolado urbano. Luego colocó hormigas de un grupo en el otro. Las recién llegadas eran recibidas con hostilidad. Los análisis indicaron que el olor de las hormigas



1 Una red de canales, los vasos (abajo en detalle), contribuye para lograr el tono azul de las alas de la *Zenithoptera lanei*

Las alas vivas de una libélula

La libélula de la especie *Zenithoptera lanei*, que habita en el Cerrado, la sabana brasileña, y se la conoce como *morpho*, por su semejanza con un género de mariposas así llamadas, predominantemente azules, podría ser el primer caso de un insecto adulto cuyas alas están constituidas por tejido vivo, y no muerto, como se creía hasta ahora.

El biólogo Rhainer Guillermo Ferreira, docente de la Universidad Federal de São Carlos (UFSCar), identificó con base en imágenes tomadas por microscopía electrónica una

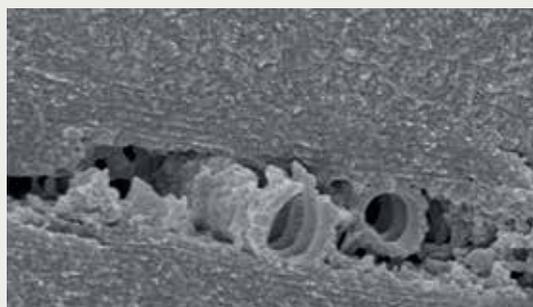
red de canales –las tráqueas –entre las membranas de las alas de una coloración azul intensa de esa especie.

Tal como lo describe en un artículo que publicó en septiembre de 2017 en la revista *Biology Letters*, dichos vasos tienen un diámetro que varía entre 3 y 200 nanómetros y abastecerían de oxígeno a las células que producen una cera espesa que recubre las alas. Según Ferreira, la cera reflejaría la radiación ultravioleta, algo que simultáneamente acentúa el color azul de las alas y protege al insecto contra el exceso

de luz solar. “Una de las señales que indican que las células de las alas están vivas es que ese azul pierde rápidamente su brillo una vez que la libélula muere”, dice.

La red de tráqueas también contribuiría al sostén de las

alas y en el control de la temperatura de estos insectos. “Por ahora, esta especie es la única en la que se ha detectado este tipo de estructura”, afirma. “Examinamos a otras 40 especies de libélulas y no hallamos nada parecido”.



2



3

había cambiado luego de la alteración de la dieta. “Como el perfil químico de los hidrocarburos cuticulares se modificó, las hormigas que formaban parte de una misma colonia dejaron de reconocerse”, relata Santos do Nascimento.

La habilidad para producir estos compuestos habría surgido incluso antes de que los insectos comenzaran a vivir en colonias, hace alrededor de 100 millones de años. Los biólogos Ricarda Kather y Stephen Martin, de la Universidad de Salford-Manchester, en Inglaterra, analizaron el perfil químico de los HCCs de 241 especies de insectos, incluidas 164 de hábitos sociales, del orden de los himenópteros, el mayor dentro de ese grupo, con 130 mil especies. Tal como se describe en un estudio de 2015 en la revista *Journal of Chemical Ecology*, las especies solitarias presentan un perfil de HCCs tan complejo como las sociales.

Otro grupo de investigadores de Inglaterra indicó que las antenas –al menos las de las hormigas de la especie *Iridomyrmex purpureus*– no sólo reconocían, sino que también transmitían señales químicas, ampliando de este modo la conclusión a la que arribó el psiquiatra y entomólogo suizo Auguste-Henri Forel (1848-1931). Al final del siglo XIX, Forel reveló que las antenas funcionaban como órganos capaces de captar señales químicas al extirpárselas a ejemplares de cuatro especies de hormigas, observando que los insectos se desorientaban y se amontonaban, independientemente de la especie.

La hormiga de la especie *Dinoponera australis* reconoce, por medio de compuestos químicos captados por sus antenas, si otro ejemplar de la misma especie es macho o hembra

HORMIGAS SIN BRÚJULA

Análogamente, sin HCCs, los insectos se desorientan y la organización social se resquebraja. En el laboratorio del comportamiento y evolución de la Universidad Rockefeller, en Estados Unidos, el equipo del biólogo Daniel Kronauer desactivó el gen *orco*, encargado de la producción de receptores de los HCCs, en hormigas de la especie *Ooceraea biroi*, originaria de Japón. Ni bien salían de su fase larvaria y se tornaban adultas, las hormigas alteradas genéticamente mostraban de inmediato un comportamiento infrecuente para la especie: ya no se desplazaban en fila, sino que se movían sin dirección, al azar, tal como lo describe un artículo publicado en diciembre de 2016 en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*. Los investigadores también observaron cambios en las estructuras cerebrales de las hormigas, un indicador de que los insectos precisarían los receptores odoríferos para que el cerebro se desarrolle correctamente.

Los HCCs explican ciertos comportamientos enigmáticos de los insectos

sociales, y no sólo el hecho de que vivan tocándose con las antenas. Cuando se ensucian o al salir del agua, las hormigas se limpian o se secan con las patas como un modo de recuperar la capa de hidrocarburos que recubre su cuerpo. De otra manera, los guardianes de la colonia no las reconocerían y no las dejarían entrar”, explica a modo de ejemplo Santos do Nascimento. Otro de los misterios resueltos es el que se refiere al hecho de que las obreras de la especie de abejas *Melipona scutellaris* decapitan a las reinas vírgenes de siete días, cuando podrían atraer a los zánganos interesados en la cópula. Al tocar el cuerpo –principalmente la cabeza– de las reinas vírgenes, las obreras perciben que el HCC de éstas es diferente al de las reinas fecundadas. La percepción de esa diferencia las induce a la matanza, según concluyó el biólogo Edmilson Souza, docente en la Universidad Federal de Viçosa, en el estado de Minas Gerais. La colmena no sufriría grandes daños porque las reinas de las colonias de abejas sin aguijón, tal como es el caso de la abeja popularmente conocida en Brasil como *uruçu* (*M. scutellaris*) producen con frecuencia huevos que originan reinas.

Al unificar biología y química, estos estudios están complementando los trabajos sobre la genética de las abejas que iniciara el genetista paulista Warwick Kerr en la década de 1950, y los de biología del comportamiento de los insectos sociales, con la bióloga Vera Imperatriz Fonseca, a partir de la década de 1970, y exigen de los investigadores un enfoque multidisciplinario. “Acá en el laboratorio”, relata Santos do Nascimento, “cada alumno es un investigador, incluso los biólogos deben en parte actuar como químicos: deben aprender a usar el cromatógrafo y a interpretar los resultados que produjeron”. ■

Proyectos

1. Análisis de los mecanismos exógenos y endógenos que influyen en la variabilidad de los hidrocarburos cuticulares en insectos sociales neotropicales (nº 15/ 25301-9); Modalidad Ayuda a la Investigación –Regular; Investigador responsable Fábio Santos do Nascimento; Inversión R\$ 191.870,92.
2. Metabolismo y distribución de xenobióticos naturales y sintéticos: De la comprensión de los procesos reactivos a la generación de imágenes de tejidos (nº 14/ 50265-3); Modalidad Proyecto Temático; Investigador responsable Norberto Peporine Lopes; Inversión R\$ 1.137.805,87.

Los artículos científicos consultados para este informe figuran en una lista en la versión [online](#).

The rocks that remained

An alternative model suggests that the asteroid belt originated from leftovers from the formation of the planets in the solar system

Marcos Pivetta

PUBLISHED IN OCTOBER 2017

Billions of irregularly shaped masses, most of which are the size of a stone but a few are hundreds of kilometers in diameter, revolve around the Sun in the region between the orbits of Mars (the last of the four rocky planets) and Jupiter, which is the largest planet in our system. This group of orbiting rocks composes what is conventionally known as the asteroid belt. The origin of this agglomeration of asteroids is a mystery; however, it is widely accepted that there was much more of this material in this region in the early days of the solar system and that 99% of it was expelled for some reason. Astrophysicists André Izidoro of the Orbital Dynamics and Planetology Group at São Paulo State University's Guaratinguetá campus and Sean Raymond of the University of Bordeaux in France proposed a new model that is based on computational simulations to explain the origin

of the asteroid belt and is in sharp contrast with more traditional ideas. In the September 13 issue of *Science Advances*, these astrophysicists published an article that contained the details of their alternative model.

According to Izidoro and Raymond, the region where the belt is located today had been a large void when the solar system was born approximately 4.5 billion years ago, rather than a place where matter was concentrated, as other better-known models have maintained. In this model, the current configuration of the belt is not the result of enormous losses of matter throughout the history of the system but rather a modest gain in matter. "The most external portion of the asteroid belt originated as a byproduct of the formation of the solid nucleus of the gas giant planets, namely, Jupiter and Saturn," explains Izidoro. "And the innermost part emerged from the residues of planetary embryos that were the origins of the terrestrial planets, namely, Mercury, Venus, Earth and Mars." According to this hypothesis, agglomerations of materials that were not part of the composition of the gaseous or the terrestrial planets, particularly Jupiter and Mars, were expelled to the area where the solar system would arise, which at that time was empty due to gravitational interactions and the dragging action of gas that was present in space. This phenomenon led to the asteroid belt. This area, which is filled with stones of various

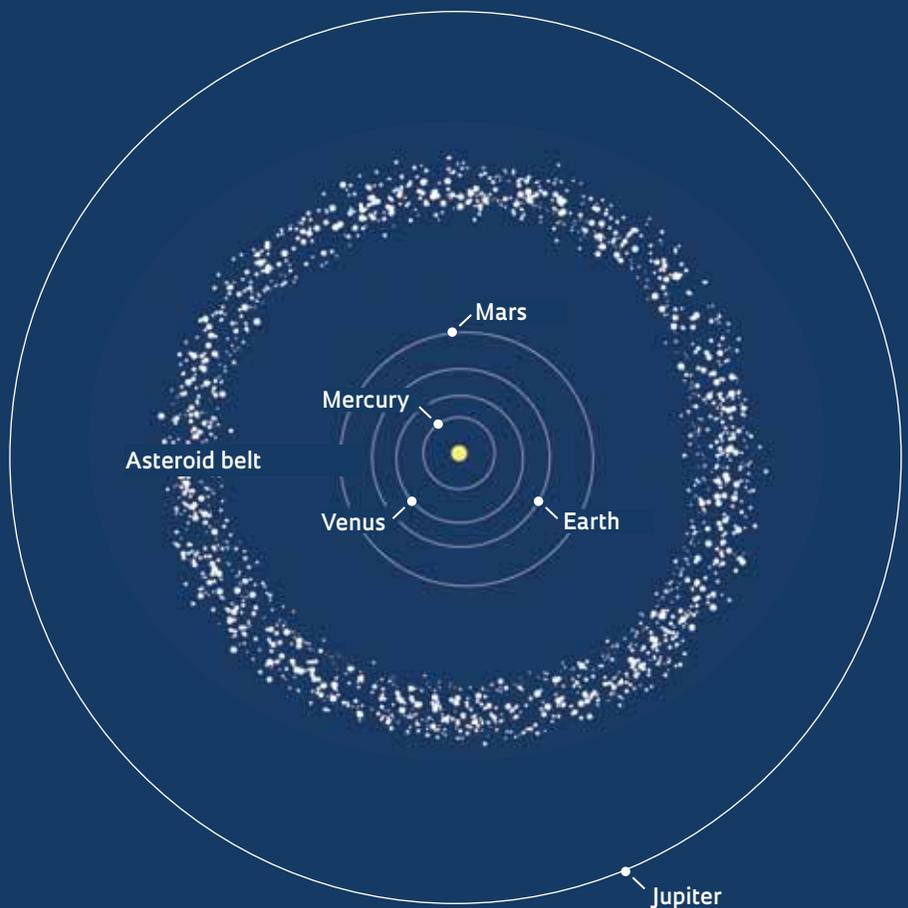


The asteroids 433 Eros (*left*) and 253 Mathilde: 433 Eros is an S-type asteroid, rich in silica and typical of the interior of the belt; 253 Mathilde is a C-type asteroid containing carbon, more commonly found in the outer portion

From nothing to the belt

According to a model that was proposed by astrophysicists from Brazil and France, the inner part of the belt was formed mostly from matter that was left over from the formation of the rocky planets, especially Mars. Most asteroids in the outermost portion of the belt originated from what remained after the process of forming Jupiter

SOURCE ANDRÉ IZIDORO AND SEAN RAYMOND



sizes, is described by Raymond as a “cosmic refugee camp”.

The new model also explains the arrangement of the two main types of asteroids within the belt. The area that is farthest from the Sun is where C-type asteroids concentrate; they are dark and rich in carbon and comprise 75% of the objects in the belt. Within the more internal section, most objects are S-type asteroids, which are brighter, have a high concentration of silica, and account for 17% of the belt’s bodies. According to Izidoro and Raymond’s model, C-type asteroids (which are also called wet asteroids) originated from material that remained after the formation of gas giant planets. “Water on Earth may also have come from these asteroids that eventually collided with our planet when it was still forming,” says Izidoro, who, together with Raymond, addressed this issue in another recent article that was published on June 30 in the scientific journal *Icarus*. S-type asteroids, which are considered dry, are what remains of the materials that were

used in the formation of Mars and other terrestrial planets.

For months, Izidoro and Raymond ran more than 200 computer simulations to determine how the planets in the solar system may have formed and how the asteroid belt consequently emerged. The simulations assumed that no primal material was present between Mars and Jupiter and the researchers were able to virtually reproduce the current constitution of the belt. “Our next step is to test how each of the existing models, including our own, explain the asteroid belt and determine what we can learn about the formation of the solar system,” says Raymond.

LOW DENSITY

For astrophysicist Jorge Meléndez of the Institute of Astronomy, Geophysics, and Atmospheric Sciences at the University of São Paulo (IAG-USP), the simulations by Raymond and Izidoro are very interesting and provide a new vision of the solar system. “The study shows that at the beginning of the system, a much more massive asteroid belt was

not necessary,” says Meléndez. “One of the problems with the current model is explaining how this belt [which was supposedly very large early in its development] lost so much mass.” Currently, the mass of the belt is no more than 4% that of the Moon and is more than a thousand times less than that of the Earth. Although the asteroids within it spin around an enormous swath of the solar system, the belt itself has a low density of objects in relation to its area. A single celestial body, namely, the dwarf planet Ceres, has the same mass as one third of the entire asteroid belt. ■

Project

Planetary formation and dynamics: From the solar system to exoplanets (No. 16/12686-2); Grant Mechanism Junior Researcher; Principal Investigator André Izidoro (UNESP); Investment R\$178,755.00.

Scientific articles

RAYMOND, S. N. and IZIDORO, A. The empty primordial asteroid belt. *Science Advances*. September 13, 2017.
RAYMOND, S. N. and IZIDORO, A. Origin of water in the inner Solar System: Planetesimals scattered inward during Jupiter and Saturn’s rapid gas accretion. *Icarus*. June 30, 2017.

Ilustración que representa un torrente de estrellas en torno a la galaxia



Devoradora de estrellas

Un estudio revela que la Vía Láctea canibalizó a 11 galaxias vecinas

PUBLICADO EN FEBRERO DE 2018

Alrededor de 200 millones de años después del Big Bang, la explosión primigenia que habría dado origen al Universo hace 13.800 millones de años, las primeras estrellas de lo que luego sería la Vía Láctea comenzaron a agruparse. Desde entonces, la galaxia no para de crecer. Por caso, hace unos 9.000 millones de años que surgieron sus característicos brazos en espiral. Y un nuevo estudio apunta que, al expandirse y atraer materia de los alrededores, la Vía Láctea engulló estrellas de 11 galaxias vecinas de menor porte. Su fuerza de gravedad, en especial la del halo de materia oscura (no visible) que rodearía a la galaxia, arrasó con poblaciones de estrellas de esos pequeños sistemas y las atrajo hacia su órbita. De esta manera se formaron 11 torrentes o ríos de estrellas de origen externo que giran en torno de la Vía Láctea sin estar incorporados a sus brazos o a su parte central, el bulbo galáctico. “Esas corrientes de estrellas aportan información acerca de la conformación y la estructura de la Vía Láctea”, dice Nora Shipp, alumna de doctorado de la Universidad de Michigan, en Estados

Unidos y primera autora del estudio, que se encuentra a disposición en el repositorio arXiv.

La identificación de esas riadas de estrellas la llevó a cabo el Dark Energy Survey (DES), un emprendimiento internacional –en el cual también participa Brasil– cuyo objetivo es el estudio de la naturaleza de la misteriosa energía oscura, que integra el 71% del Universo (la materia oscura representa el 24% y la materia normal o bariónica, es decir, la de los astros y las estrellas visibles, el 5%). La energía oscura es la que provoca que el índice de expansión del Cosmos se acelere. Para intentar entender a este componente mayoritario y enigmático del Universo, el DES evalúa patrones que puedan explicar la formación de las estructuras cósmicas. Por eso, este mapeo produce imágenes periódicas, en alta resolución, de un área que corresponde a un octavo del cielo observable. Mediante el empleo de una potente cámara de 570 megapíxeles instalada en el telescopio Blanco, ubicado en Chile, el DES mapeó durante sus tres primeros años de funcionamiento (de 2014 a 2016) 400 millones de obje-

tos astronómicos, que incluyen galaxias y estrellas del tipo supernova.

Uno de los objetos estudiados fue la Vía Láctea. Así fue como se identificaron los restos de las 11 galaxias. “Al igual que los cometas, que dejan rastros cuando pasan por las proximidades del Sol, esos torrentes de estrellas son vestigios de aquellas galaxias que fueron engullidas por la Vía Láctea”, compara el astrofísico Márcio Maia, del Laboratorio Interinstitucional de e-Astronomía (Linea), que suministra soporte a la participación brasileña en el DES y en otros estudios. Coautor del estudio sobre la Vía Láctea, Maia comenta que el color de las corrientes de estrellas descubiertas es distinto al de la mayoría de las estrellas de la galaxia. Por las variaciones tonales, los astrofísicos pudieron inferir su composición química y determinar que esas corrientes se originaron fuera de la Vía Láctea. Por el momento, se han descubierto 30 torrentes de estrellas de origen externo a la galaxia. ■

Marcos Pivetta

Artículo científico

SHIPP, N. et al. Stellar streams discovered in the Dark Energy Survey. *arXiv. Online*. 9 ene. 2018.

Los efectos de la turbulencia cuántica

Una perturbación inducida en una nube de átomos fríos de rubidio produce un fenómeno ondulatorio similar al de la luz

Victória Flório | PUBLICADO EN ENERO DE 2018

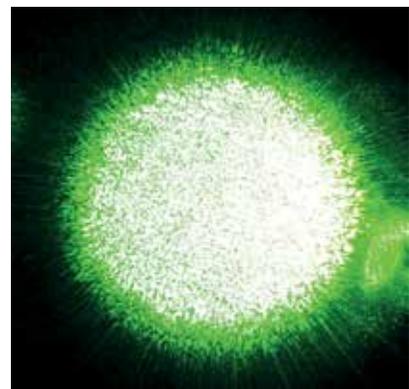
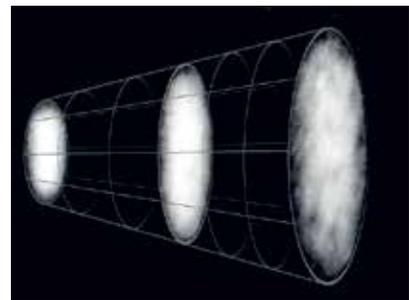
Cuando se los somete a las condiciones específicas que caracterizan a los sistemas cuánticos, tanto los átomos que componen una hoja de papel como los seres vivos, e incluso las estrellas, dejan de comportarse como partículas y pasan a manifestarse como ondas. En ese estado, la materia presenta efectos que violan la visión clásica y los átomos pueden traspasar barreras anteriormente infranqueables. En experimentos recientes, un equipo coordinado por científicos del Instituto de Física de São Carlos de la Universidad de São Paulo (IFSC-USP) constató que una nube de átomos del elemento químico rubidio, superenfriada y aislada, conserva aspectos de su comportamiento ondulatorio incluso después de haber sido perturbada mediante la generación de vórtices y evolucionar hacia una condición de turbulencia cuántica. Las muestras de átomos bajo esas condiciones son bastante conocidas y estudiadas, pero no se sabía cuál sería el resultado de la introducción de un gran desorden en ese tipo de sistemas.

