

Pesquisa

FAPESP

DICIEMBRE DE 2023 | EDICIÓN 2



PARA QUE NO FALTEN EL ARROZ Y LOS FRIJOLES

Estudios mapean la trayectoria de los alimentos desde su cultivo hasta la mesa para combatir el hambre y la inseguridad alimentaria

Las políticas de exenciones y descuentos en la publicación de artículos científicos son inaccesibles para los investigadores en Brasil

Un vidrio bioactivo posee potencial para tratar el cáncer óseo e inducir la regeneración de tejidos

En su 50º aniversario, la estatal Embrapa apunta a alcanzar el equilibrio entre la productividad y la preservación ambiental en el país

Una empresa brasileña desarrolla una polilla transgénica para combatir a la principal plaga del maíz

Un estudio etnográfico muestra cómo entienden los sueños los yanomamis

PRESIDENTE

Marco Antonio Zago

VICEPRESIDENTE

Ronaldo Aloise Pilli

CONSEJO SUPERIOR

Carmino Antonio de Souza, Helena Bonciani Nader, Herman Jacobus Cornelis Voorwald, Ignácio Maria Poveda Velasco, Liedi Legi Bariani Bernucci, Mayana Zatz, Mozart Neves Ramos, Pedro Luiz Barreiros Passos, Pedro Wongtschowski, Thelma Krug

CONSEJO TÉCNICO ADMINISTRATIVO**DIRECTOR PRESIDENTE**

Carlos Américo Pacheco

DIRECTOR CIENTÍFICO

Marcio de Castro Silva Filho

DIRECTOR ADMINISTRATIVO

Fernando Menezes de Almeida

Pesquisa
FAPESP

ISSN 1519-8774

COMITÉ CIENTÍFICOLuiz Nunes de Oliveira (*Presidente*), Agma Juci Machado Traina, Américo Martins Craveiro, Anamária Aranha Camargo, Ana Maria Fonseca Almeida, Anapátricia Moraes Vilha, Angela Alonso, Carlos Américo Pacheco, Claudia Mendes de Oliveira, Deisy das Graças de Souza, Douglas Zampieri, Eduardo Zancul, Euclides de Mesquita Neto, Fabio Kon, Flávio Vieira Meirelles, Francisco Laurindo, Jô Ueyama, João Luiz Filgueiras de Azevedo, José Roberto de França Arruda, Lilian Amorim, Marcio de Castro Silva Filho, Mariana Cabral de Oliveira, Marco Antonio Zago, Marie-Anne Van Sluys, Maria Júlia Manso Alves, Marta Arretche, Paulo Schor, Reinaldo Salomão, Richard Garratt, Roberto Marcondes Cesar Júnior, Watson Loh**COORDINADOR CIENTÍFICO**

Luiz Nunes de Oliveira

DIRECTORA DE REDACCIÓN

Alexandra Ozorio de Almeida

EDITOR EN JEFE

Neldson Marcolin

EDITORES Fabrício Marques (*Política & T*), Carlos Fioravanti, Marcos Pivetta, Maria Guimarães e Ricardo Zorzetto (*Ciencia*), Ana Paula Oriandi (*Humanidades*), Yuri Vasconcelos (*Tecnología*)**REPORTERA** Christina Queiroz**ARTE** Claudia Warrak (*Editora*), Júlia Cherem Rodrigues y Maria Cecilia Felli (*Diseñadoras*), Alexandre Affonso (*Editor de infografías*), Felipe Braz (*Diseñador digital*) y Amanda Negri (*Coordinadora de producción*)**FOTÓGRAFO** Léo Ramos Chaves**BANCO DE IMÁGENES** Valter Rodrigues**TRADUCCIÓN** Damian Kraus, Ariel Kraus y Geraldine Kraus (*editorial*)**REVISIÓN** Damian Kraus y Ariel Kraus**COLABORADORES** Daniel Almeida, Diogo Viana, Frances Jones, Gilberto Stam, Leticia Naisa, Luis Americo Conti, Sarah Schmidt, Suzel Tunes**IMPRESIÓN** MaisType**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE TEXTOS, FOTOS, ILUSTRACIONES E INFOGRAFÍAS SIN LA DEBIDA AUTORIZACIÓN PREVIA****GESTIÓN ADMINISTRATIVA** FUSP – FUNDAÇÃO 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

La comida en la mesa

Alexandra Ozorio de Almeida | DIRECTORA DE REDACCIÓN

Brasil es conocido por su actividad agrícola. El país rompe récords de cosechas, uno tras otro con productividad creciente, y es un destacado líder mundial en exportaciones de diversos productos básicos. Así y todo, existe otra realidad agrícola menos atractiva. El área plantada con arroz y frijol, la base de la dieta nacional, disminuyó más de un 30 % entre 2006 y 2022, según el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE).