En un artículo publicado en octubre en la revista *PNAS*, los científicos describen que a medida que la nube se expande surge un patrón granular denominado *speckle* o moteado, un fenómeno característico de la interferencia de ondas similar al que se produce cuando se proyecta un haz de luz láser sobre una pared u obstáculo. En el caso de la muestra de átomos de rubidio refrigerados, el *speckle*

presenta una forma de manchas en tres dimensiones. En cuanto al caso del láser proyectado sobre un obstáculo, el mismo es bidimensional. “Ésta fue la primera vez que se observó *speckles* tridimensionales”, explica el físico Vanderlei Bagnato, del IFSC, uno de los autores del artículo y coordinador del Centro de Investigación en Óptica y Fotónica (CePOF), uno de los Centros de Investigación, Innovación y Difusión (Cepid) de la FAPESP.

El grupo de la USP estudia un superfluido confinado, el condensado de Bose-Einstein, que está formado por una nube de cientos de miles de átomos de rubidio aislados en una jaula magnética. En ese sistema, los efectos cuánticos empiezan a aparecer cuando se lo enfría hasta temperaturas cercanas a una millonésima de grado por encima del cero absoluto, el cero Kelvin, o sea, $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. En esa condición, el conjunto de átomos pierde toda viscosidad y se transforma en un superfluido, uno de los estados de la materia. Para introducir la turbulencia cuántica en la nube, los físicos aplican un campo magnético que induce la formación de vórtices. A continuación, desconectan la trampa magnética y registran la expansión del condensado. Durante ese momento de inestabilidad aparece el *speckle*.

El equipo científico de São Carlos fue uno de los pioneros en introducir turbulencia en el condensado de Bose-Einstein. En una labor conjunta con colegas de la Universidad de Florencia, en Italia,



Secuencia de manchas tridimensionales generada por turbulencia cuántica en el condensado de Bose-Einstein (arriba) que se asemeja al efecto producido por un láser al interponerse un obstáculo

los investigadores paulistas revelaron en 2009 que el condensado es un medio más sencillo para el estudio de la turbulencia en superfluidos que el helio líquido que se emplea usualmente. Este nuevo trabajo expande las posibilidades de estudio del comportamiento de los *speckles* tridimensionales y de la turbulencia cuántica. “Se trata de una nueva tesitura física, a partir de la cual podrían revelarse efectos aún no estudiados”, comenta Pedro Ernesto Tavares, primer autor del artículo en la revista *PNAS*. El patrón granular de manchas bidimensionales generado por láser actualmente se emplea en forma usual para caracterizar superficies de materiales. ■

Proyecto

CePOF-Centro de Investigación en Óptica y Fotónica (nº 13/ 07276-1); Modalidad Centros de Investigación, Innovación y Difusión (Cepid); Investigador responsable Vanderlei Salvador Bagnato (USP); Inversión R\$ 28.014.802,21 (para la totalidad del proyecto).

Artículo científico

TAVARES, P. E. S. et al. Matter wave speckle observed in an out-of-equilibrium quantum fluid. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*. v. 114, n. 8, p. 12691-5. 28 nov. 2017.

El frío cálido

PUBLICADO EN FEBRERO DE 2018

Un equipo internacional coordinado por físicos brasileños demostró que en un sistema cuántico integrado por partículas que se mantienen a distintas temperaturas puede ocurrir un fenómeno no registrado en el mundo macroscópico: un cuerpo frío cede energía espontáneamente a otro cuerpo caliente. La partícula fría pierde calor y se enfría, mientras que la partícula caliente gana calor y se calienta. Cuando esto ocurre, se produce una inversión en el sentido natural del flujo de calor, algo a lo que los científicos denominan flecha termodinámica del tiempo, que normalmente fluye de la materia caliente hacia la fría. Este efecto sorprendente se obtuvo mediante la manipulación –aplicando la técnica de resonancia magnética– de las propiedades de los núcleos de átomos de carbono y de hidrógeno en un sistema formado por cloroformo líquido (CHCl_3) diluido en acetona (los tres átomos de cloro que también forman parte de la molécula del compuesto no son importantes para el experimento). Durante una millonésima de segundo, los núcleos de carbono, que estaban más fríos, cedieron energía a los de hidrógeno, que se calentaron aún más. Los resultados de este trabajo se dieron a conocer en un artículo que desde noviembre de 2017 se encuentra disponible en la base de datos arXiv, y que le fue remitido a un periódico científico para su justipreciación.

Según el estudio de los físicos, la inversión de la flecha termodinámica del tiempo ocurre solamente en una condición específica: cuando se determina una correlación cuántica entre un estado del núcleo de los átomos de carbono y de hidrógeno –el espín, una propiedad magnética de las partículas– antes de introducirse alteraciones significativas en la temperatura de los componentes del sistema. Sin esa conexión

Un experimento cuántico hace posible que una partícula gélida le transfiera calor a otra caliente e invierte la flecha termodinámica del tiempo



Cómo controlar el sentido de la energía

Las condiciones iniciales del sistema determinan la forma de transmisión del calor entre dos partículas con temperaturas distintas

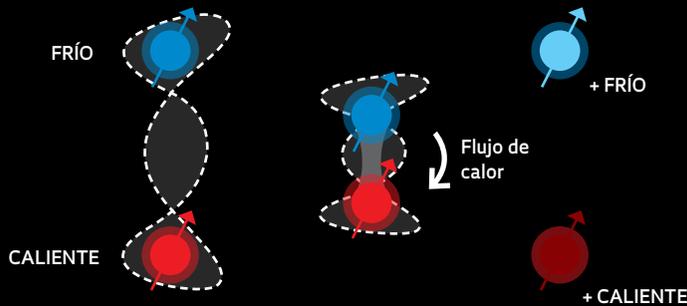
PARTÍCULAS SIN ASOCIACIÓN CUÁNTICA

En condiciones usuales, el calor se desplaza del átomo caliente hacia el frío. El sentido tradicional del calor se mantiene y ambas partículas moderan su temperatura



PARTÍCULAS QUE PRESENTAN CORRELACIÓN CUÁNTICA

En el nuevo experimento, el átomo frío se enfría y el átomo caliente se calienta. El calor fluye de la partícula fría a la partícula caliente. La flecha termodinámica del tiempo se invierte



FUENTE MICADEI, KAONAN, ET. AL.

cuántica entre los espines de ambos elementos, el sistema se comporta de la manera tradicional y las partículas más calientes ceden calor a las más frías.

UNA HELADERA CUÁNTICA

La correlación cuántica es una asociación similar pero más débil que el fenómeno al que se conoce como entrelazamiento, un tipo de conexión tan estrecha entre dos (o más) partículas que resulta imposible referirse a una de ellas sin mencionar a la otra. De todos modos, es lo suficientemente fuerte como para que el núcleo de un elemento químico comparta la información sobre el estado de su espín con el de otro elemento y viceversa. Este tipo de asociación cuántica se genera mediante el empleo de pulsos de radio aplicados sobre los átomos de carbono e hidrógeno.

Este experimento es comparable a una heladera cuántica microscópica. Todo lo que se encuentra dentro del refrigerador se enfría, siempre y cuando este aparato se encuentre conectado a una fuente externa de electricidad. “Para que

un cuerpo frío le ceda calor a uno caliente es necesario abastecer al sistema con energía extra”, explica el físico Roberto Serra, de la Universidad Federal del ABC (UFABC), uno de los autores del trabajo, que se realizó en el ámbito del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología de Información Cuántica (INCT-IQ). En este experimento, que se llevó a cabo en un laboratorio del Centro Brasileño de Investigaciones Físicas (CBPF, por sus siglas en portugués), en Río de Janeiro, la energía extra se provee mediante la aplicación de diversos campos magnéticos sobre las moléculas de cloroformo. De este modo resulta factible volver más calientes en forma selectiva a los núcleos de los átomos de hidrógeno que a los de carbono. Esta preparación se hace de un modo especial que provoca que el calor fluya desde las partículas frías hacia las calientes.

El resultado de este trabajo pone en cuestión la endeble frontera existente entre la termodinámica clásica y la mecánica cuántica. De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, el paso

del tiempo conduce inexorablemente a un aumento del desorden, a una mayor entropía en el mundo macroscópico. En la naturaleza, la energía se degenera. Por eso, espontáneamente, el café caliente no se calienta en el pocillo, sino que el mismo se enfría. Sin embargo, en el límite en el que se considera a los átomos y a los electrones ocurren fenómenos raros: el orden del intercambio de calor puede invertirse y la entropía del sistema puede disminuir, dando la impresión de que el tiempo fluyó en sentido inverso, hacia el pasado. “Nuestro trabajo entra en el campo de la termodinámica de pequeños sistemas cuánticos”, comenta Kaonan Mícaidei, primer autor del artículo y alumno de doctorado en la UFABC.

La termodinámica clásica no considera la existencia de asociaciones iniciales entre partículas tales como átomos y electrones, o aquellas generadas por la correlación o el entrelazamiento cuántico. Sin embargo, esto es importante y puede ayudar a entender cómo disipan energía los microsistemas. “Este experimento resulta fundamental para comprender los fenómenos de la termodinámica relacionados con el desarrollo de la computación cuántica”, comenta Ivan Santos Oliveira, del CBPF, otro coautor del estudio. “Este experimento amplía el dominio de la validez de las leyes de la física”, analiza el físico teórico David Jennings, del Imperial College de Londres, en Inglaterra, quien no participó en el estudio.

El procesamiento de la información genera calor. Se estima que de un 20% a un 30% de toda la energía eléctrica que se produce en el mundo se utiliza para refrigerar las computadoras. Una de las motivaciones de los que participaron en el experimento consiste en poder limitar la disipación de la energía en las máquinas cuánticas. “La producción de un refrigerador cuántico constituye una etapa necesaria para llegar a construir un dispositivo cuántico más complejo”, sostiene Serra. ■ Victoria Florio

Proyecto

Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología de la Información Cuántica (nº 08/ 57856-6); Modalidad Proyecto Temático; Investigador responsable Amir Caldeira (Unicamp); Inversión R\$ 1.977.654,30 (para la totalidad del proyecto)

Artículo científico

MICADEI, K. et al. Reversing the thermodynamic arrow of time using quantum correlations. *arXiv. Online*. 9 nov. 2017.

Brasil vecino de China

Rocas ricas en grafito sugieren que ciertos sectores de ambos países y de África estuvieron unidos hace casi 2.000 millones de años

PUBLICADO EN NOVIEMBRE DE 2017

En 2016, durante una expedición al norte de China, el geólogo Wilson Teixeira, docente en el Instituto de Geociencias de la Universidad de São Paulo (IGC-USP), se percató de una similitud entre las rocas ricas en grafito de la región de Jiao-Liao-Ji y las del municipio de Itapecerica, en el estado de Minas Gerais. A su regreso a Brasil, él y otros cuatro colegas confirmaron su presunción. Los yacimientos de grafito brasileño y los chinos se formaron hace alrededor de 2.000 millones de años, durante el período Proterozoico, en simultáneo con el surgimiento de organismos unicelulares más evolucionados. La edad del grafito y las características de las rocas en donde éste se encuentra incrustado, descritas en un artículo publicado en mayo de este año en la revista *Precambrian Research*, condujeron a los investigadores a plantear que las dos regiones antes mencionadas, hoy en día separadas por casi 17 mil kilómetros de distancia, fueron vecinas en aquel pasado remoto, cuando formaron parte de Columbia, uno de los más antiguos supercontinentes de la historia terrestre.

Los geólogos sitúan el apogeo en la formación de Columbia entre 1.900 y 1.800 millones de años atrás, como resultado de la colisión de lo que actualmente son partes de los continentes. Ese supercontinente habría existido hace unos 1.400 millones de años, y luego comenzó a desintegrarse como consecuencia del desplazamiento de las placas tectónicas, los

inmensos bloques que componen la capa rocosa externa del planeta.

En el artículo publicado en *Precambrian Research*, Teixeira y los geólogos Maria Helena Hollanda, de la USP, Elson Paiva Oliveira, de la Universidad de Campinas (Unicamp), Elton Luis Dantas, de la Universidad de Brasilia (UnB), y Peng Peng, de la Academia de Ciencias de China, proponen que una región que incluye parte de los estados de Minas Gerais y de Bahía, en América del Sur, y de la región del Congo, en el oeste africano, habría estado unida en un pasado remoto con el norte de China, en el interior de Columbia.

La evidencia principal de esa unión son las edades de las rocas con abundancia de grafito y las condiciones geológicas en que las mismas se formaron, tanto en Minas Gerais como en China. “Este mineral se forma en condiciones de temperatura y presión elevadas y, por ello, demarca las zonas donde se produjeron colisiones gigantescas entre continentes arcaicos”, explica Teixeira. Según el investigador, el hecho de que los depósitos de grafito brasileños y chinos acusen edades similares indica que se originaron en procesos de

colisión que ocurrieron en simultáneo o en tiempos cercanos. Brasil posee un 27% de las reservas mundiales de grafito y China, un 56%.

Según Teixeira, en el caso de que parte de lo que actualmente es Sudamérica efectivamente haya sido vecino –hace 1.900 millones de años– de la región que corresponde al norte de China, constituye casi una certeza de que ahí se encontraban porciones de lo que luego sería África. Durante las últimas décadas, se fueron acumulando evidencias de que las actuales regiones de Minas Gerais y Bahía estuvieron unidas en un pasado remoto al continente africano, formando una estructura geológicamente estable denominada cratón de São Francisco-Congo.

“Existe un amplio debate en cuanto a la configuración de Columbia”, comenta el geofísico Manoel D’Agrella, docente del Instituto de Astronomía, Geofísica y Ciencias Atmosféricas (IAG) de la USP y experto en paleomagnetismo, un área de la geofísica que estudia la intensidad y la orientación del campo magnético de la Tierra que permanece registrado en las rocas. La información magnética



Análisis de piedras de grafito como éstas ayudan a reconstruir la formación y la fragmentación de supercontinentes

Fragmentos del pasado

Dos propuestas para explicar cómo se agruparon las partes de los continentes actuales entre 1.900 y 1.400 millones de años atrás

Una de las propuestas más aceptadas



FUENTES ADAPTADO DE G. ZHAO (EL MAPA MAYOR) Y WILSON TEIXEIRA (EL MAPA MENOR)



La muestra de roca rica en grafito fue extraída de la parte oscura de la cavidad de esta mina de Itapeperica, en Minas Gerais

rica del Sur, África, Australia, la India, la Antártida y Madagascar. A causa del desplazamiento de las placas tectónicas, que se alejan o se aproximan unas de otras a velocidades de centímetros anuales, los geólogos suponen que durante los próximos 250 millones de años surgirá un nuevo supercontinente: Amasia, como resultado de la confluencia entre América del Norte y Asia. ■ **Victória Flório**

registradas en ellas revela su ubicación en el planeta al momento en que se formaron. En los últimos años, D'Agrella y su equipo intentan determinar las posiciones sucesivas que la región del norte de América del Sur, lo que se denomina el cratón Amazónico, habría ocupado en el transcurso de la existencia de Columbia, tal como se describe en un artículo publicado en 2016 en la revista *Brazilian Journal of Geology*. D'Agrella empezó a analizar muestras de roca de Minas Gerais para comprobar si las características magnéticas coinciden con la posición que sugieren Teixeira y su grupo para los cratones São Francisco-Congo y del norte de China en Columbia. Varios de los modelos propuestos para explicar la disposición de partes de los continentes actuales en Columbia no tienen en cuenta la formación geológica São Francisco-Congo y

xtapuesta con el norte de China, que en muchos casos figura unido a lo que actualmente corresponde a Australia.

La existencia de Columbia fue sugerida en 2002 por los geólogos John Rogers, de la Universidad de Carolina del Norte, en Estados Unidos, y Madhava Santosh, de la Universidad de Geociencias de Pekín, en China, con base en las similitudes existentes entre las formaciones rocosas de la India y de la región del río Columbia, en el estado de Washington (EE.UU.). Al desintegrarse Columbia, sus fragmentos se habrían reunido nuevamente hace alrededor de 1.100 millones de años, formando el supercontinente Rodinia, que luego también se fragmentó. De los fragmentos de Rodinia surgieron Laurasia, compuesto por América del Norte, Groenlandia, Europa y el norte de Asia, y Gondwana, que habría reunido a Amé-

Proyectos

1. Evolución de terrenos arcaicos del Cratón de São Francisco y de la Provincia Borborema: Implicaciones en procesos geodinámicos y paleoambientales globales (nº 12/ 15824-6); Modalidad Proyecto Temático; Investigador responsable Elson Paiva de Oliveira (Unicamp); Inversión R\$ 3.696.059,08.
2. Caracterización tectónica de los *greenstone belts* Rio das Mortes, Nazareno y Dorés de Campo: Implicaciones para la evolución de la corteza del cinturón Mineiro (nº 9/ 53818-5); Modalidad Apoyo a la Investigación – Regular; Investigador responsable Wilson Teixeira (USP); Inversión R\$ 357.590,53.

Artículos científicos

TEIXEIRA, W. et al. U-Pb geochronology of the 2.0 Ga Itapeperica graphite-rich supracrustal succession in the São Francisco Craton: Tectonic matches with the North China craton and paleogeographic inferences. **Precambrian Research**. v. 293, p. 91-111. may 2017.
D'AGRELLA FILHO, M. et. al. Paleomagnetism of the Amazon craton and its role in paleocontinents. **Brazilian Journal of Geology**. v. 46, n. 2, p. 275-99. 2016.

PAPEL de bagazo y paja

Empresas utilizan residuos de caña de azúcar para fabricar hojas blancas y embalajes

Domingos Zaparoli

PUBLICADO EN ENERO DE 2018



Una resma de papel blanco elaborado en Colombia con celulosa obtenida del bagazo de caña

Dos empresas brasileñas están transformando residuos del cultivo de la caña de azúcar en celulosa y papel. Una de ellas, FibraResist, inauguró en febrero de 2017 una planta fabril destinada a la producción de celulosa a partir de la paja de la caña en el municipio de Lençóis Paulista, una región cañera en el interior del estado de São Paulo. La prioridad es atender a la industria del papel para embalajes, aunque esta tecnología también posibilita la producción de papel tisú, el material que se emplea para fabricar servilletas, papel higiénico y papel absorbente. La otra empresa, que es más antigua, es GCE, cuya sede se encuentra en la capital paulista y desde 2009 produce –mediante un convenio con la firma colombiana Propal– hojas de papel blanco EcoQuality empleando como insumo el bagazo de la caña de azúcar.

El caso de FibraResist es el resultado del desarrollo de un proceso de producción innovador. En 2009, el químico industrial José Sivaldo de Souza le llevó a la dirección del grupo Cem, que posee negocios en los segmentos de la construcción, el caucho y la producción agropecuaria, una propuesta para producir celulosa con residuos de caña de azúcar. De Souza sabía que Cem, en donde trabaja, se encontraba abocado a la diversificación de sus actividades.

El grupo decidió invertir 6 millones de reales en el desarrollo del proyecto. Los estudios contaron con el apoyo de investigadores de

la Universidad Federal de Viçosa (UFV), que escogieron la paja de la caña como materia prima, y realizaron el análisis de la pasta celulósica producida y del proceso de producción de celulosa en frío, que no requiere del uso de calderas para cocer la fibra. La empresa depositó una patente en el Instituto Nacional de la Propiedad Intelectual (INPI) para resguardar la totalidad del proceso productivo. Entre los productos que la empresa desarrolló figura un biodispersante que separa la celulosa de la paja y de la lignina, una molécula que funciona como adherente natural y dota de rigidez a las células de las plantas. En el sistema de producción tradicional, esta separación se efectúa durante la cocción. La producción en frío no requiere de energía para alimentar calderas y elimina la emisión de gases industriales.

En el proceso productivo ideado en la compañía incluso se emplea un circuito cerrado de agua, a la cual se la trata y se la reutiliza, y también se aprovechan los residuos finales como abono. “Este proceso se desarrolló apuntando a que sea ambientalmente sostenible”, dice Mário Welber, director de relaciones institucionales de FibraResist. La fábrica demandó inversiones por un monto de 25 millones de reales, de los cuales 10,5 millones fueron financiados por la agencia de fomento paulista Desenvolve SP. Su capacidad productiva es de 70 mil toneladas (t) anuales. En la actualidad se encuentra en etapa de acreditación, en la

Un buen uso para los residuos agrícolas

FibraResist desarrolló un sistema de producción en el cual se utiliza la paja de la caña de azúcar para elaborar pasta celulósica

1



cual se prueban los equipos y el proceso industrial del principio al fin en una producción a pequeña escala. La producción actual es de 6 t diarias de pasta celulósica, que se le proveen a su primer cliente, Sanovo Greenpack Embalagens, que fabrica cajas para huevos y bandejas para frutas. “Otros dos clientes potenciales también están probando el papel”, comenta Welber.

El insumo que utiliza FibraResist, la paja de la caña de azúcar, lo recoge una empresa tercerizada en un radio de 100 kilómetros a la redonda de Lençóis Paulista, que lo entrega en fardos de 450 kilogramos. Según Welber, el límite de extracción de paja de los cultivos es de un 80%, en tanto que el 20% restante queda en el campo para nutrir el área de plantío, mantener la humedad del suelo, controlar las malezas y evitar la erosión del terreno. “La paja es necesaria para el cañaveral, pero en exceso facilita la proliferación de plagas y fomenta incendios espontáneos”, dice.

La paja de la caña de azúcar es un residuo abundante en Brasil. La Compañía Nacional de Abastecimiento (Conab) estima que en la zafra 2016-2017 se cosecharon 657,18 millones de t de caña de azúcar, de un área plantada de 9,05 millones de hectáreas. Según Henrique Coutinho Junqueira Franco, coordinador del programa Sugarcane Renewable Electricity (Sucre), del Laboratorio Nacional de Ciencia y Tecnología del Bioetanol (CTBE), cada tonelada de caña de azúcar genera alrededor de 120 kilogra-

mos de masa seca de paja y 125 kilogramos de masa seca de bagazo.

Para Coutinho Junqueira Franco, es necesario diseñar políticas regulatorias que promuevan un mejor aprovechamiento de los residuos del sector. “La mayor parte del bagazo de la caña ya se utiliza en la cogeneración de electricidad y en la producción de etanol de segunda generación. Pero la paja aún es poco usada”, afirma.

La producción de celulosa constituye una alternativa al uso de la paja excedente. Según Fernando José Borges Gomes,

Las fibras de la biomasa de la caña son muy similares a las del eucalipto, la fuente principal en la producción del papel

docente del Departamento de Productos Forestales de la Universidad Federal Rural de Río de Janeiro (UFRRJ), las fibras de la paja y del bagazo de la caña se asemejan mucho a las del eucalipto. “Pueden obtenerse pulpas celulósicas de alta calidad, similares en cuanto a sus propiedades físico-mecánicas a las que se obtienen del eucalipto”, explica. El uso de fibras alternativas para la producción de celulosa, es decir, no provenientes de la madera, no es algo novedoso. El bambú, la palmera babasú (*Attalea speciosa*), el sisal (*Agave sisalana*) y los residuos agrícolas ya se vienen utilizando desde hace décadas, principalmente en aquellos países donde la disponibilidad de tierras para el cultivo de árboles es escasa.

COOPERACIÓN TECNOLÓGICA

El bagazo de la caña de azúcar se utiliza como base para la producción de papel desde hace más de 60 años. Empresas chinas, indias, argentinas y colombianas utilizan este insumo. Los empresarios paulistas Luiz Machado y Guilherme de Prá, dos ejecutivos provenientes del sector papelerero que fundaron GCE, vieron en el bagazo una oportunidad para destacarse en el mercado brasileño de papel blanco de oficina, un negocio de 600 mil t anuales en el cual predominan dos empresas: Suzano e International Paper (IP). “Ofrecemos un producto que no ocupa áreas de plantío y aprovecha los excedentes de la industria de azúcar

2





1 FibraResist le compra a una empresa la paja de la caña de azúcar que esta última recoge de los cultivos

2 Ese residuo, en forma de fardos, se almacena a un costado de la fábrica, en Lençóis Paulista

3 Mediante un proceso en frío, se separa la celulosa de la paja con el uso de un biodispersante

4 Elaboración la pasta celulósica que se les vende a los productores de papel



y alcohol. Los residuos se transforman en un producto noble”, informa Machado.

La estrategia de GCE para entrar en el mercado del papel consistió en asociarse con la empresa colombiana Propal, del grupo Carvajal, que ya empleaba el bagazo de la caña en su proceso productivo, aunque sin la calidad deseada por los brasileños. Machado y Prá arrancaron con la experiencia adquirida durante 40 años en el mercado del papel y perfeccionaron el producto. Lograron alcanzar el estándar de lisura, espesor, opacidad y contenido de humedad deseado, y el resultado fueron las líneas de papel Re-prograf, comercializado por Propal, y EcoQuality, de GCE.

Con base en ese acuerdo, los brasileños se quedan con el 30% de la producción anual de 180 mil t elaboradas en Colombia por Propal, en las ciudades de Yumbo y Caloto. CGE comercializa EcoQuality en Brasil, Estados Unidos y México. La decisión de mantener la producción en el país vecino se relaciona con dos factores. El primero es la disponibilidad del producto, toda vez que Colombia también planta caña de azúcar. El segundo es el costo de la energía. Las calderas de la fábrica colombiana están alimentadas con gas y ofrecen un costo un 35% menor que

en Brasil. La energía representa un 20% de los costos de la producción de papel.

Según Machado, el papel EcoQuality se vende en el mercado brasileño por un precio equivalente al de sus mayores competidores. Aquellas empresas que asocian sus marcas a las campañas de sostenibilidad constituyen, por ahora, el nicho principal de clientes del papel blanco de bagazo de caña. La mayor parte de los ingresos en GCE proviene de contratos de abastecimiento para empresas que asocian sus marcas con campañas de sostenibilidad, entre las cuales figuran Pfizer, Vale, Abril y Basf. En Brasil, más del 90% de las fibras de celulosa que se emplean para la producción del papel proviene de plantíos de bosques de eucaliptos y pinos. En 2016, el país produjo 18,7 millones de t de celulosa y ocupó así el cuarto lugar en el mundo, y 5,4 millones de t de papel, según datos de la Industria Brasileña de Árboles (Ibá).

El ingeniero químico Alfredo Mokfienski, consultor de la Asociación Brasi-

leña Técnica de Celulosa y Papel (ABTCP), sostiene que la industria brasileña de celulosa de eucalipto y pino es muy competitiva. Dispone de una escala productiva considerable, porque sus fábricas se proyectan para una producción superior al millón de t anuales. “Con esa escala, las empresas que utilizan insumos alternativos, con una producción de 70 mil t o hasta 180 mil t anuales, difícilmente puedan competir”, explica Mokfienski.

Fernando Gomes, de la UFRRJ, afirma que desde el punto de vista económico la producción de celulosa a partir del eucalipto y del pino es más ventajosa. Pero la transformación de los residuos de la caña de azúcar en celulosa no es despreciable, porque es un material con escaso o ningún valor, en el caso de la paja, y se inserta dentro de los modelos de producción sostenible. “Se trata de un destino noble y colabora aportándole mayor sostenibilidad al sector sucroenergético”, comenta Gomes. ■

La transformación de la materia orgánica en celulosa está incluida en los modelos de producción sostenibles

Plantaciones más productivas

Para incrementar la eficiencia de los cañaverales brasileños, la empresa Centro de Tecnologia Canaveira invierte en biotecnología, en mejoramiento genético y en una nueva forma de plantío

Yuri Vasconcelos

PUBLICADO EN FEBRERO DE 2018

Brasil es lejos el mayor productor mundial de caña de azúcar, con 657 mil toneladas cosechadas en la zafra 2016-2017, alrededor del doble de la India, que se ubica en el segundo puesto y produjo aproximadamente 350 mil toneladas. Según proyecciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (Mapa), el cultivo de caña de azúcar, que en la última zafra ocupó 9 millones de hectáreas, se posicionará en el segundo lugar entre los principales cultivos agrícolas en términos de facturación. Los cañamelares brasileños, de acuerdo con el Mapa, les granjearon a sus productores, hasta el mes de octubre, ingresos brutos por 71.800 millones de reales, tan sólo por detrás de las plantaciones de soja (116 mil millones de reales).

Pese a tan buen desempeño, hay un dato que preocupa al sector. La productividad promedio de los cañaverales, que se ubica en torno a 73 toneladas por hectárea, no ha evolucionado durante los últimos años. La crisis económica hizo que los productores contasen con menos recursos para invertir en el cuidado de las plantaciones (abono, control de plagas, renovación del plantío) y contribuyó para ese estancamiento, así como el aumento de la superficie plantada. Algunas de estas nuevas regiones, cuyas tierras son menos adecuadas para el cultivo de caña de azúcar, generan un efecto negativo

EMPRESA

**CENTRO DE
TECNOLOGIA
CANAVIEIRA (CTC)**

Centro de I&D
Piracicaba
(en el estado de
São Paulo, Brasil)

**Cantidad de
investigadores**
260

Producto principal
Caña de azúcar



Plantines transgênicos
(*al lado*) y semillas
de caña desarrolladas
en los laboratorios
de CTC (*arriba*)

en términos de productividad. La baja productividad constituye un reto que no sólo afrontan las empresas del sector sino también los institutos de investigación y las universidades, que desde hace décadas se dedican al estudio del cultivo de la caña con el objetivo de desarrollar nuevas tecnologías y crear variedades de la planta más resistentes a las enfermedades y más adaptadas a distintos tipos de suelo y clima.

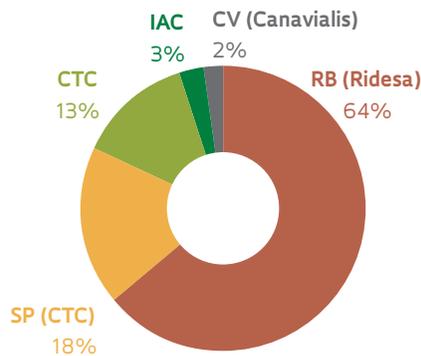
Centro de Tecnología Canavieira (CTC), una empresa de biotecnología con sede en la localidad de Piracicaba, en el interior paulista, es responsable de uno de los tres programas brasileños de mejoramiento genético de la caña de azúcar, junto con la Red Interuniversitaria para el Desarrollo del Sector Sucroenergético (Ridesa), con sede en la localidad de Araras (São Paulo), y el Instituto Agronómico de Campinas (IAC). En junio de este año, CTC obtuvo la autorización de la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNBio), el organismo responsable del análisis de la evaluación de bioseguridad de los organismos genéticamente modificados (OGM), para comercializar la primera caña de azúcar transgénica de Brasil.

Esta nueva variedad, bautizada con el nombre CTC 20 Bt, es resistente al barrenador de la caña, la fase larvaria de la polilla *Diatraea saccharalis*, a la que se considera como la plaga principal de los cañaverales brasileños. Este insecto ocasiona pérdidas anuales por un monto de alrededor de 5.000 millones de reales en los cultivos de caña de azúcar, en función de la merma de productividad, la baja calidad del azúcar producido y los gastos en el control de plagas. Los primeros plantines de la caña Bt, en cuyo genoma se introdujo el gen Cry1Ab de la bacteria del suelo *Bacillus thuringiensis*, ya se les están ofreciendo a clientes seleccionados para que pongan en marcha su multiplicación, un proceso que demandará entre dos y tres años. Luego de ello, se comenzará a utilizar esta caña para la producción de azúcar y alcohol.

“La caña modificada genéticamente creada por CTC constituye un avance importante en la tecnología aplicada a la especie. Esto se verá reflejado en un incremento de la productividad agrícola e industrial y en la calidad del plantío y del azúcar”, anticipa Antonio de Padua Rodrigues, director técnico de la Unión de la

Censo varietal de la caña de azúcar

Las variedades creadas en CTC ocupan el 31% de la superficie cultivada en Brasil



Los cultivares desarrollados en la empresa reciben dos denominaciones: SP (creados hasta 2004) y CTC (lanzados a partir de 2005)

FUENTE RIDESA, SAFRA 2016/2017

Industria de la Caña de Azúcar (Unica), una entidad cuyos asociados responden por más de la mitad de la producción nacional. “En comparación con otros cultivos agrícolas, tales como la soja, el maíz y el algodón, que ya sacan provecho de las técnicas avanzadas de mejora y de la biotecnología, se estima que la caña se encuentra atrasada unos 20 años. Esto tiene como resultado un menor incremento histórico de la productividad”.

El desarrollo de la caña transgénica, de acuerdo con la expectativa de CTC, apunta a la reducción drástica del índice de infestación –actualmente en un rango del 3% al 5% del cultivo a nivel nacional–, y es fruto de un esfuerzo permanente de investigación. “La labor enfocada en esa variedad comenzó en 2011, pero nuestros estudios con caña modificada genéticamente ya llevan más de 10 años”, relata el ingeniero agrónomo William Lee Burnquist, director de Mejora Genética de CTC.

La creación de CTC, data de 1969, como Centro de Tecnología Copersucar: surgió como una unidad de investiga-



Plantines creciendo en un invernadero en el centro de Piracicaba: investigaciones enfocadas en el mejoramiento genético y en la biotecnología

Un modelo exitoso

La empresa realiza investigación y desarrollo y sus principales accionistas son grupos del sector de azúcar y energía

El trabajo de investigación y desarrollo (I&D) de CTC y los buenos resultados obtenidos hasta ahora también se deben al modelo de negocio que la empresa implementó. El centro de biotecnología que nació como un brazo de investigación de la Cooperativa de Productores de Caña, Azúcar y Alcohol del Estado de São Paulo, la Copersucar, en 1969, comenzó su giro institucional en 2004. Ese año se convirtió en un instituto de investigación sin fines de lucro financiado por los cooperadores de la Copersucar y por centrales y asociaciones de proveedores. Y en 2011 se transformó en una Sociedad Anónima (S.A.), cuyos accionistas principales son del sector sucroenergético.

“La transformación en una S.A. tuvo como objetivo expandir el acceso de la

empresa a nuevos recursos tecnológicos y financieros”, comenta Gustavo Leite, presidente de CTC. “Dichos recursos se emplean en I&D enfocados en la industria de la caña de azúcar con el objetivo de aumentar su competitividad. En la actualidad, las investigaciones están concentradas en mejoramiento genético, biotecnología y tecnologías con potencial disruptivo y de gran impacto para el futuro productivo del sector, tal como es el caso de las semillas artificiales”.

En 2014, el Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES) de Brasil ingresó al cuadro de accionistas de la empresa y, dos años después, sus acciones comenzaron a cotizar en la Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa). Para los próximos años, está

contemplado hacer una IPO (en inglés) u OPV, oferta pública de venta, un procedimiento que inaugura la venta de acciones al público o apertura de capital.

Para Leite, este progreso es fruto de una inversión continua en investigadores y profesionales altamente calificados (*obsérvese en el recuadro*). “En el modelo implementado por CTC, la empresa se queda con una fracción del valor creado por las tecnologías que genera, cediendo la mayor parte de los beneficios al cliente”, aclara. Los ingresos, a su vez, se emplean para costear nuevas investigaciones y avances tecnológicos. Esta forma de funcionamiento podrían utilizarla otras empresas brasileñas, pues el modelo encausa la investigación hacia las necesidades específicas de determinado sector. “Esto eleva su percepción de urgencia, la calidad de las inversiones y el compromiso con el resultado”.

Según la experta en desarrollo de negocios Rosana Ceron Di Giorgio, exgestora de Innovación del Centro Nacional de Investigación en Energía y Materiales, y actual responsable del diseño de implementación de la Plataforma de Relaciones del Agropolo de Campinas, el modelo de CTC es poco común en Brasil. “El hecho de agrupar a las empresas para que compartan el riesgo, fundamentalmente en las etapas iniciales de la investigación –la fase precompetitiva–, más allá de planificar las actividades de I&D a partir de los requerimientos de la industria, constituye uno de los puntos fundamentales de este modelo”, dice Ceron Di Giorgio. La especialista recuerda que, normalmente, el gobierno es quien asume el riesgo de las inversiones en investigación científica. Suele ocurrir que la industria tome parte en el proceso más adelante, cuando la tecnología ya se encuentra más madura y mejor demostrada, y el riesgo ha disminuido.



ción de la Cooperativa de Productores de Caña, Azúcar y Alcohol del Estado de São Paulo, la Copersucar. “El objetivo de los investigadores era la mejora genética de la caña. Se buscaba el desarrollo de cultivares con mayor productividad y tolerantes a enfermedades, plagas y estrés hídrico”, recuerda. En 2004, el CTC se transformó en una asociación sin fines de lucro y, siete años después, en una sociedad anónima. El año pasado obtuvo el registro como compañía abierta en la Comisión de Valores Mobiliarios (CVM) y pasó a integrar la lista de la Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa), actualmente denominada B3. Sus principales accionistas son grandes titulares de ingenios, responsables del 60% de la caña de azúcar molida en Brasil.

En la actualidad, del 70% al 80% de la facturación de CTC, que en 2016 fue de 146 millones de reales, se destina a actividades de investigación y desarrollo (I&D). La principal fuente de ingresos de la compañía proviene de la concesión de licencias de uso y multiplicación de cultivos mediante el pago de regalías. La actividad de investigación científica se encuentra a cargo de un equipo integrado por 260 personas (un 60% de la totalidad del personal, de 435 colaboradores), de las cuales un 30% son magisteres y doctores, con formación académica en agronomía, ingeniería agrícola, biología e ingeniería química. Hace dos

La actividad de investigación está a cargo de un equipo de 260 integrantes, el 60% del total del personal

años, la empresa inauguró un complejo de laboratorios de biotecnología, con más de 1.400 metros cuadrados (m²), ampliando así su capacidad de transformación genética y de análisis moleculares. Esas unidades resultaron esenciales para el surgimiento de innovaciones disruptivas como es el caso de la caña de azúcar transgénica.

EL MEJORAMIENTO GENÉTICO

Más allá de los avances en biotecnología, el área de I&D de CTC se encuentra abocada a otros tres proyectos: la

tecnología del etanol celulósico o de 2ª generación (E2G), que se elabora a partir de la biomasa de la caña de azúcar (paja y bagazo), nuevos sistemas de plantío y mejoramiento genético convencional. Desde la fundación de la compañía, el equipo encargado del Programa de Mejoramiento Genético (PMG) de la caña de azúcar del CTC ha desarrollado 87 variedades nuevas. Mediante el cruzamiento de distintas variedades, un proceso al cual se lo conoce con el nombre de hibridación, los investigadores combinan aquellas plantas a las que se denomina parentales con el objetivo de obtener, al cabo de varias combinaciones, una tercera planta con características superiores a las de aquéllas que le dieron origen.

En Brasil existen más de 500 variedades comerciales de caña de azúcar, de las cuales 15 ocupan un 80% del área cultivada en el centro-sur del país, la principal región productora, responsable de más del 90% de la zafra nacional, y el resto se encuentra en el nordeste. De esas 15 variedades principales, siete se desarrollaron en CTC, responsable de alrededor del 30% del área plantada en el país (*véase el gráfico*). Los cultivares surgidos de los laboratorios de la empresa reciben dos denominaciones: CTC (lanzados a partir de 2005) y SP (creados hasta 2004, cuando el CTC aún era un brazo de investigación científica de la Copersucar).

En el marco del proceso de mejoramiento genético convencional, el cruzamiento de las variedades se realiza en la estación de Camamu, en el estado de Bahía, donde las condiciones climáticas de temperatura y humedad son propicias para la prosperidad natural de la caña de azúcar. En esa localidad, la empresa atesora uno de los mayores bancos de germoplasma de caña del mundo, con más de 5.000 variedades parentales. El banco de datos de CTC contiene información minuciosa sobre el desempeño de esas variedades y el historial de las familias que éstas generaron. Esa información se utiliza para prever el desempeño de nuevos cruzamientos en las seis áreas de intervención del programa de mejoramiento genético de la empresa, todas ellas localizadas en el centro y en el sur de Brasil. Para cada una de esas regiones, la empresa produce variedades personalizadas, que atienden a las necesidades específicas de cada lugar.