La migración hacia cultivos de alimentos más rentables orientados a la exportación contribuye a la inseguridad alimentaria en el país, que consiste en la falta constante de acceso a los alimentos, tanto en cantidad como en calidad. Se estima que más de la mitad de la población brasileña –alrededor de 125 millones de personas– aún hoy en día padece algún grado de inseguridad alimentaria.

Investigadores de las áreas de nutrición, economía, sociología, agronomía y geografía se están enfocando en el hambre (*tal como se lee en el artículo estampado en la portada de esta edición, a partir de la página 6*). Además de comprender este complejo fenómeno, estos estudiosos buscan las diferentes formas a través de las cuales el país puede hacer frente a esta aparente paradoja, con miras a asegurar una nutrición adecuada para su población.

En 2023, la estatal Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa) cumplió 50 años (*página 20*). Su misión es proveer a Brasil seguridad alimentaria mediante un modelo tropical de agricultura y ganadería. La investigación producida en dicha institución, que está presente en todas las unidades federativas, es en gran medida responsable de la diversidad agrícola del país y de su posición internacional como exportador de alimentos.

Sin embargo, el preocupante escenario del cambio climático y las nuevas demandas de los mercados consumidores constituyen un llamado a enfocarse fuertemente en la agricultura sostenible, un área de investigación a la que Embrapa le está dedicando crecientes esfuerzos.

Fue justamente en la ingeniería agronómica donde empezó su carrera de investigación de plantas el genetista vegetal Marcio de Castro Silva Filho, quien fue nombrado director científico de la Fundación de Apoyo a la Investigación Científica del Estado de São Paulo (FAPESP) en abril de 2023. Y desde hace varios años viene combinando la investigación de la interacción entre plantas, insectos y patógenos con su labor institucional.

Antes director de la Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Nivel Superior (Capes) de Brasil, Castro fue también prorector de posgrado de la Universidad de São Paulo, institución en donde se estableció tras realizar un doctorado en el exterior. En la entrevista de esta edición (*página 14*), habla sobre su carrera y anticipa los temas en los que se enfocará en su nuevo rol.

Puede definirse que un brasileñista es una persona de nacionalidad no brasileña que conduce una investigación sobre Brasil dirigida a un público extranjero (*página 56*). Pero dicho término comprende un proceso histórico tanto de rivalidad como de colaboración. Durante el último siglo, estos investigadores se abocaron a entender Brasil en su conjunto y su proceso histórico. Y más recientemente han venido dedicándole menos atención a la nación en sí, dirigiendo su interés hacia temas más amplios.

Los indígenas del pueblo Yanomami conciben los sueños como una forma de ver lo invisible. Desde la perspectiva de la teoría psicoanalítica, soñar es la representación del deseo individual y una forma de acceder al inconsciente. La investigación etnográfica entre los yanomamis apunta a los sueños como una forma de entrar en realidades que son inaccesibles mientras se está despierto (*página 62*). Las experiencias de su vida de vigilia son para ellos tan importantes como las que vivencian en sus sueños: son formas complementarias de existir en el mundo y de relacionarse con él.



3 CARTA DE LA EDITORA

TAPA

6 Analizan en nuevos estudios sobre el hambre la trayectoria de los alimentos desde su cultivo hasta la mesa de los consumidores

13 El arroz y el frijol requieren adaptaciones para soportar los efectos de la crisis climática

ENTREVISTA

14 Marcio de Castro, el nuevo director científico de la FAPESP, expone su visión sobre la ciencia y el futuro de la Fundación

AGRICULTURA Y GANADERÍA

20 A sus 50 años, la estatal Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa) intenta equilibrarse entre el productivismo y la preservación ambiental

ACCESO ABIERTO

26 Las políticas de exenciones y descuentos en la publicación de artículos científicos resultan inaccesibles para los autores brasileños

BIOECONOMÍA

30 Emprendedoras se valen de la innovación y el conocimiento tradicional para lanzar productos de la Amazonia

BIOLOGÍA

32 Investigadores identifican plantas y animales aislados por la altura en una región serrana deshabitada del estado brasileño de Amazonas