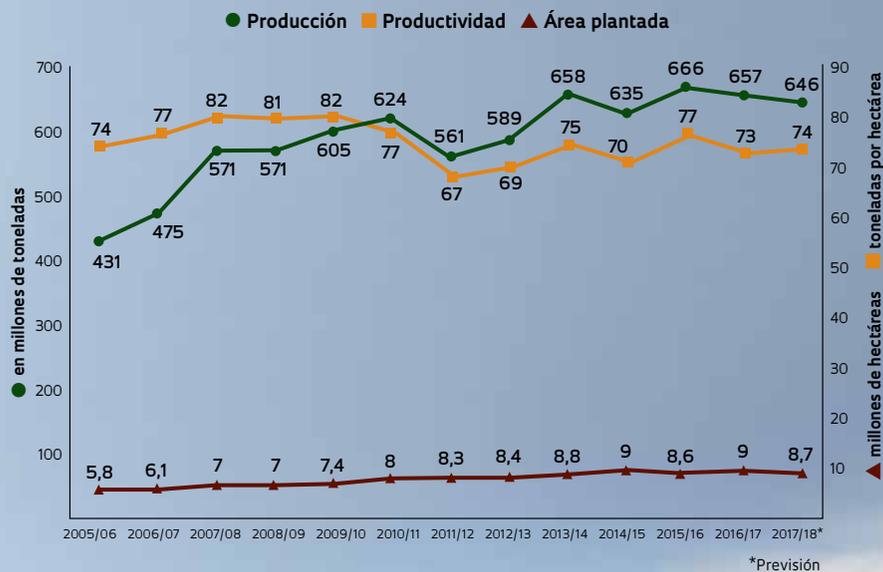
EL EQUIPO DE INVESTIGADORES

Lea quiénes son algunos de los profesionales que realizan I&D en CTC y sepa en que instituciones académicas se formaron

William Lee Burnquist, ingeniero agrónomo, director de Mejoramiento Genético	Universidad de São Paulo (USP): carrera de grado y maestría Universidad Cornell (EE.UU.): doctorado
Cesar Bueno de Souza, biólogo, líder de investigación	Universidade Estadual Paulista (Unesp): carrera de grado Universidad de Campinas (Unicamp): doctorado directo
Danila Montewka Melotto Passarin, ingeniera agrónoma, líder de investigación y desarrollo	USP: carrera de grado, maestría y doctorado
Francislei Vitti Raposo, ingeniero agrónomo, líder de investigación	Universidad Federal de Lavras (UFLA): carrera de grado, maestría y doctorado
Michael Keith Butterfield, genetista, gerente de Mejoramiento Genético	Universidad de Natal (Sudáfrica): carrera de grado y maestría Universidad de Stellenbosch (Sudáfrica): doctorado
Silvia Balbao Filippi Oliveira, ingeniera agrónoma, investigadora científica	USP: carrera de grado y maestría Unicamp: doctorado

Productividad estancada

La evolución del cultivo de caña de azúcar durante los últimos años en Brasil



FUENTE: COMPAÑÍA NACIONAL DE ABASTECIMIENTO (CONAB)



Las plantaciones de caña de azúcar ocuparán 8,7 millones de hectáreas en la zafra de 2017-2018

Otra de las investigaciones principales de CTC es el desarrollo de una nueva tecnología de plantío que se basa en el uso de semillas de caña, una antigua demanda de los productores. El modelo actual –en donde los culmos (el tipo de tallo) de la planta se entierran en surcos abiertos en el suelo mediante el empleo de tractores y otros implementos agrícolas– se considera ineficiente, pues requiere de una gran cantidad de materia prima, equipamientos, insumos y mano de obra. “Cualquier tecnología novedosa de plantío es bienvenida. El sistema actual resulta oneroso para los productores, ya que consume mucho gasoil, emite contaminantes en la atmósfera y contribuye a la compactación del suelo”, opina el ingeniero industrial químico Cláudio Lima de Aguiar, docente del Departamento de Agroindustria, Alimentos y Nutrición de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, en la Universidad de São Paulo (Esalq-USP).

UN EMBRIÓN DE LABORATORIO

El proceso de desarrollo de una semilla de caña de azúcar comenzó en 2009 y aún demandará algunos años hasta su conclusión. “Nuestra semilla es un embrión generado en laboratorio, mediante el uso de biotecnología, envuelto en un endospermo [un tejido que envuelve al embrión y se ocupa de nutrirlo] artificial. Ya disponemos de varias pruebas de concepto definidas, pero aún nos falta avanzar en las investigaciones para alcanzar los resultados necesarios”, resalta Danila Montewka Melotto Passarin, ingeniera agrónoma e investigadora de CTC. “Se trata de algo realmente nuevo. Aún no hay un formato definido, pero creemos que va a tener el tamaño de una semilla de soja o algo mayor”.

Para Antonio de Padua Rodrigues, director técnico de la Unica, la nueva tecnología de plantío de CTC es esperada con ansiedad por el sector. “La misma podría significar una evolución en el sistema de producción de la caña de azúcar. Esperamos mejorar la eficiencia y la calidad, con una productividad mayor y con salud en el cañamelar”, subraya. “Esta tecnología hará posible liberar aquellas áreas que hoy en día se emplean como vivero de plantines para destinarlas a molienda y, fundamentalmente, permitirá incrementar la velocidad y la escala de nuevas variedades de caña, más modernas y productivas”. ■

Fósiles dinámicos



5 cm

Reconstrucciones en 3D apuntan nuevas características de cocodrilos y dinosaurios que vivieron hace millones de años en lo que actualmente es Brasil

Diego Freire

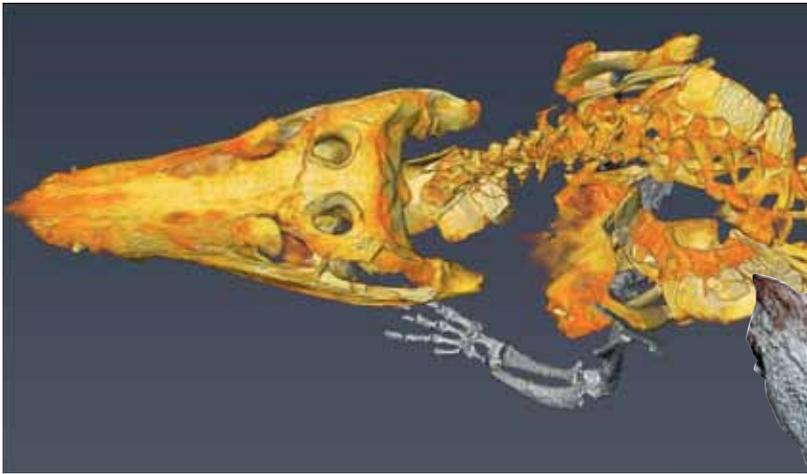
PUBLICADO EN OCTUBRE DE 2017

El hallazgo de un fósil constituye una parte importante del trabajo de un paleontólogo y quizá la más célebre. Pero en muchos casos, éste es tan sólo el primer paso de un intenso esfuerzo de interpretación de los ecos de un pasado tan remoto que casi ya no pueden oírse. Dos estudios recientes realizados por equipos científicos brasileños revelaron de qué manera el uso de imágenes tridimensionales generadas por tomógrafos pueden conducir a nuevas interpretaciones al respecto de los hábitos y las características de fósiles conocidos, y permite reconstruir digitalmente cómo habrían sido los movimientos de animales que vivieron hace cientos de millones de años.

Un trabajo de paleontólogos de los estados de São Paulo y Río de Janeiro sugiere que una especie extinta de cocodrilo, descubierta en 2004 en Monte Alto, una localidad del interior paulista, tenía hábitos de locomoción terrestre. Esta hipótesis se basa en el análisis de la anatomía de las patas del reptil en cuestión, que vivió hace 80 millones de años. Otro estudio, a cargo de paleontólogos de São Paulo, Minas Gerais y de Alemania, reconstruyó las estructuras del cerebro de un dinosaurio de 230 millones de años hallado en la década de 1990 en el estado de Rio Grande do Sul. En dicho trabajo, los autores sostienen que ese animal poseía un cuello tan ágil que le permitía ser básicamente carnívoro,

y no estrictamente herbívoro, tal como era típico en el grupo al cual pertenecía.

Más de una década después de haber participado en el descubrimiento de fósiles del cocodrilo *Montealtosuchus arrudacamposi*, la paleontóloga Sandra Simionato Tavares, directora del Museo de Paleontología de Monte Alto, en el interior paulista, reconstruyó las articulaciones y la musculatura del animal. En un trabajo conjunto con investigadores del Instituto de Radiología de la Facultad de Medicina de la Universidad de São Paulo (FM-USP), la científica obtuvo imágenes por tomografía de las diferentes partes del fósil, compuesto por el cráneo, vértebras y una pata delantera. Otros colaboradores trabajaron



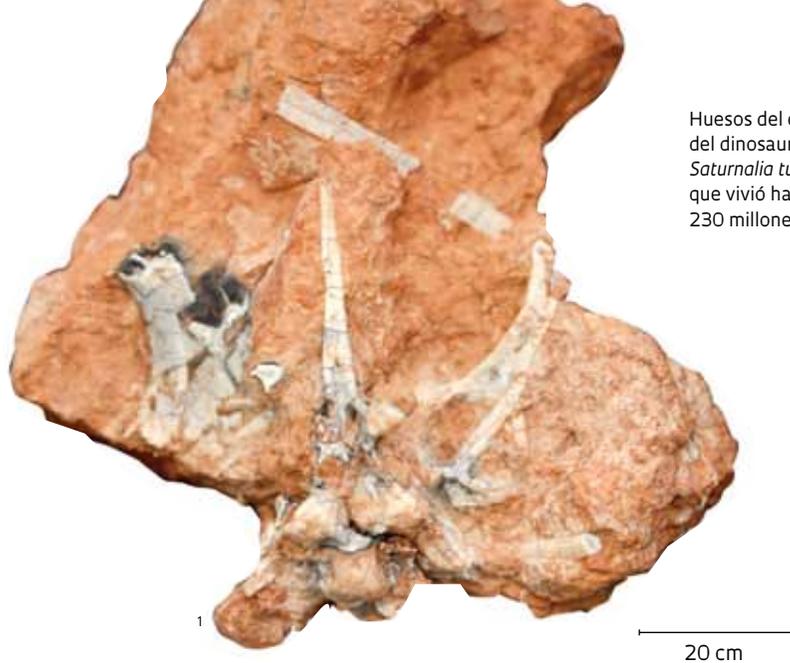
luego con dichas imágenes en el Centro de Tecnología de la Información Renato Archer (CTI) y en el Laboratorio Nacional de Luz Sincrotrón (LNLS), ambos en Campinas, en el interior de São Paulo, y pudieron recrear los movimientos del reptil en un ámbito virtual. El resultado de este trabajo, que contó con la participación de Fresia Ricardi Branco, del Instituto de Geociencias de la Universidad de Campinas (Unicamp), salió publicado en julio de este año en la revista *Cretaceous Research*.

“El cocodrilo estudiado posee algunas características de las especies actuales y otras de sus ancestros más remotos”, comenta Simionato Tavares. Las articulaciones de la mandíbula con el cráneo del *Montealtosuchus* eran similares a las de los cocodrilos de hoy. Sin embargo, la disposición frontal de las narinas y las órbitas ubicadas en forma lateral en el cráneo de la especie extinta son indicadores de que la misma habitaba en ambientes terrestres. Por medio de imágenes de tomografía, los investigadores del grupo de Simionato pudieron avanzar más allá de las descripciones de las características morfológicas del ejemplar y comprender ciertos aspectos de su biomecánica. Los resultados de estos análisis indican que la postura de las patas del *Montealtosuchus* era más erguida que la de sus congéneres actuales, de hábitos acuáticos.

El cocodrilo extinto, que medía entre 1,30 y 1,50 metros (m), pesaba de 25 a 50 kilogramos. La reconstrucción digital sugiere que las articulaciones de los huesos de su cintura escapular y de su esqueleto apendicular anterior, que colabora

Imágenes de tomografías del cocodrilo *Montealtosuchus arrudacamposi* y el esqueleto montado con los fósiles encontrados del reptil





Huesos del cráneo del dinosaurio *Saturnalia tupiniquim*, que vivió hace 230 millones de años

formación de los fósiles sin dañarlos. Las tomografías permiten elaborar modelos de cómo se insertaba y se distribuía la musculatura en el cuerpo, aspectos difícilmente pasibles de evaluar mediante la mera observación de los registros fósiles”, informa.

Merced al perfeccionamiento de la tomografía computada, investigadores de la USP de Ribeirão Preto y de la Universidad Ludwig y Maximilians de Múnich, en Alemania, lograron estudiar en detalle los fósiles de huesos que albergan el cerebro, el denominado neurocráneo, del *Saturnalia tupiniquim*. Este dinosaurio, hallado en rocas de Rio Grande do Sul provenientes del período Triásico, es uno de los más antiguos del mundo. Esta especie forma parte del linaje de dinosaurios saurópodomorfos, la misma de los mayores animales terrestres que hayan habitado el planeta, herbívoros cuellilargos de hasta 40 m de largo y 90 toneladas de peso. A diferencia de sus descendientes famosos, el dinosaurio brasileño era bajito. Medía alrededor de 1,5 m. Además de plantas, también se habría alimentado de pequeños animales. La comprensión sobre los hábitos alimentarios de este animal se amplió mediante la reconstrucción de la estructura interna del cráneo, que permitió calcular la forma y la dimensión del cerebro y del resto de los órganos que conforman el encéfalo. De estos análisis surgieron las evidencias adicionales que apuntan que los saurópodos más antiguos también habrían sido predadores.

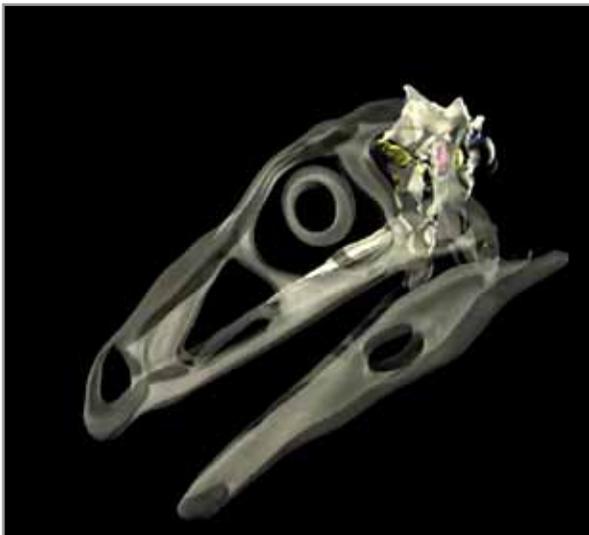
para su sostén y en el desplazamiento corporal, se distribuían permitiendo que las patas quedaran en posición vertical debajo del cuerpo y no al lado de éste. La reconstrucción en 3D del esqueleto indica que la articulación entre la escápula, la apófisis coracoides y el húmero, juntamente con los metacarpos más comprimidos y cercanos unos de otros, le permitían al cocodrilo desplazarse en ambientes terrestres a través de largas distancias en busca de sus presas, sin depender de grandes cuerpos de agua o de entornos muy húmedos.

Estructuras del cerebro que indican que el *Saturnalia* era un predador, y no estrictamente un herbívoro

La comprensión del pasado de la vida en la Tierra debe trascender al simple conocimiento de la diversidad de formas de vida existentes”, resalta el paleontólogo Ismar Carvalho, del Instituto de Geociencias de la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ), uno de los coautores del trabajo. Para el investigador, el análisis de la mecánica de los movimientos y la fisiología de esos especímenes permite perfeccionar las interpretaciones ecológicas. “Las soluciones anatómicas y fisiológicas de los animales traducen aspectos de los espacios ecológicos en donde habitan, pero este conocimiento se ve limitado debido a la dificultad de extraer más in-



El sitio paleontológico del sur de Brasil en donde se halló al dinosaurio



Reproducción artística de la apariencia del dinosaurio y modelado del cráneo en su cabeza

Para el paleontólogo Sérgio Alex Azevedo, del Museo Nacional de la UFRJ, quien no intervino en los estudios del cocodrilo de Monte Alto ni del dinosaurio *gaúcho*, el uso de la tomografía en las investigaciones paleontológicas no constituye una novedad, pero se ha tornado más eficiente con el desarrollo de tecnologías de mayor resolución. Estos dispositivos más sofisticados permiten entrever más allá de lo que son capaces los tomógrafos médicos. En el caso de los fósiles, no hay que preocuparse de un control exhaustivo de la radiación empleada en los exámenes con la finalidad de evitar daños a la salud de los animales, muertos hace ya mucho tiempo. “Se trata de una técnica no invasiva, que no altera en nada la forma en que se los analiza, algo fundamental cuando operamos con materiales que están resistiendo el deterioro natural y no pueden correr el riesgo de sufrir daños mecánicos. Con base en esto, disponemos de acceso a una serie de informaciones que anteriormente no se hallaban disponibles, tales como las estructuras de las cavidades internas”, explica. ■

En una reconstrucción virtual, los investigadores completaron el neurocráneo fosilizado y notaron la existencia de estructuras bastante voluminosas, tales como el flóculo y el paraflóculo, que forman parte del cerebelo y están relacionadas con el control de la visión y de los movimientos de la cabeza y el cuello del animal. “Esas estructuras tan desarrolladas sugieren que el animal habría presentado un comportamiento típico de los predadores, que emplean movimientos rápidos de la cabeza y el pescuezo para capturar presas pequeñas y esquivas”, dice el paleontólogo Mario Bronzati Filho, primer autor del artículo, publicado en septiembre en la revista *Scientific Reports*, con los resultados del análisis. En la actualidad, Bronzati realiza un doctorado en la universidad alemana.

De acuerdo con Max Cardoso Langer, del Departamento de Biología de la Facultad de Filosofía, Ciencias y Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP) de la USP, ésta fue la primera vez que se reconstituyeron virtualmente partes del cerebro de un dinosaurio tan antiguo. “A partir de ese estudio, se pudo avanzar más allá de la comprensión de los hábitos deducidos habitualmente, basados tan sólo en la morfología de los dientes y otras partes del esqueleto que están íntimamente relacionadas con la evolución de la vida en la Tierra”, dice el investigador, uno de los descubridores de este ejemplar de dinosaurio en la década de 1990. El paleontólogo Jonathas de Souza Bittencourt Rodrigues, de la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG), también participó en el estudio del *Saturnalia*.

Proyecto

El origen y la difusión de los dinosaurios en Gondwana (Neotriásico –Eojurásico) (nº 14/ 03825-3); Investigador responsable Max Langer (USP); Modalidad Proyecto Temático; Inversión R\$ 1.959.890,17.

Artículos científicos

TAVARES, S. et al. The morphofunctional design of *Montealtosuchus arrudacamposi* (Crocodyliformes, Upper Cretaceous) of the Bauru Basin, Brazil. *Cretaceous Research*. 11 jul. 2017.

BRONZATI, M. et al. *Scientific Reports*. 20 sept. 2017.



La ocupación del “Brasil” primitivo

Surgen evidencias que apuntan que hace alrededor de diez mil años existían poblaciones de cazadores-recolectores en todas las grandes regiones del actual territorio del país

Marcos Pivetta

PUBLICADO EN FEBRERO DE 2018

Hace 10.500 años, prácticamente la totalidad del territorio que más tarde se convertiría en Brasil ya estaba habitado por poblaciones significativas de cazadores-recolectores. Desde la Amazonia hasta la Pampa sureña, pasando por las áreas que hoy ocupan el Cerrado –la sabana del país–, la Caatinga –chaparral semiárido– y el Pantanal, los principales biomas brasileños exhiben vestigios de la presencia humana que se remontan al menos a 10 milenios. La única excepción parece ser la costa atlántica, donde los registros más antiguos y confiables sugieren que el *Homo sapiens* quizá haya necesitado otros 500 ó 1.000 años para alcanzar la costa este del continente. De cualquier manera, hace unos 10 mil años, tres grandes tradiciones culturales asociadas a la fabricación de artefactos de piedra, tales como raspadores, lascas o fragmentos y puntas de flechas, se habían establecido en la mitad oriental de América del Sur. La cultura Umbu se hacía presente en el sur; Lagoa Santa se ubicaba en el actual territorio de Minas Gerais, e Itaparica ocupaba parte de los actuales nordeste

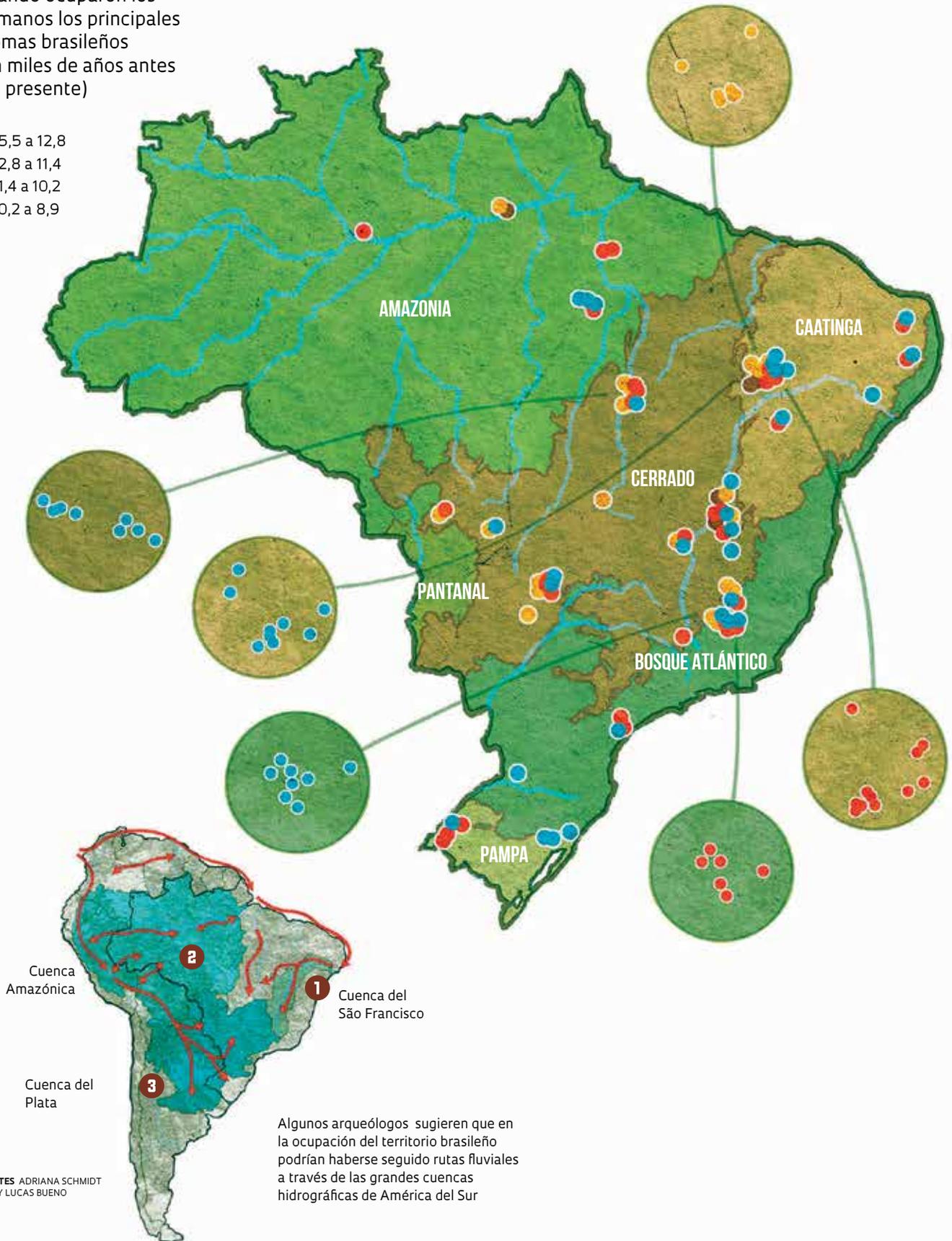


Tres puntas de flecha del sitio de Tunas, en el estado de Paraná (a la izq.), una de Marinheiro, en Minas Gerais (en el borde superior), y otra de Garivaldino (arriba), en Río Grande do Sul. Todas tienen alrededor de 10 mil años de edad

Edad y ubicación de sitios arqueológicos prehistóricos antiguos

Cuándo ocuparon los humanos los principales biomas brasileños (en miles de años antes del presente)

- 15,5 a 12,8
- 12,8 a 11,4
- 11,4 a 10,2
- 10,2 a 8,9



Algunos arqueólogos sugieren que en la ocupación del territorio brasileño podrían haberse seguido rutas fluviales a través de las grandes cuencas hidrográficas de América del Sur



y centro-oeste. Pese a ser esquemático y simplificado, este escenario sobre la colonización inicial de Brasil condensa informaciones e interpretaciones que surgen de buena parte de los hallazgos arqueológicos efectuados durante las últimas tres décadas.

Este panorama sugiere que la llegada de los humanos modernos a las más diversas latitudes del territorio brasileño habría constituido un proceso antiguo y complejo, tal vez por medio de múltiples rutas. La ocupación de un área continental como la de Brasil y el posterior desarrollo de tres tipos de culturas materiales distintas requiere tiempo, probablemente algunos miles de años. “Deben haberse producido múltiples migraciones hacia el territorio del actual Brasil, la más remota de ellas previa al episodio del último máximo glacial [la Edad del Hielo más reciente, cuyo pico fue hace aproximadamente unos 20 mil años]”, dice el arqueólogo Astolfo Araujo, del Museo de Arqueología y Etnología de la Universidad de São Paulo (MAE-USP), quien publicó un artículo científico sobre el tema en abril de 2015, en el periódico *Anais da Academia Brasileira de Ciências*.

Hace algunas décadas, la datación de sitios arqueológicos con edades cerca-

Una pintura rupestre en el sitio arqueológico de Pedra Pintada, en Monte Alegre, estado de Pará, donde la presencia humana se remonta a 12 mil años

nas o superiores a los 13 mil años pertenecientes a la denominada cultura de Clovis, un sitio en el estado de Nuevo México (EE.UU.), era vista con extrema desconfianza. Allí se encontraron las famosas puntas de flechas bifaciales asociadas a cazadores-recolectores. Durante la mayor parte del siglo pasado, la cultura de Clovis fue considerada la más antigua que había ocupado América. Hoy en día, esa barrera de los 13 mil años ha sido igualada o sobrepasada por otros sitios arqueológicos del continente, tanto arriba como por debajo de la línea del ecuador. Tales son los casos de Monte Verde, en Chile; de Huaca Prieta, en Perú; las cavernas Paisley, en el estado de Oregon (EE.UU.), y la isla Triquet, en Columbia Británica (Canadá), además de algunos sitios en Brasil. “No se trata de hacer hincapié solamente en el momento en que se produjo la ocupación inicial del territorio brasileño por el hombre,

sino en cómo se llevó a cabo el mismo sobre un área tan enorme, con biomas tan distintos”, comenta la arqueóloga Adriana Schmidt Dias, de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS).

A TRAVÉS DE LOS RÍOS

Si en su trayecto por el continente americano el *Homo sapiens* migró del hemisferio Norte hacia el hemisferio Sur, ha de haber pasado y probablemente ha de haberse asentado también en algún punto de América Central, antes de arribar a la Amazonia o a los Andes. “El problema reside en que aún no hemos hallado vestigios de ello en sitios arqueológicos más antiguos que los de América del Sur en Panamá, que habría formado parte de esa ruta interna de poblamiento”, dice el arqueólogo Eduardo Góes Neves, quien también trabaja en el MAE-USP. Es más, una vez que puso el pie en Sudamérica, el hombre probablemente siguió su recorrido por aguas fluviales hasta llegar al Brasil profundo. Esta última hipótesis se ve corroborada por la significativa cantidad de sitios arqueológicos registrados en áreas vecinas a los grandes ríos que surcan el territorio brasileño, tales como el Amazonas y el Solimões, en la Amazonia, el São Francisco, en el

nordeste, y el Paraná y el Uruguay, en el sur. “Las rutas colonizadoras por ríos son las que siempre se recuerdan”, analiza el arqueólogo y antropólogo Walter Neves, del Instituto de Biociencias de la USP.

Uno de los enclaves prehistóricos más antiguos de Brasil, cuya primera ocupación se estima en alrededor de 25 mil años atrás, y otra posterior hace entre 12 mil y 2 mil años, es el refugio Santa Elina, en el estado de Mato Grosso, que está ubicado a 30 kilómetros del río Cuiabá, un importante afluente de la cuenca del Paraná-Paraguay. Los sitios arqueológicos de Serra da Capivara, en el estado de Piauí, en donde la presencia humana posiblemente se remonte a 20 mil años atrás, se encuentran a unos 100 kilómetros del río São Francisco. En Uruguayana, en el extremo occidental del estado de Rio Grande do Sul, justo en la frontera con Argentina, el asentamiento arqueológico Laranjito, que exhibe industria lítica con una edad establecida en aproximadamente 12 mil años, se ubica en las costas del lado brasileño del río Uruguay.

En un artículo publicado a comienzos de 2015 en la *Revista de Estudos Avançados*, de la USP, Adriana Schmidt Dias y el arqueólogo Lucas Bueno, de la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC), postularon la existencia de tres grandes rutas fluviales que podrían haber sido utilizadas por los pueblos prehistóricos para adentrarse en el actual territorio brasileño. Una de ellas sería a través de la cuenca amazónica, otra por el río São Francisco y una tercera explorando las aguas de la cuenca del Plata. Este trabajo en gran parte deriva de los datos recopilados y de las interpretaciones presentadas en un estudio anterior, publicado a mediados de 2013 en la revista científica *Quaternary International* por el mismo dúo brasileño junto al arqueólogo inglés James Steele, del University College London (UCL).

En ese artículo de revisión, el trío de investigadores analizó los resultados de las dataciones efectuadas con base en vestigios arqueológicos provenientes de 90 enclaves prehistóricos de Brasil, cuyas informaciones fueron dadas a co-

El Bosque Atlántico, cercano a la costa, habría sido la última región del país colonizada por el hombre

nocer en artículos científicos que se publicaron a partir de la segunda mitad de los años 1980. Las edades se obtuvieron empleando el método del carbono 14 sobre un conjunto diverso de vestigios arqueológicos compuesto por huesos, dientes y cabellos humanos, artefactos de piedra, puntas de lanza y cuantiosos restos de hogueras (aparentemente de origen humano). En el artículo se verificó la confiabilidad de 277 dataciones que habían arrojado edades entre 15.500 y 8.900 años (*véase el mapa*). “Desestimamos 63 dataciones que, por algún motivo, ofrecían un grado de incertidumbre mayor acerca de su cronología”,

explica Schmidt Dias. Y también los resultados de las dataciones con más de 15 mil años de antigüedad, que suelen ser objeto de controversias y polémicas –tales como algunas registradas para determinados sitios de Serra da Capivara o en Santa Elina–, que tampoco se tuvieron en cuenta.

Entre las dataciones analizadas en ese trabajo, nueve arrojaron resultados entre 15.500 y 12.800 años. Ésas fueron las más antiguas de la muestra, y se obtuvieron a partir del material de cinco sitios arqueológicos. Dos de esos enclaves, Toca do Sítio do Meio y Toca do Gordo de Garrincho se encuentran en la zona de Serra de Capivara. Otros dos están localizados en el norte del estado de Minas Gerais: Lapa do Boquete, un sitio ubicado en el valle del río Peruaçu, que actualmente es un área de transición entre los biomas del Cerrado y la Caatinga, y Lapa do Dragão, en el límite con el estado de Bahía. El quinto sitio es la caverna de Pedra Pintada, en Monte Alegre, en los alrededores de localidad de Santarém, en el norte del estado de Pará, desde el cual se avista el río Amazonas.

Este último sitio prehistórico fue noticia en todo el mundo a comienzos de la década de 1990, cuando la arqueóloga estadounidense Anna Roosevelt, bisnieta del expresidente de Estados Unidos, Theodore Roosevelt, dató por primera vez sus pinturas rupestres en alrededor de 11 mil años. En la actualidad, Pedra Pintada, cuyo material acopiado



Una sepultura de hace alrededor de 10 mil años en la región de Lagoa Santa, Minas Gerais

por la investigadora no quedó en Brasil, está siendo estudiada nuevamente por el arqueólogo Claide Moraes, de la Universidad Federal del Oeste de Pará (Ufopa), en Santarem. “Tenemos cinco dataciones nuevas de carbones y semillas carbonizadas provenientes de hogueras probablemente encendidas por humanos prehistóricos cuya fecha se determinó en 12 mil años”, dice Moraes.

A continuación de esos cinco sitios arqueológicos más antiguos que se consiguen en la muestra, el trabajo publicado en *Quaternary International* destaca a las ubicaciones con edades entre 12.800 y 11.400 años. En ese período de la prehistoria brasileña, la distribución geográfica de la presencia humana empieza a expandirse. Además de incluir al norte de Minas Gerais, el estado de Piauí y la Amazonia, los sitios de este período incluyen localidades situadas en el extremo sur del país, en el límite con Uru-

guay, y del centro-oeste, tal como es el caso de Santa Elina, en el estado de Mato Grosso. Para este intervalo de tiempo, la cantidad de dataciones asciende a 56 y los sitios arqueológicos suman 29.

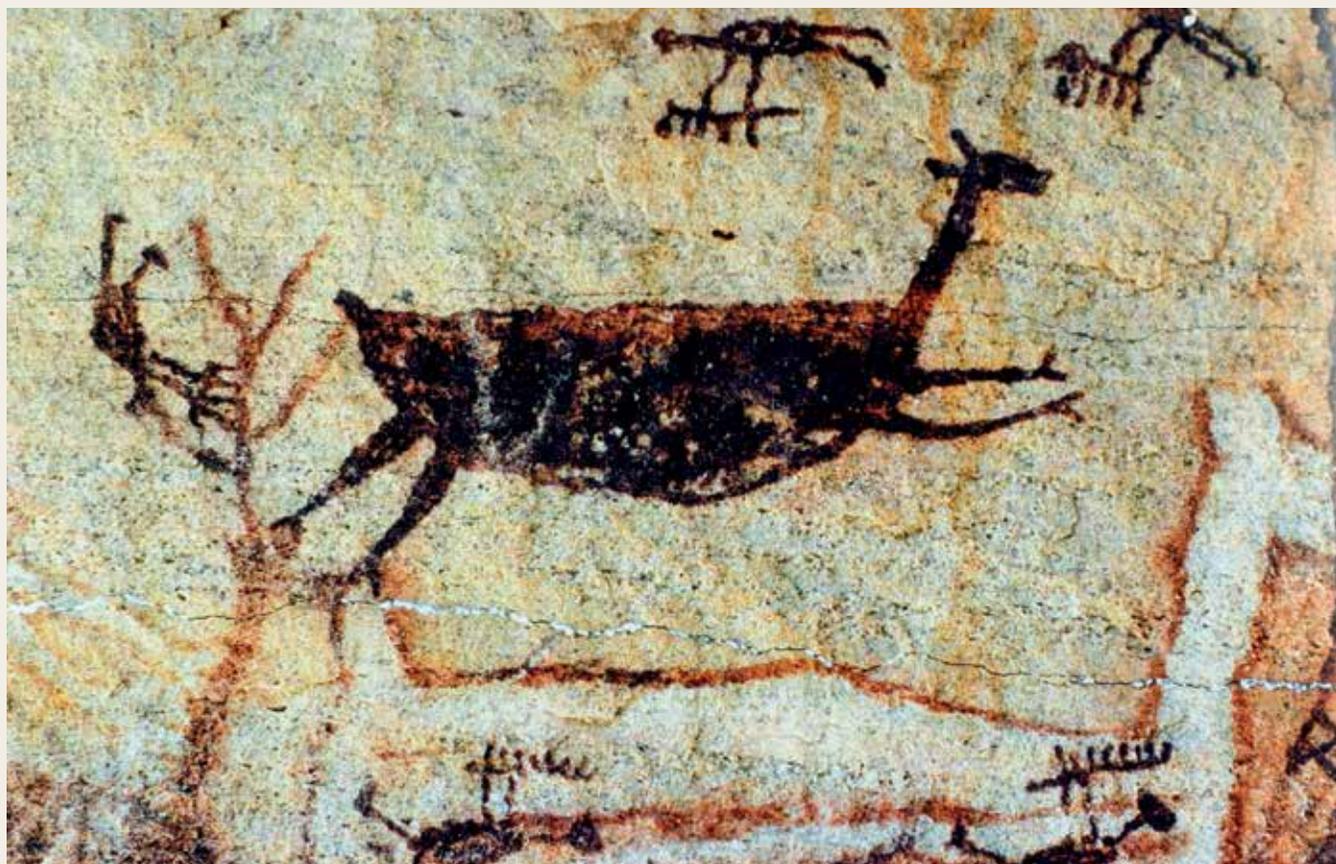
Hace entre 11.400 y 10.200 años, en el estudio se computaron 65 dataciones relacionadas con 46 sitios, ya diseminadas literalmente de norte a sur por todo el actual territorio brasileño. “Alrededor de 10.500 años atrás, la cantidad de sitios arqueológicos crece en todas las regiones”, comenta Schmidt Dias. En la región de Serranópolis, en el sudeste del estado de Goiás, por ejemplo, se conocen más de 40 yacimientos con material lítico asociado a la cultura Itaparica. Los mismos exhiben pinturas rupestres y están ubicados en refugios rocosos a orillas del río Verde, un afluente del río Paranaíba. Sus edades varían entre 10.700 y 8.400 años. Incluso el estado de São Paulo, al cual se lo consideró vacío de vestigios arqueológicos durante un buen tiempo, aportó dos yacimientos de este último período: Batatal 1 y Capelinha, ambos situados en la zona conocida como Vale do Ribeira, en áreas donde los pobladores prehistóricos construyeron una especie de ce-

menterio a orillas de los ríos, constituido por las formaciones de montículos de conchas que se conocen con el nombre de sambaquies o concheros fluviales. A mediados de la década de 2000, se encontró en Capelinha un cráneo humano con casi 10 mil años que recibió el apodo de Luzio. Este yacimiento arqueológico está considerado como el más antiguo en la zona del Bosque Atlántico con registros de la presencia humana en la región. El hallazgo de sitios arqueológicos en áreas cercanas o vecinas al litoral atlántico siempre constituye un reto. En el transcurso del tiempo hubo variaciones en el nivel del mar y puede ser que existan antiguos asentamientos que hoy en día se encuentren en zonas sumergidas.

PUNTAS DE FLECHAS

Las puntas de flechas relatan una historia similar al respecto de la ocupación humana primigenia del territorio brasileño. Aquí, este tipo de vestigio de la cultura material de los pueblos prehistóricos se considera algo relativamente raro. Al menos tres sitios arqueológicos asociados a dos culturas distintas dejaron ejemplares de esos artefactos

Pinturas en la zona de Serra da Capivara, estado de Piauí, uno de los puntos más antiguos del territorio brasileño con vestigios de presencia humana



líticos con edades superiores a los 10 mil años. En el sitio de Garivaldino, en el centro de Rio Grande do Sul, y en Tunas, en el estado de Paraná, se encontraron puntas de proyectiles pertenecientes a la cultura Umbu. En la Gruta do Marinheiro, en Minas Gerais, también se hallaron artefactos líticos de ese tipo, igualmente antiguos, pero cuya filiación cultural es objeto de debate.

Algunos arqueólogos consideran que las puntas del sitio arqueológico *mineiro* pertenecen a la cultura Umbu, al tiempo que otros todavía no saben cómo catalogarlas. “Las puntas de la Gruta do Marinheiro son totalmente distintas a las del sur. No pertenecen a la tradición de Lagoa Santa ni a Umbu. Y mucho menos a la cultura de Itaparica, la cual, por cierto, no elaboraba puntas”, sostiene la arqueóloga Mercedes Okumura, del Museo Nacional de la Universidad Federal de Río de Janeiro (MN-UFRJ), una de las pocas investigadoras de Brasil que estudian estos tipos de artefactos líticos. “La teoría nos dice que para que surja esa diversidad en el modo de elaborar las puntas se necesita, entre otros factores, un tiempo suficiente como para que la misma se desarrolle. Dicho de manera simplificada, se trata de un proceso similar al de la evolución biológica”.

No puede descartarse la posibilidad de que un grupo prehistórico presente en esa región, y que ya sabía fabricar puntas de flechas con ciertas características, haya emigrado hacia un área en donde no existía ese tipo de conocimiento. En teoría, dicha migración reduciría el tiempo requerido para que un grupo aprendiese a elaborar puntas de un determinado estilo. Sin embargo, las puntas de flechas halladas en Brasil no se asemejan a las de la cultura de Clovis, de América del Norte, ni a las del tipo cola de pescado, presentes en Argentina y en Uruguay, cuyas edades llegan a 11 mil años. “En Brasil hay algunas de éstas, pero aún no se han datado”, comenta Okumura.

EDAD CALIBRADA

Las dataciones de los sitios arqueológicos siempre conllevan alguna discordancia, y a veces incluso polémicas, cuando



Artefacto de piedra del sitio arqueológico de Santa Elina, en el estado de Mato Grosso, datado en más de 25 mil años

Varios sitios de América del Sur son tanto o más antiguos que los de la cultura de Clovis, en Estados Unidos, que surgió hace 13 mil años

los resultados obtenidos apuntan edades inesperadas. Uno de los motivos subyacentes de ello es que en América la cantidad de osamentas humanas antiguas halladas preservadas es pequeña y, entre los pocos casos que resistieron al paso del tiempo, resulta raro que los arqueólogos logren extraer tejido biológico (colágeno) que pueda convertirse en objeto directo de una datación con carbono 14. La datación directa de material humano siempre es más difícil de cuestionar. Mediante el método del carbono 14, se puede fechar material de hasta 50 mil años. Cuando no se puede determinar una cronología de la ocu-

pación de un área a partir del tejido biológico de esqueletos humanos, el recurso siguiente consiste en procurar obtener datos indirectos: la datación la capa geológica en donde se hallaron los esqueletos o vestigios humanos. De no hallarse huesos de *Homo sapiens*, otra opción es buscar objetos fabricados por la mano del hombre o restos de hogueras encendidas por el hombre que puedan datarse. Cuando esto tampoco fuera posible, lo que queda es nuevamente recurrir a la datación de la capa geológica en donde se halló el objeto asociado a la presencia humana.

Para complicar aún más las cosas, las edades registradas mediante el método del carbono 14 pueden presentarse en dos formas, calibradas o no calibradas. Esto genera discrepancias y confusiones. Al público lego no siempre le queda claro cuándo los arqueólogos o los medios de comunicación están usando un tipo de dato u otro. Las edades obtenidas con la técnica del carbono 14 deben afrontar un tipo de corrección para ser equivalentes a los años del calendario humano. De este modo, 10 mil años registrados según la técnica del carbono 14 representan, una vez calibrados, alrededor de 12 mil años. Existe otra forma de efectuar esta corrección y, dependiendo de la técnica empleada y del margen de error, los resultados corregidos pueden variar ostensiblemente. Por eso algunos arqueólogos prefieren trabajar con las dataciones del carbono 14 sin haber pasado por ese proceso de corrección. “Prefiero usar fechas no calibradas”, comenta Walter Neves. Un detalle: en este reportaje se emplearon dataciones calibradas. ■

Artículos científicos

- BBUENO, L. y DIAS, A. Povoamento inicial da América do Sul: Contribuições do contexto brasileiro. *Estudos Avançados*. v. 29, n.83, ene./ abr. 2015.
- ARAUJO, A. G. M. On vastness and variability: Cultural transmission, historicity, and the paleoindian record in eastern South America. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. v. 87, n. 2, p. 1239-58. 2015.
- BUENO, L. et al. The late Pleistocene/ early Holocene archaeological record in Brazil: A geo-referenced database. *Quaternary International*. v. 301, p. 74-93. 8 jul. 2013.



EDAD 92 años

ESPECIALIDAD

Demografía

ESTUDIOS

Título de grado en matemática otorgado por la Pontificia Universidad Católica de Campinas (PUC-Campinas, Brasil, 1947), doctorado en bioestadística obtenido en la Universidad Columbia, en Estados Unidos (1958)

INSTITUCIÓN

Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Cebrap)

PRODUCCIÓN

CIENTÍFICA

Alrededor de 100 artículos científicos y 26 libros escritos o compilados

Huellas pioneras en la demografía

La estudiosa que reveló los cambios en el comportamiento reproductivo de los brasileños ahora quiere saber más sobre los jóvenes

Neldson Marcolin | RETRATO Léo Ramos Chaves

PUBLICADO EN DICIEMBRE DE 2017

Elza Salvatori Berquó es experta en estadística y demografía, con una inclinación especial por abrir frentes de investigación inesperados. Así ocurrió cuando estudió la reproducción humana en la ciudad de São Paulo, a mediados de la década de 1960, en la Facultad de Salud Pública de la Universidad de São Paulo (FSP-USP), y detectó por primera vez un descenso en la fecundidad entre las mujeres paulistanas. Y así sigue, al instar en mayo de este año a los investigadores del Núcleo de Estudios de la Población de la Universidad de Campinas (Nepo-Unicamp) a abocarse a un nuevo proyecto tendiente a comprender los suicidios entre los adolescentes, que estarían aumentando en todo el mundo.

Coleccionista de premios y distinciones, el 8 de agosto de este año Elza Berquó recibió el galardón al cual considera definitivo. El auditorio del Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Cebrap), en São Paulo, fue bautizado con su nombre. “Ese honor que me concede el Cebrap era lo único que me faltaba”, dice. “Ahora ya no me falta nada”. En 2014, el Nepo, creado por ella en 1982, hizo algo parecido e incorporó el nombre de la demógrafa. Recientemente, la editorial Unicamp publicó el libro *Demografia na Unicamp – Um olhar sobre a produção do Nepo* [Demografía en la Unicamp. Una mirada sobre la producción del Nepo], compilado por Berquó.

La alegría que la embarga tiene su fundamento. Cuando ella fue jubilada compulsivamente por el

Acto Institucional nº 5, el AI-5, en 1968, sintió que se quedaba sin suelo. Sus investigaciones en la FSP quedaron trucas y se le prohibió el ingreso a la institución. Al año siguiente recobró al ánimo al recibir una invitación para convertirse en una de las fundadoras del Cebrap junto a Fernando Henrique Cardoso, José Arthur Giannotti, Cândido Procópio Ferreira de Camargo [1922-1987] y algunos más. “Llegó con un proyecto definido, sabiendo lo que iba a hacer, y nos develó la revolución que se estaba gestando en la reproducción de los brasileños”, recordó Giannotti en el marco del acto de homenaje.

Elza Berquó nació en Guaxupé, estado de Minas Gerais, a causa de los constantes traslados de su padre, empleado de Correos. Decidió estudiar la carrera de matemática en la Pontificia Universidad Católica de Campinas (PUC-Campinas) cuando su familia se hallaba radicada en dicha ciudad. La oportunidad de trabajo en la FSP le llegó tres años después de recibirse, en 1950. En estos casi 70 años como matemática, estadística y demógrafa fundó y colaboró en la creación de centros, núcleos e instituciones, siendo la responsable principal de la enseñanza formal y regular de la demografía en Brasil.

Contrajo matrimonio en dos oportunidades. La primera con el matemático Rubens Murilo Marques, quien cumplió un rol determinante en los albores de la Unicamp. Su segundo marido fue el administrador público José Ademar Dias, con quien compartió 36

años y del cual enviudó hace diez. No tuvo hijos por elección propia.

Sus 92 años, cumplidos el 17 de octubre, constituyen un factor limitante tan sólo en lo que concierne a su locomoción. “Nunca dejé de trabajar”, afirma. Hasta que sufrió una caída, frecuentaba el Cebrap al menos tres veces por semana. Recientemente retomó las visitas, de manera más espaciada. Pasa bastante tiempo en su casa, en la zona sur de São Paulo, una edificación que lleva la firma de su amigo y arquitecto Villanova Artigas (1915-1985), docente de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la USP y también cesanteado por el AI-5. Esa casa, construida por encargo de Elza y de su primer marido, estuvo lista en 1968 y se convirtió en una de las obras más admiradas de Artigas. Con una cierta frecuencia, la investigadora les abre las puertas a grupos de alumnos de arquitectura y documentalistas que desean mostrar su interior. Fue en la gran sala, repleta de recuerdos de viajes, libros y revistas, donde Elza concedió la entrevista que se lee a continuación.

En caso de que la reforma previsional que se encuentra en debate se apruebe, la gente tendrá que pasar más tiempo en el mercado laboral para llegar a jubilarse. Esto les suma presión a los jóvenes que necesitan empleo. ¿Usted avizora alguna solución para ese conflicto?

No. Lo que está ocurriendo es que las personas pueden jubilarse incluso a los 50 años de edad, a causa de su antigüedad laboral. Como empezaban a trabajar muy tempranamente, también se jubilaban pronto. No se observa lo mismo en el exterior. No veo a nadie jubilándose en Alemania, por ejemplo, con 50 años. Creo que hay que intervenir en ese tema para no ser injusto con nadie. Ahora bien, si éste es el momento para que el gobierno actual lo haga ya es otro tema.

Según estimaciones del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística, el IBGE, basadas en datos recabado por las Naciones Unidas en 2015, el perfil de la población de Brasil se acerca al de los países desarrollados, más envejecidos. ¿No es lo que anticiparon sus estudios hace bastante tiempo?

A este tema los demógrafos lo hemos estudiado mucho. La primera etapa de la transición demográfica en Brasil comenzó

“

Les sugerí a los investigadores del Nepo que reflexionaran sobre el suicidio adolescente, un problema global

aproximadamente en la década de 1940, con el inicio del descenso de la mortalidad. La segunda fase se produjo entre los años 1960 y 1970, cuando constatamos la mengua de la fecundidad. Quien se dedicó a eso en profundidad fue el sociólogo Vilmar Faria (1942-2001), del Cebrap. A su juicio, las familias debían ser grandes porque muchos hijos se morían, pero otros sobrevivían y eran éstos los que cuidarían a los padres en su vejez. Uno de los motivos de la caída de la fecundidad estaría ligado a la evolución de la seguridad social: las familias notaron que no era necesario tener muchos hijos porque en un futuro habría jubilación. Otro de los factores fue el surgimiento de la píldora anticonceptiva, en 1965. Y también se produjo la revolución de los medios de comunicación, fundamentalmente de la televisión, que también contribuyó para el descenso de la fecundidad.

¿Por qué?

Porque todas las novelas, que siempre tuvieron gran audiencia, mostraban un modelo de familia acotado. Tuve la oportunidad de entrevistar a varios directores de novela cuando, con posterioridad, estudié la influencia de la televisión en la caída de la fecundidad. Por entonces,

entre 1996 y 1997, estaba en el aire *O rei do gado* [El rey del ganado], de TV Globo. Les pregunté a los directores: “¿Globo influye para que ustedes muestren un modelo de familia pequeña?”. Ellos respondían: “Para nada, nosotros preferimos novelas con varios núcleos familiares pequeños porque el resultado es más interesante, en lugar de imitar a las mexicanas, donde están el rico y el pobre, el bien y el mal, en dos grandes familias”. Esa investigación se hizo muy famosa. Fue un grupo importante de estudiosos el que participó en el proyecto intitulado “El impacto social de la televisión en el comportamiento reproductivo”. La antropóloga Esther Hamburger, de la USP, fue una de las coordinadoras de ese estudio, que contó con la participación de gente del Cedeplar [el Centro de Desarrollo y Planificación Regional de la Universidad Federal de Minas Gerais], del Nepo y de la Universidad de Texas, en Estados Unidos. La investigación se llevó a cabo en la ciudad de São Paulo y en Montes Claros, esta última en el estado de Minas Gerais. Todo para poder comprobar, en la práctica, la influencia que tenía la televisión en la capital y en una ciudad del interior.

¿Existen otros factores que confluyeron para explicar el descenso de la fecundidad desde los años 1960 en adelante?

El último es la política de créditos para el consumidor. Cuando se cuenta con crédito y aspiraciones de consumo, se hace necesario pensar en cómo congeniar eso con la cantidad de hijos. Estos cuatro factores: seguridad social, anticonceptivos, televisión y crédito, en palabras de Vilmar Faria, no fueron pensados previamente para reducir la fecundidad, pero de una u otra forma ése fue el resultado. Hoy en día, en el siglo XXI, en Brasil, las mujeres tienen 1,8 hijos en promedio. Esto quiere decir que pueden tener dos o uno. Trabajamos en una investigación, que se hizo en el Cebrap y fue publicada en parte en la *Revista Brasileira de Estudos da População*, de la Abep [la Asociación Brasileña de Estudios de la Población], en 2014, sobre un fenómeno que está ocurriendo actualmente. Las mujeres se casan más tardíamente o no se casan, y van postergando la reproducción. De repente, el tiempo pasa y ellas no logran quedar embarazadas. Una cosa es la fecundidad y otra la fertilidad. La fertilidad es la capacidad de concebir; la fecundidad es

Cândido Procópio Ferreira de Camargo durante el evento de presentación del libro *A fecundidade em São Paulo*, de Maria Coleta de Oliveira y Berquó (a la der.), en 1968



la capacidad de, habiendo concebido, generar un nacido vivo. Son conceptos diferentes. Cuando la mujer posterga demasiado la reproducción, se sitúa en la parte descendente de una curva de fertilidad, que va disminuyendo con la edad. Cuando se es joven, la misma es alta. Cuando no logra embarazarse, puede recurrirse a la

fertilización asistida, si una cuenta con recursos. A medida que la fertilidad –y la mortalidad– descienden, cada vez tendremos menos nacimientos y, por lo tanto, menos población joven. Porque el resto de la población está viviendo más. Como hay menos muertes y se vive más, aumenta el envejecimiento de la población.

¿Cómo surgió la propuesta de estudiar la postergación de la reproducción?

Hace cinco años, al conversar con demógrafos residentes en São Paulo que no trabajan en la universidad comprobé que ellos andaban un tanto ansiosos porque sólo se contactaban con colegas en las reuniones de la Abep. A mí no me ocurría eso porque tenía mis grupos en el Cebrap y en el Nepo. Entonces decidí fundar el Café Demográfico en el Cebrap. Una vez al mes convocaba a esos investigadores que andaban solos para tomar un café, sin agenda. Venían desde el Seade [la Fundación Sistema Estadual de Análisis de Datos], de la Fundación Carlos Chagas, del Hospital Santa Casa, del Instituto de Salud de la Secretaría de Salud de la Gobernación... Nos reuníamos sin ninguna pauta para conversar un poco sobre lo que cada uno estaba haciendo. Charla va, charla viene, coincidimos en que era importante estudiar la postergación de la reproducción. Entonces surgió algo distinto: teníamos una pauta. La gente del Seade tenía información sobre São Paulo porque tiene acceso a los certificados de nacimiento, donde figura la edad de la madre, su condición socioeconómica,

etc. Esa labor le cupo a Bernadette Waldvogel y a Carlos Eugenio Ferreira, ambos del Seade, a Sandra García y a Tânia di Giacomo do Lago, compañeras mías en el Cebrap, y a Luís Eduardo Batista, del Instituto de Salud. Trabajamos juntos hasta tener listo ese texto. El primer trabajo lo publicamos en la revista de la Abep en 2014. Previamente, llevamos a cabo un seminario con ese equipo. En el artículo confirmamos el descenso en los niveles de fecundidad entre 1960 y 2010, y demostramos que hubo un incremento en la tasa de nacimientos de primogénitos entre mujeres de 30 a 39 años durante el período comprendido entre 2000 y 2010. Esos datos nos llevaron a suponer la existencia de la postergación, temporal o definitiva, de la reproducción entre las mujeres paulistas.

¿Ese proyecto es el mismo que fue denominado “Mujer de 30”?

Sí, se le dio ese nombre a causa de la postergación de la maternidad. En broma, Batista recordó una canción de Miltoninho [1928-2014] intitulada “*Mulher de 30*”. En el primer estribillo, la letra dice: “*Você, mulher / Que já viveu, que já sofreu / Não minta / Um triste adeus nos olhos seus / A gente vê, mulher de 30*” [“Tú, mujer / Que has vivido y has sufrido / No escondas / Un triste adiós en tus ojos / Podemos verlo, mujer de 30”] Ese recuerdo acabó dándole nombre al proyecto. Ahora estamos estudiando ese mismo tema en todo Brasil, dado que antes nos centrábamos solamente en São Paulo.

¿Ya cuentan con información que permita decir si los datos de todo el país son distintos a los de São Paulo?

Disponemos de algunos resultados, pero aún no hemos empezado a analizarlos. Durante toda mi vida aprendí que donde exista un resquicio por donde pueda surgir un pensamiento, el mismo se extiende. Acaso Sandra García ya esté detectando resultados y sacando algunas conclusiones al respecto. Hoy en día, su ritmo de trabajo es muy superior al mío.

¿El Nepo no participó en ese estudio?

No. Yo sigo poniendo mis fichas en ambos sitios. Cuando asistí al festejo por los 35 años del Nepo, en mayo de este año, cuando me llegó el turno de hablar avisé que no haría una reseña de las actividades, eso ya lo había hecho antes, cuando el Nepo cumplió 30 años, 25, 20... Esta vez, en lugar de eso, insté a los investigadores a reflexionar sobre un asunto importante, mundial, que es el suicidio de adolescentes. En eso me he concentrado recientemente; en eso estoy enfrascada. Quiero trabajar en ello en conjunto con el Cebrap. En Brasil, el tema se ha puesto grave con el juego que llegó desde Rusia, la Ballena Azul [son 50 desafíos que el jugador adolescente debe cumplir, que incluyen la automutilación, y donde la última tarea es el suicidio].

Ésta no es la primera vez que usted indaga en el comportamiento de los jóvenes.

En 2012 elaboré un proyecto en el Cebrap, en conjunto con la Fundación Carlos Chagas, denominado “Darle la palabra a los jóvenes”. Lo llevamos a cabo en dos ciudades, São Paulo e Itapeva, en el interior paulista. Estaba muy intrigada por la sexualidad de los jóvenes. Hasta ahora, el sida no deja de aumentar entre ellos. Los embarazos no deseados también, incluso con el uso de la píldora del día después y varios otros métodos tendientes a evitar la concepción. La pregunta era: ¿qué es lo que ellos quieren? Entonces me percaté de que debía escuchar lo que los jóvenes tenían para decir acerca de su sexualidad. Para ello, hicimos una convocatoria a través del sitio web del Cebrap. Requerí la colaboración de expertos en comunicación para emplear un lenguaje que fuera atractivo. La convocatoria fue analizada palabra por palabra y luego la divulgamos por las redes sociales. La idea era que los alumnos de la enseñanza media de las es-

cuelas públicas que tuvieran entre 14 y 19 años enviaran una redacción abordando cualquier aspecto sobre la sexualidad: amor, sexo, noviazgo, deseos, preferencias, temores y embarazo adolescente. Recibimos 200 textos y seleccionamos los 20 mejores. Solicité la colaboración del mismo comité que planificó la convocatoria para ayudarme en el asesoramiento. Entre otros, participaron Tânia Lago, Clarice Herzog, quien es publicista, Vera Paiva, psicóloga de la USP que trabaja con el sida, Sandra Unbehaum, coordinadora de investigaciones educativas en la Fundación Carlos Chagas, Maria Coleta de Oliveira, demógrafa de la Unicamp, Alessandro de Oliveira dos Santos, de psicología de la USP, y Jairo Bouer, médico y educador. Una vez seleccionados los textos, ofrecimos talleres de orientación en el Cebrap.

¿Cómo fue ese proceso?

Aquéllos que resultaron seleccionados asistieron a 90 horas de talleres. Teníamos 20 narraciones. En el primer taller, cada uno de los jóvenes recibió las 20 redacciones para leerlas. Ellos podían escoger los temas por trabajarse junto con quien oficiaba de guía. Una vez listos los cuestionarios, Paula Garcia, directora de audiovisuales, salía en auto con el adolescente por la ciudad en busca del mejor ámbito para realizar una película alusiva a lo que él había escrito. Finalmente se elaboraron 10 videos, cada uno de entre 10 y 15 minutos de duración, cinco de ellos realizados en São Paulo y otros cinco en Itapeva. Hermosos. Todos están disponibles en YouTube. Se eligió Itapeva porque yo quería ver cómo eran los jóvenes del interior y esa ciudad ostentaba una tasa de suicidios algo superior a la media. Ya me intrigaba ese problema del suicidio y por eso resolvimos hacerlo allí.

Y luego, ¿qué hicieron con esos videos?

Los presentamos ante un auditorio público, en el Centro Cultural de Heliópolis, en São Paulo. También se pasaron en los hogares de los adolescentes acompañados por asistentes que trabajan con jóvenes, para verificar la reacción de la familia. Eso era importante para nosotros porque existe mucha gente conservadora. En ese punto, nuestra labor terminó. La médica Albertina Duarte, de la Facultad de Medicina de la USP, suele utilizar esos videos cuando atiende a jóvenes. Todo quedó



Licenciada en matemática por la PUC-Campinas en 1947; tres años después, fue a trabajar en la Facultad de Salud Pública de la USP

que asumir. Así me acerqué a muchos jóvenes. Al analizar las estadísticas, pensé que si ellos saben cómo prevenir el sida y el embarazo y de todos modos asumen comportamientos de riesgo es porque quieren correr ese riesgo. Y si es así, es porque han llegado a un límite de desinterés por lo que ello conlleva. Ése fue mi razonamiento.

Hablemos un poco acerca de su trayectoria. Usted se graduó en 1947 como matemática y pocos años después se fue a trabajar con el profesor Pedro Egydio de

Oliveira Carvalho (1910-1958) en la FSP. ¿Qué la llevó a irse de Campinas?

En mi época, llegaban a la PUC-Campinas docentes del exterior. Las cátedras que cursé fueron muy buenas. La matemática modificó los conceptos en los cuales creía. Estábamos educados según la geometría euclidiana. Pero tuve profesores que me enseñaron otras geometrías, donde las rectas paralelas se encuentran. No se trataba de nada de eso de encontrarse en el infinito, porque el infinito era donde moraba Dios...Nada que ver. En la geometría de Nicolái Lobachevsky [matemático ruso, 1792-1856], por ejemplo, esas rectas se interceptan porque la geometría surge de otros axiomas. Antes de ir a São Paulo hice la secundaria en Capivari (en el interior del estado). Una vez, de vacaciones con mi familia, en Serra Negra, conocí a un muchacho que vivía en la capital paulista, también graduado en matemática, que había recibido una invitación para incorporarse a la FSP. Como no podía, porque se iría a estudiar al exterior, me preguntó si no estaría interesada. Concerté una entrevista con Pedro Egydio de Oliveira Carvalho, quien dirigía el Departamento de Estadística. Era médico y matemático, un experto en estadística. Y me aceptó, pero me impuso sus reglas. Por aquel entonces había un matrimonio

registrado, pero no publicamos ningún artículo al respecto.

¿Ya arrancó el estudio sobre el suicidio?

Estamos buscando financiamiento porque pretendemos crear una aplicación. Existen 123 aplicaciones para ayudar a evitar el suicidio en todo el mundo. En Brasil tan sólo tenemos una, y eso es pésimo. En Argentina hay una que es muy buena, denominada Calma. Cuando alguien atraviesa un pozo de depresión, oprime un botón y escucha: "Calma", y empieza a brindársele ayuda. Queremos desarrollar una buena aplicación. Estoy montando un grupo de reflexión.

¿Cómo arribó a la conclusión de que es necesario estudiar el suicidio entre los jóvenes?

En primer lugar, a través del contacto con ellos. Cuando ellos escriben sus redacciones, noto que están pidiendo ayuda. La homoafectividad aparece a menudo en los relatos que recibimos. Hicimos dos videos sobre el tema. Según me dijo uno de los jóvenes, su familia se llevó un gran susto cuando vio eso. También se exhibieron con la ayuda de Jairo Bouer. En la presentación que hicimos en Heliópolis, algunos familiares quedaron asustados al verlos, pero eso es algo que tienen

de estadounidenses dando clases en la Facultad de Filosofía, Ciencias y Letras y tuve que asistir a esas clases con él. Mi tarea consistía en registrar por escrito toda la clase. Cuando regresaba a la facultad, tenía que pasarlo todo en limpio, él lo revisaba y me decía: “Lo copiaste al pie de la letra”. Cuando partí hacia Estados Unidos, para hacer una especialización en la Universidad Columbia, entre 1954 y 1956, me dijo: “Envíame una copia de todo lo que aprendas allá, para que cuando vuelvas no sepas más que yo”.

¿Qué fue lo que la decidió a cambiar la matemática por la estadística y luego ésta por la demografía?

Obviamente, me gustaba la matemática. Pero había cierto determinismo que hacía que me sintiera constreñida. Cuando ingresé en estadística, los modelos probabilísticos me parecieron deliciosos, porque las cosas tienen cierta probabilidad de ser y otro tanto de no ser. Me enamoré de esos modelos. Hice muchas cosas buenas en estadística. Pero llega un momento en que nos planteamos, ¿y ahora? ¿Cuál es la explicación subyacente para todo lo que ocurre? ¿Cuáles son los determinantes sociales, económicos, culturales, políticos que están por detrás de todo eso? Y quise trabajar con esos elementos. Y eso es la demografía.

¿Usted arribó a esa conclusión en Estados Unidos?

No, fue aquí mismo. Cuando Pedro Egdio de Oliveira falleció en forma prematura, con 48 años, en 1958, retorné por dos meses a Columbia para preparar mi tesis doctoral y poder concursar en una cátedra de la FSP, algo que ocurrió en 1960. Ruth Gold [1921-2009] y Agnes Berger [1916-2002] eran dos estadísticas de primer nivel que habían trabajado con Jerzy Neyman [un ruso naturalizado estadounidense, 1894-1981], una eminencia de la estadística matemática, en la Universidad de California en Berkeley, al cual conocí más tarde y tuvo gran influencia sobre mí. En aquel período, Gold y Berger se hallaban en Columbia y me dijeron que podríamos trabajar juntas en la tesis. Escogimos un análisis estadístico secuencial, algo bastante reciente en esa época, una concepción del húngaro Abraham Wald [1902-1950]. En el análisis secuencial, el tamaño de la muestra no se determina *a priori*. La hipótesis puede ser

aceptada, rechazada o puede que requiera más trabajo porque no se cuente con las evidencias suficientes como para decidir al respecto. Era algo diferente a los test de hipótesis, en donde el tamaño de la muestra se fijaba con antelación. Para poder usar ejemplos en mi tesis, formalizamos una colaboración con la Facultad de Medicina de Columbia y utilicé un estudio de ellos, ya finalizado, acerca del uso de dos medicamentos para bebés prematuros. Elaboré mi tesis abordando el uso de ese método estadístico relacionado con problemas de salud pública.

Hace cinco décadas la demografía parecía tener poca importancia en Brasil. Hoy en día, los administradores públicos prácticamente no planifican nada sin tenerla en cuenta. ¿Cuándo comenzó ese cambio?

En 1966 fundé el Cedip [el Centro de Estudios de la Dinámica Poblacional], el primer núcleo de formación en demografía de Brasil, dentro de la FSP. Antes de eso, me había convertido en directora del Departamento de Estadística cuando murió Pedro de Oliveira. Como en la Facultad de Filosofía aún no se enseñaba nada de estadística ni de matemática, y yo sabía que harían falta ambas cosas,



¿Cuál es la explicación que subyace en las estadísticas? Quise trabajar con esos elementos. Eso es la demografía

creé la cátedra de estadística matemática junto a Rubens Murilo Marques, mi primer marido. Obtuve un amplio apoyo para ese grupo. En tanto, para conformar el grupo de demografía, invité al médico João Yunes [1936-2002], que muchos años después fue secretario de Salud de la gobernación, a la socióloga Neide Patarra [1939-2013], al matemático y sociólogo Jair Lício Ferreira Santos, al economista Paul Israel Singer y al también sociólogo Cândido Procópio, quien años más tarde sería el primer presidente del Cebrap. Yo ya concebía a la demografía como un campo multidisciplinario. Excepto Procópio, que era mayor, el resto eran jóvenes que salieron de aquí becados por la Opas [la Organización Panamericana de la Salud] para realizar un posgrado en demografía, cada uno en un sitio diferente al otro. En el caso de Yunes, fue a Michigan; Singer a Princeton, y Neide y Jair a Chicago. Procópio ya tenía un vasto conocimiento y viajó por Estados Unidos y Europa para estudiar programas de demografía que nos sirvieran para la implementación del Cedip. Se firmó un convenio entre la FSP y la Opas según el cual, durante un plazo de cinco años, la organización se haría cargo de las becas de posgrado y de los sueldos. Al cabo, la facultad tomaría la posta y asumiría esa responsabilidad. El caso es que después de que fundamos el Cedip y comenzamos a trabajar, la FSP no honró sus compromisos. Cuando se firmó ese acuerdo con la Opas, el director de la facultad era Rodolfo dos Santos Mascarenhas [1909-1979]. Hay una historia curiosa que ocurrió durante ese período. Yo me desempeñaba como representante de los doctores en el Consejo Universitario de la USP. Fui allá junto al profesor Mascarenhas. La reunión tardó en comenzar y entonces le pregunté a él que era lo que estaba ocurriendo. La explicación era que el representante de los alumnos no vestía traje, estaba en mangas de camisa y no podía ingresar. Yo le dije: “Es absurdo que un alumno no pueda ingresar por no llevar puesto un traje”. Entonces me respondieron: “¿Usted entraría aquí vistiendo un bikini?”. Les retruqué: “Si anduviera por la calle en bikini, por supuesto que entraría”. Ahí les ganó la partida. El alumno pudo ingresar y algunos docentes se sacaron la corbata. Aún hoy recuerdo la estampa de ese alumno. Cuando él entraba pensé: “¿Esto es el Consejo Universita-

rio?”. Le dije a Mascarenhas: “No quiero venir acá más”. Y así fue.

¿Antes del Cedip no se enseñaba ni se estudiaba demografía en Brasil?

No de manera formal, ligada a una universidad. Tan sólo en el IBGE, en Río de Janeiro, donde estaba João Lira Madeira [1909-1979] que era un demógrafo interesado en formar a otros demógrafos. Giorgio Mortara [1885-1967], quien vino de Italia, coordinó dos censos importantes en Brasil, en 1940 y en 1950, y Lira Madeira trabajó con él. El IBGE era el único núcleo donde se hacía algo así.

En 1965, usted llevó a cabo la investigación intitulada “La reproducción humana en el distrito de São Paulo”. Cuéntenos cómo fue.

Ese trabajo lo llevamos a cabo con ese grupo integrado por Paul Singer, Neide Patarra y Maria Coleta de Oliveira. Disponíamos de los Censos de 1940 y de 1950. También se hizo el de 1960, pero recién fue difundido en 1978. Hay varias anécdotas al respecto. Se empleó una computadora para acelerar la producción de datos, pero el efecto resultó contrario. Una de las versiones refiere que los datos se enviaron a centros avanzados, en este caso a Chicago, para computar todo. El material se envió en un avión y por alguna razón se extravió la criptografía. Hay algunos que le echan la culpa de la desaparición de los datos al régimen militar, que se instaló en 1964. Y hay otra versión, en este caso atribuida al sociólogo Nelson do Valle, que sostiene que el material con los resultados se perdió en un almacén del propio IBGE. Como no disponíamos de los datos de 1960, no podíamos corroborar el descenso en la fecundidad porque sólo conocíamos los datos de 1940 y 1950. Entonces hicimos una investigación acotada a la ciudad de São Paulo y la misma reveló que la fecundidad decrecía.

Pocos años más tarde, el gobierno promulgó el AI-5, en diciembre de 1968, y a usted le cesantearon. Al año siguiente se creó el Cebrap. ¿A qué se debió semejante rapidez?

Al prestigio de Fernando Henrique Cardoso, quien contó con la ayuda de los empresarios paulistas que no estaban de acuerdo con la dictadura, y de la Fundación Ford, que efectuó un *importation* al Cebrap. Además, él es



Un trabajo que me gustó mucho, llevado a cabo en el Cebrap, fue el “Programa para la capacitación de investigadoras negras”

hijo y nieto de militares, aunque eso no tuvo que ver directamente. Para mí fue un período terrible, viviendo en esta casa, que en aquella época quedaba lejos de todo. Al día siguiente del AI-5, ya no pude entrar más a la FSP. Vivía acá, lejos, y estaba muy aislada.

Pero ese aislamiento en algún punto fue importante...

Si, quería hablar sobre ello. Acá escondí a jóvenes que tomaban parte en la lucha armada. Esta casa estaba muy alejada del centro y era más fácil darle refugio a gente perseguida. Casi todos ellos, unos diez, murieron posteriormente por la dictadura por lo que supe, incluso una muchacha embarazada que también hospedamos. Ellos no se quedaban por mucho tiempo: venían, pasaban algunos días, se iban y otros llegaban. Nadie sabía el nombre de nadie. Ni el mío, ni el de Rubens, quien por entonces era mi marido, y estaba ligado al Partido Comunista Brasileño, al igual que Villanova Artigas. Yo nunca fui de ningún partido. Los jóvenes que paraban en casa se aburrían y pedían hacer algo. Ellos pintaron aquellas losetas con

aceite quemado [apunta hacia determinada parte de la sala]. Dejaron esa marca histórica en esta casa. La casa recién se acababa de construir y las losetas eran de ladrillos vistos.

¿Su primer marido llegó a ir preso?

Cayó preso en la Oban [la Operación Bandeirantes], en 1971. En esa ocasión, los dos estábamos aquí, era un sábado, y tomábamos un café después del almuerzo, cuando de repente él me dijo: “No te muevas”. Él vio que había gente que estaba empezando a descender por la rampa en dirección a nuestra casa. Eran los efectivos de la Oban y se lo llevaron detenido. Estuvo algunas semanas allá, a pesar de que su tío era el secretario Seguridad Pública de la gobernación en esa época.

¿Por qué usted no retornó a la universidad ni bien se declaró la Amnistía, en 1979?

Recibí invitaciones de la FSP, por medio de Oswaldo Forattini [1924-2007], por ese entonces director de la facultad, y del IME [el Instituto de Matemática y Estadística de la USP]. A raíz de la reforma universitaria que se produjo cuando estábamos alejados de la universidad, mi cátedra de estadística matemática se trasladó al IME, que incluso era el mejor lugar que podía hospedarla. Para escoger entre la FSP o el IME, me encerré en mi casa durante 72 horas para ver por cuál me decidía. Mi corazón escogió a la FSP. Cuando avisé que regresaría. Forattini me dijo que tenía que consultarle al claustro de la facultad, algo que consideré obvio. Pero cuando votaron, hubo un 50% de votos en contra. Forattini puso el voto decisivo a mi favor. Así las cosas, decidí no regresar. Los que quedaron en la FSP eran los más conservadores posibles. Me quedé sólo en el Cebrap, algo que resultó muy bueno.

¿Cómo fue que llegó a la Unicamp?

En 1982, quien entonces era el rector de la Unicamp, José Aristodemo Pinotti [1934-2009], me invitó. Yo acepté con la condición de no tener ningún contacto con la burocracia de la universidad. También solicité carta blanca para fundar un núcleo. Eso fue en la etapa de creación de núcleos en la universidad. Él ya había arribado a la conclusión de que los departamentos eran estancos, no se comunicaban, y quería tender puentes de comunicación. Los núcleos que él creó hacían eso. Yo



Maria Coleta de Oliveira, Maria Isabel Baltar da Rocha, Elza Berquó y Anibal Faúndes (de izq. a der.) durante el taller de salud reproductiva del Nepo, en 1993

fundé el Nepo y me desempeñé como coordinadora durante varios años, pero no quise ocupar ningún cargo y no acumulé beneficios de retiro.

¿Cuándo considera usted que el área de la demografía quedó efectivamente consolidada?

Se consolidó a partir de la creación de la Abep, en 1976, también con el apoyo de la Fundación Ford, en plena dictadura. Hoy en día tenemos al Cedeplar, de la UFMG, que es un hermoso centro de demografía, al Nepo, el IBGE progresó mucho con la Escuela Nacional de Estadística, que enseña demografía, y otros más. La Fundación Ford financió a la Abep porque ya había hecho lo mismo con varios centros de excelencia, incluso con el Cebrap. Ellos sabían por experiencia que no bastaba sólo con los centros de excelencia. Era necesario algo que los ligara, como son las asociaciones. La Fundación Ford financió a varias de ellas, como fue el caso de la Anpocs [la Asociación Nacional de Posgrado e Investigación en Ciencias Sociales], durante ese mismo período.

¿Cuál fue su trabajo más significativo dentro del Cebrap? ¿Hay alguno que prefiera?

Tuve varios proyectos importantes. Uno de los más interesantes fue la "Investigación nacional de la reproducción humana", un trabajo multidisciplinario llevado a cabo entre 1973 y 1978. De cierto modo, fue la prosecución de la labor iniciada en 1965 en la FSP, al respecto de la reproducción de la mujer paulistana, que fuera interrumpida por las cesantías. Se trataba de un amplio estudio que indagaba

en las relaciones entre el comportamiento reproductivo y las diversas formas de organización de la producción. Tenía un andamiaje teórico y metodológico innovador. La planificación de la investigación fue el resultado de un esfuerzo teórico en busca de las tipologías de las regiones brasileñas que incluyera dos dimensiones: las formas predominantes de la organización de la producción en cada región y las formas de inserción de cada región en la división social del trabajo, durante el proceso de desarrollo. En ese estudio se estableció una tipología de los sectores urbanos y rurales de Brasil divididos en nueve áreas que abarcaban, desde la servidumbre rural, en Conceição do Araguaia, estado de Pará, hasta el capitalismo y la estructura socioeconómica en São José dos Campos, en el estado de São Paulo. Esa estrategia de investigación fue estructurada por Vilmar Faria y Juarez Brandão Lopes [1925-2011]. Los que redactaban la historia de cada región eran los investigadores del Cebrap, entre los que figuraron Cândido Procópio, Fernando Henrique Cardoso, Brandão Lopes, Faria, Neide Patarra, Octavio Ianni [1926-2004], Bolívar Lamounier, Vinícius Caldeira Brant [1941-1999], Maria da Conceição Quintero y otros. Por ejemplo, Fernando Henrique Cardoso estudió a São José dos Campos. Esa investigación involucró al Cebrap de una manera tal vez única. No volvió a ocurrir después, al menos no en el campo de la demografía. Otro trabajo que me gustó mucho fue el "Programa para la capacitación de investigadoras negras", que se llevó a cabo entre 1994 y 1996. Lo financió la Fundación MacArthur, mediante una donación de 2,3 millones de dólares.

¿Por qué investigadoras negras?

Ahí retomamos los censos. En el Censo de 1940 y en el de 1950 figuraba el apartado raza-color; el de 1960 no salía publicado; y en el de 1970, el régimen militar sacó esa información. Nos quedamos bastante tiempo sin información sobre el color. No sabíamos cómo estaba la población negra en Brasil. Eso nos hacía falta. Cuando salió el Censo de 1980, la población negra aparecía postergada en todos los indicadores. Pensé que teníamos que hacer algo. Empecé a estudiar la demografía negra: elaboré un proyecto sobre la salud reproductiva de la mujer negra entre 1991 y 1993, publiqué trabajos e hicimos varios seminarios en el Cebrap al respecto de ello. Yo pretendía saber también sobre las investigadoras negras. El problema era que, cuando abríamos un llamado a concurso para becas de investigación, los negros nunca eran seleccionados, los que lo aprobaban eran los blancos. Entonces resolví abrir un llamado a concurso específico con becas para investigadoras negras. En la primera edición de ese programa capacitó a cuatro de ellas, todas graduadas en ciencias sociales. Durante dos años se las capacitó para realizar estudios de campo y estudiaron estadística y demografía. Al cabo, hicieron sus doctorados. Ellas también estudiaron la salud de la mujer negra. Salieron al campo, realizaron encuestas y luego hicimos un análisis. Publicamos ese trabajo. Hay un video intitolado *Eu, mulher negra*, donde figuran algunas conclusiones que surgen de esa investigación. La segunda edición del programa pude hacerla porque la Fundación MacArthur consideró que era algo increíble. En la actualidad esas investigadoras trabajan en universidades por todo Brasil o en instituciones internacionales.

Después de dedicarse a investigaciones tan diversas, ¿cuáles son los temas que aún la entusiasman para estudiarlos desde la óptica de la demografía en la actualidad?

En primer lugar, los refugiados. Por ejemplo, el Nepo cuenta con el Observatorio de Migraciones, coordinado por Rosana Baeninger. Este tema es fundamental. En el área de la reproducción lo es la postergación del embarazo. También están los problemas de los jóvenes, tal como es el caso de las enfermedades de transmisión sexual. Todos los problemas de los jóvenes son relevantes. ■



Máscaras mortuorias de bandoleros expuestas en la 3ª Bienal de Bahía, en 2014

El destino incierto de los **ARCHIVOS POLICIALES**

Científicos abogan por la preservación de las colecciones, mientras que los movimientos sociales y los familiares reivindican el retiro de objetos y restos de cuerpos

Carlos Fioravanti | PUBLICADO EN OCTUBRE DE 2017

Como una de las curadoras de la 3ª Bienal de Bahía, la comunicóloga paulista Ana Mattos Porto Pato ingresó por primera vez al Museo Antropológico y Etnográfico Estácio de Lima, en la ciudad de Salvador (estado de Bahía), el día 8 de marzo de 2014. Este museo ocupaba una sala del Instituto Médico Legal Nina Rodrigues, en una casona de estilo neoclásico perteneciente a la Secretaría de Seguridad Pública del Estado, y había sido cerrado al público nueve años antes. En decenas de cajas de cartón y poliestireno expandido, Mattos y el equipo de trabajo del Museo de Arte Moderno de Bahía, encargado de la organización de la

Bienal, hallaron fotografías, documentos y alrededor de 500 piezas incluyendo armas, objetos pertenecientes al arte popular, instrumental médico, ropas de bandoleros y cientos de cráneos, con escasa información sobre las fechas, los autores y los lugares de recolección. Las etiquetas de dos cuerpos momificados tan sólo informaban que se trataba de una “aborigen karayá” y de un “zambo”, respectivamente.

“Nos topamos con un museo de la policía y con una historia de tormentos, racismo y violencia perpetrados contra la población pobre y marginal”, relató Mattos en un artículo escrito en 2015 en la *Revista CPC*, del Centro de Preservación del Patrimonio Cultural de la Universidad de São Paulo (USP). En septiembre de 2017, al recordar esa experiencia, la investigadora comentó: “Había objetos rituales sagrados del *candomblé* secuestrados por la policía junto a fetos deformados, armas y drogas”. Mattos analizó esa experiencia durante su doctorado, concluido al comienzo de este año en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de São Paulo (USP), bajo la dirección de tesis de Giselle Beiguelman.

La apertura de las cajas fue otro de los capítulos del debate acerca de qué hacer con el patrimonio de los museos de antropología criminal, que desde hace algunos años trasciende los espacios académicos en los estados brasileños de Bahía, Río de Janeiro y São Paulo. Investigadores ligados a las universidades alegan que las colecciones deberían conservarse y ser expuestas al público para su visita, mientras que los movimientos sociales y los parientes exigen la entrega de los restos de familiares que se encuentran en los museos. A grandes rasgos, el destino de los archivos con esas características sigue siendo incierto en todo el mundo.

La antropología criminal fue creada hacia finales del siglo XIX por el médico italiano Cesare Lombroso (1836-1909), quien aplicaba el determinismo biológico en el campo criminal y aseguraba que se podía identificar la propensión a la criminalidad partiendo de los rasgos físicos. Médicos de Bahía, Río de Janeiro, São Paulo y Pernambuco se basaron en sus postulados –que se revelaron inconsistentes décadas más tarde– para apuntalar la idea de degeneración de

Escultura en forma de busto que integró la exposición del Archivo Público del Estado de Bahía en 2014



2

las razas vigente a comienzos del siglo XX, según la cual el atraso del país era consecuencia del mestizaje con negros e indígenas, a los cuales se los consideraba inferiores. En São Paulo, el zoólogo alemán Hermann von Ihering (1850-1930), fundador y el primer director del Museo Paulista, abogaba por el exterminio de los indígenas.

En Salvador, el médico Raimundo Nina Rodrigues (1862-1906), del estado de Maranhão y admirador de Lombroso, creó un museo en la Facultad de Medicina de Bahía para el resguardo de una colección de objetos que demostrasen la inferioridad de los negros. En 1905, un incendio destruyó la colección, que incluía la cabeza del cearense Antônio Conselheiro (Antônio Vicente Mendes Maciel, 1830-1897), líder de la revuelta de Canudos. En 1958, un discípulo de Nina Rodrigues, el médico alagoano Estácio Luiz Valente de Lima (1897-1984), reabrió el museo en la Facultad de

Medicina. Al ser también el director del Instituto Médico Legal Nina Rodrigues, Valente de Lima recibió siete cabezas de *cangaceiros* de la banda de Lampião que la policía había matado en 1938 y las dejó en exposición, durante décadas, argumentando que ésa era una forma de identificar a los marginales. Luego de un intenso debate, las familias de los bandoleros pudieron darles sepultura a las cabezas en 1969. En 2010, cuando el museo ya había sido trasladado al Instituto Médico Legal, la mayor parte de los objetos rituales del *candomblé* se trasladó al Museo Afro, de la Universidad Federal de Bahía (UFBA), como resultado de una negociación que se inició alrededor de 10 años antes.

SEPULTURA

En 2014, luego de desembalar el archivo, Mattos le propuso trabajar con aquellos objetos a un grupo de artistas seleccionados para la Bienal. En el marco de una



El Museo de la Policía de São Paulo expone bustos de criminales famosos y documentos sobre los delitos que cometieron

moria Africana y Afrobrasileña, critica el desmembramiento del archivo, el cual, según él, debería mantenerse completo y abierto al público en general como una forma de promover debates al respecto de la segregación social y racial. “Las calaveras de los *cangaceiros* y los objetos rituales del *candomblé* secuestrados por la policía traen recuerdos dolorosos, pero debemos lidiar con las contradicciones en lugar de borrarlo todo”, recomienda. De manera más amplia, el profesor resalta que “necesitamos un plan museológico para organizar las instituciones, definir los objetivos y asegurar la permanencia de los archivos”.

Como ejemplo de lo que puede hacerse, Sansone menciona el Museo de Antropología Criminal Cesare Lombroso de Turín, en Italia. El mismo fue creado en 1892 por Lombroso y cerrado al público en 1914, siendo reabierto en 2011, con una vasta colección de cráneos, máscaras mortuorias, fotografías y restos de piel de criminales. “Los curadores actuales montaron un museo antirracismo, que pone el eje en los errores de una teoría científica, conservando las piezas del archivo, sin repatriar nada”, comenta el docente de la UFBA, quien también se desempeña como investigador en el museo italiano. “Lombroso no estaba a favor de la masacre de los pueblos originarios ni del imperialismo, y tampoco creía que el mestizaje podría degenerar a un pueblo. Él no era tan elemental como sus reinterpretaciones en Brasil”, dice.

El derecho a la posesión del patrimonio de los museos etnográficos ha sido cuestionado en varios países. Basándose en leyes internacionales, la Organización para la Unidad Africana recuperó y le dio sepultura en Botsuana, en el año 2000, al cuerpo de un guerrero de 27 años fallecido en 1830, que había sido llevado a Europa por un comerciante francés y permaneció conservado en un museo de España durante 170 años. Tres museos de las ciudades de Seattle, Denver y Chicago, en Estados Unidos, tuvieron que devolver objetos y restos de cuerpos sonsacados a pueblos originarios de Canadá. Por otra

exposición en el Archivo Público del Estado de Bahía, el artista Paulo Nazareth, de Minas Gerais, se acostó entre los cráneos y realizó ceremonias simbólicas de sepultura de los dos cuerpos momificados, a los cuales colocó en una urna de madera luego de rezar un día completo por ellos. Quienes asistieran a la exposición verían la urna y el video, pero ya no los cuerpos momificados.

Los documentos administrativos del museo Estácio de Lima permanecen en el Archivo Público, que los recibió para la exposición de 2014. El archivo documental consta de 403 documentos textuales, 697 iconografías y ocho negativos fotográficos, ya catalogados, que sólo quedarán liberados para consulta pública luego de la determinación de la Secretaría de Seguridad Pública de Bahía, según informó Teresa Mattos, directora general del Archivo. Según Mattos, la dirección de la Fundación Pedro Calmon (FPC), vinculada a la Secretaría de Cultura del Estado de Bahía, elevó en febrero de 2017 un oficio a la Secretaría de Seguridad Pública solicitando la guarda de los documentos. El director general de la FPC, Edvaldo Mendes Araújo, espera que el material quede habilitado para consulta pública en noviembre, el mes de la conciencia negra, “para que sirva como ejemplo de la intolerancia y de la discriminación religiosa”, dice.

La dirección del Departamento de Policía Técnica de Bahía (DPT), por medio

Lombroso no era tan elemental como sus reinterpretaciones en Brasil, dice el antropólogo de la UFBA, Livio Sansone

de una nota de su asesoría de comunicación, informó que reconoce la importancia histórica de los documentos, que entiende la necesidad de acceso a ellos y que “incluso está evaluando la solicitud de permanencia de ese patrimonio en el Archivo Público de Bahía”. Las piezas de ese patrimonio que se usaron en la exposición en el Archivo Público retornaron en marzo de 2017 al DPT, a cargo del museo Estácio de Lima, el cual permanece cerrado.

¿CONSERVAR O DEVOLVER?

El antropólogo italiano Livio Sansone, docente de la UFBA y uno de los coordinadores del Museo Digital de la Me-

parte, “los museos pueden ser muy útiles para los aborígenes que padecieron un proceso de deculturación violenta, acciones en contra de sus valores, sus tecnologías, sus conocimientos”, señaló el antropólogo João Pacheco de Oliveira, investigador del Museo Nacional de la Universidad Federal de Río de Janeiro (MN-UFRJ), en un artículo publicado en 2007 en la revista *Tempo*. “El museo es un instrumento poderoso para inculcar y apuntalar demarcaciones de identidad, que contrasta con el prejuicio y la invisibilidad con que se trata a esos colectivos de identidad en otros contextos”.

MAGIA NEGRA

La historiadora del arte estadounidense Amy Buono, docente de la Universidad de California en Santa Bárbara, Estados Unidos, considera al Museo de la Policía Civil de Río de Janeiro, con sede en la capital de fluminense, como un ejemplo de la “parábola que permite entender cómo la cultura material de Brasil se entrecruza con el poder institucional y la práctica disciplinaria”, tal como escribiera en un artículo publicado en 2015 en la revista *Getty Research Journal*. El museo fundado en 1912 en la antigua central de la policía, ofició como salón de clases para estudiantes de esa corporación y fue abierto al público en la década de 1930. Al igual que el Estácio de Lima, reunía objetos considerados ilegales: armas, materiales pertenecientes al juego, drogas, dinero falso, banderines nazis y objetos de *terreiros*, los espacios rituales del *candomblé*.

Las imágenes, instrumentos musicales, recipientes, calabazas y caracolas y otras piezas religiosas integraron la Colección de Magia Negra, que fue declaradas bajo protección en 1938 por el Servicio del Patrimonio Histórico y Artístico Nacional, actual Instituto del Patrimonio Histórico y Artístico Nacional (Iphan). El destino de esa colección, que no está exhibida al público, también es incierto. En junio de este año, *mães de santo* del *candomblé*, militantes del movimiento negro, intelectuales y políticos lanzaron la campaña Liberen Nuestros Íconos Sagrados, por intermedio de la Comisión de Derechos Humanos de la Legislatura del Estado de Río de Janeiro, para recuperar unos 200 objetos de una colección y un museo que expresarían prejuicio religioso.



Escena del juicio simbólico de Preto Amaral organizado por la Defensoría Pública de São Paulo

Activistas de Río de Janeiro reclaman los objetos religiosos conservados en el Museo de la Policía Civil

PRETO AMARAL

“No debemos desmembrar el patrimonio de los museos, lo que sí debe hacerse es reconstruir la memoria para revelar los horrores que aún padecemos”, sugiere el historiador Paulo Fernando de Souza Campos, docente de la Universidade Santo Amaro (Unisa), en São Paulo. En su doctorado, De Souza Campos rescató la historia de José Augusto do Amaral, nacido de Minas Gerais (1871-1927). Hijo de esclavos liberados por la Ley de Libertad de Vientres, desempleado luego de desertar del Ejército, Preto Amaral, como se lo denominaba, fue encarcelado en São Paulo, bajo la acusación de haber asesinado y violado a tres adolescentes. El médico Antonio Carlos Pacheco e Silva (1898-1998), director del hospital Juquery y fundador de la cátedra de psiquiatría en

la USP, “utilizó el caso de Preto Amaral para justificar la teoría de la degradación de la raza”, relata De Souza Campos. “Tanto para la medicina como para el derecho, a comienzos del siglo XX, el negro era un criminal nato”, dice.

Do Amaral murió de tuberculosis cinco meses después de ser encarcelado y se lo consideraba el primer *serial killer* –asesino en serie– brasileño, incluso sin juicio. Basándose en eso, la Companhia de Teatro Pessoal do Faroeste puso en escena, en 2006, la obra *Os crimes do Preto Amaral*, y en 2012, la Defensoría Pública del Estado de São Paulo organizó un juicio simbólico en la Facultad de Derecho de la USP. Preto Amaral resultó absuelto por falta de pruebas.

El Museo de la Policía de São Paulo, al que se lo conoce como el Museo del Crimen, que forma parte de la Academia de Policía, en la Ciudad Universitaria, mantenía expuesto un busto de Preto Amaral. A pedido de sus familiares, la pieza fue retirada de ese espacio y guardada. “Podría quedar expuesta”, reflexiona De Souza Campos, “como una muestra del modo en que la medicina y el derecho erigieron al negro como representación de lo criminal”. ■

Proyecto

Arte contemporáneo y archivo: ¿Cómo tornar público al archivo público? (nº 13/ 08130-0); Modalidad Beca doctoral; Investigadora responsable Giselle Beiguelman (USP); Becaria Ana Mattos Porto Pato; Inversión R\$ 160.873,04.

Los cuatro artículos científicos consultados para este reportaje pueden verificarse en una lista en la versión *online*.



Un ADN un tanto distinto

Si bien la doble hélice del ADN quedó consagrada desde su descubrimiento en la década de 1950, algunas partes del mismo puede tener tres cadenas apareadas en espiral. Para estudiar la existencia y la función de tal configuración, hacía falta una manera sencilla de ubicarla en los cromosomas. Pero ya no. Los genetistas Eduardo Gorab y Peter Pearson, de la Universidad de São Paulo, describieron de qué modo un colorante disponible comercialmente –el naranja de tiazol– puede reemplazar a los anticuerpos elaborados especialmente para hallar hélices triples de ADN. En la foto, los anticuerpos (*en rojo*) y el colorante (*en verde*) se mezclan y se diferencian en el cromosoma coloreado en azul.

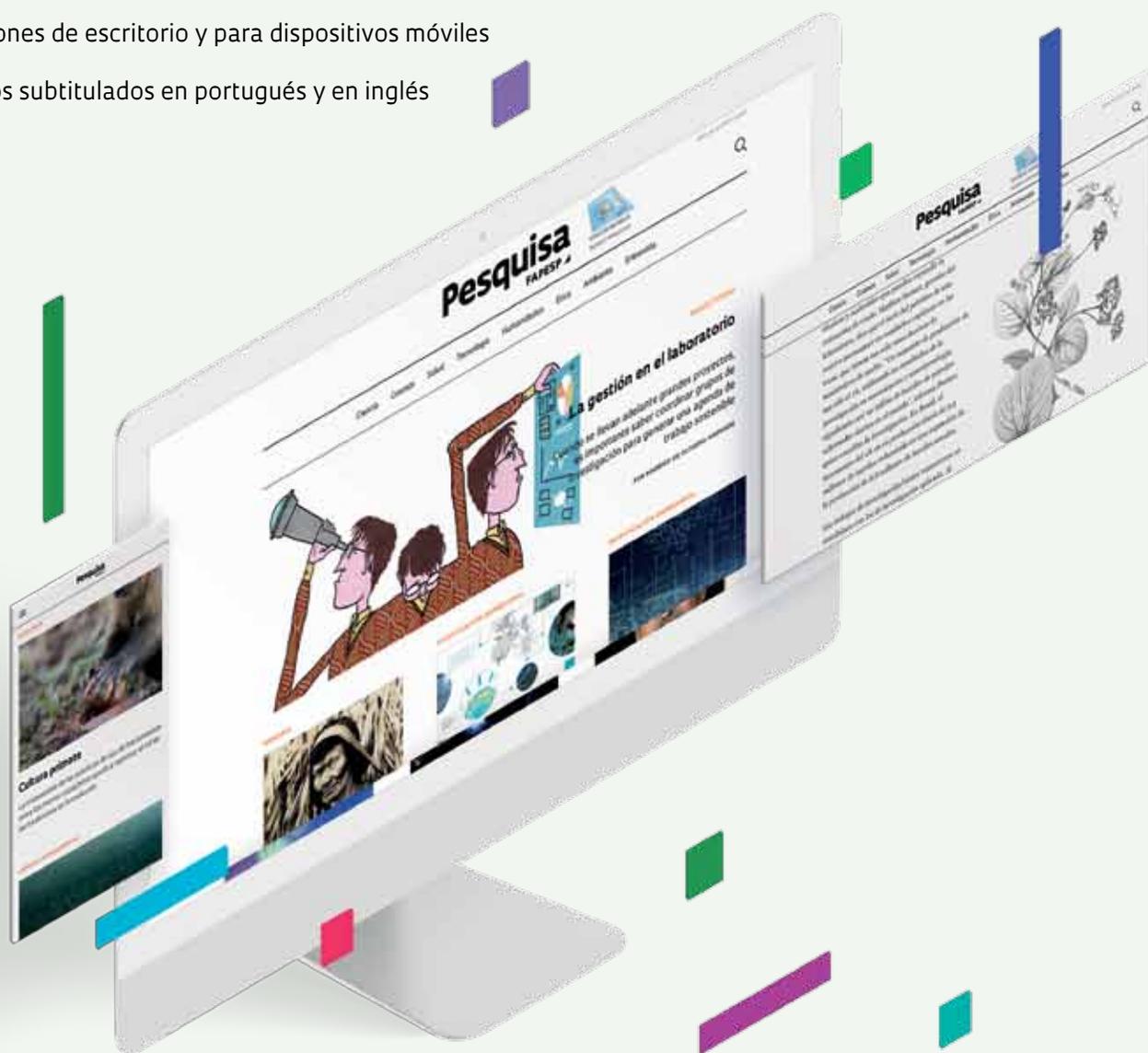
Imagen enviada por Eduardo Gorab, docente del Instituto de Biociencias de la USP

PUBLICADO EN DICIEMBRE DE 2017

Pasa por el sitio web de Pesquisa FAPESP

Existen varios motivos para visitarlo:

- › Artículos traducidos en español
- › Una atractiva página inicial
- › Ediciones internacionales en español, inglés y francés
- › Nuevo y ágil diseño con imágenes destacadas
- › Versiones de escritorio y para dispositivos móviles
- › Videos subtitrados en portugués y en inglés



revistapesquisa.fapesp.br/es



Pesquisa
FAPESP