Tapa

Amanda Negri, Claudia Warrak, Léo Ramos Chaves y Vitória Couto





36

46



ECOLOGÍA

36 Científicos miden la tasa de natalidad de los jaguares en el Pantanal de Brasil

BIOQUÍMICA

39 Un estudio dilucida la acción de un biocatalizador en la rotura de la molécula de agua

BIOCOMBUSTIBLE

42 La aplicación de compuestos naturales puede aumentar la producción de etanol del bagazo de la caña de azúcar

INGENIERÍA DE MATERIALES

46 Un vidrio bioactivo posee potencial para eliminar células cancerígenas

BIOTECNOLOGÍA

50 Brasil es el primer país que pone a prueba una variedad de insecto transgénico contra una plaga del maíz

54 Ya se venden en el país mosquitos *Aedes aegypti* genéticamente modificados

SOCIEDAD

56 En el siglo XXI, los brasileños insertan al país en los temas globales

ANTROPOLOGÍA

62 Trabajos etnográficos arrojan luz sobre las interpretaciones de los pueblos amerindios referentes a los sueños

66 FOTOLAB

El conocimiento en imágenes

INSUFICIENCIA ALIMENTARIA



El concepto de sistema alimentario surgió para englobar las distintas etapas del proceso de producción de los alimentos

Más allá de la pobreza, las investigaciones sobre el hambre apuntan ahora a analizar los cuellos de botella existentes en las rutas de los alimentos desde su cultivo hasta las mesas de los consumidores

Christina Queiroz

PUBLICADO EN JUNIO DE 2023

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Brasil ocupa el tercer lugar en la producción mundial de alimentos y abastece a unos 800 millones de personas, de acuerdo con información de la estatal Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa). Semejante abundancia no impide que 125,2 millones de personas, más de la mitad de la población del país, padezcan algún grado de inseguridad alimentaria. Esta definición comprende no solamente la ingesta de alimentos en cantidad insuficiente, sino también de baja calidad, según datos de la Red Brasileña de Investigación sobre Soberanía y Seguridad Alimentaria (Red Penssan). ¿Cómo podría resolverse esta paradoja? Desde la óptica de investigaciones que se llevan adelante en diversos campos del conocimiento, la clave sería encarar el problema del hambre analizando los cuellos de botella presentes en los sistemas alimentarios, que abarcan el recorrido que va desde el cultivo hasta la mesa de los consumidores, aparte de empezar a tener en cuenta los impactos de la crisis climática sobre este escenario.

Estudios pioneros realizados en Brasil, como los del médico nacido en el estado de Pernambuco Josué de Castro (1908-1973), permitieron demostrar una relación directa entre el hambre y la pobreza, tal como lo explica el economista Marcelo Neri, director del Centro de Políticas Sociales de la Fundación Getulio Vargas (CPS-FGV). “En los últimos años, las investigaciones han empezado a indicar que la erradicación de la pobreza monetaria es una condición necesaria, pero no suficiente para disminuir la inseguridad alimentaria en Brasil”, afirma.

En 2021, la cantidad de las personas pobres, es decir, con ingresos domiciliarios per cápita de

hasta 497 reales mensuales, llegó a 62,9 millones de brasileños, alrededor de un 29,6 % del total de la población del país, según el Nuevo Mapa de la Pobreza, publicado por la FGV el año pasado. En 2022, el país registró una disminución en este contingente al volver a los niveles de 2020, de aproximadamente 53 millones de personas dentro de ese rango de ingresos. Desde 2020, el gobierno federal ha triplicado los beneficios otorgados a través del Programa Bolsa Familia/Auxilio Brasil y ha aumentado la cifra de personas contempladas por esta iniciativa de 14 a 21 millones. Pese a ello, en el mismo período, la inseguridad alimentaria se redujo del 36 % al 34 %, lo que se considera una disminución pequeña. “Resulta sorprendente constatar que, durante la pandemia, hubo un distanciamiento entre las medidas tendientes a reducir la pobreza monetaria y la inseguridad alimentaria”, subraya.

Neri estima que, en la pandemia, el cierre de las escuelas –objetivo de una de las principales políticas contra la inseguridad alimentaria, a través del Programa Nacional de Alimentación Escolar (PNAE), responsable de la alimentación de 40 millones de estudiantes– puede haber tenido más impacto sobre la inseguridad alimentaria que la pobreza. A juicio del investigador, la falta de un reajuste, durante seis años, en los montos transferidos por el gobierno federal para la alimentación escolar, y la disolución, en 2019, del Consejo Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (Consea), que asiste al gobierno en la definición de las políticas públicas relacionadas con la seguridad alimentaria y nutricional, también contribuyeron al agravamiento del panorama. “Estamos enfocándonos demasiado en los ingresos y poco en el hambre”, sostiene el economista.

A partir del problema del hambre en el mundo, el concepto de seguridad alimentaria surgió al término de la Segunda Guerra Mundial (1939-

1945) con la propuesta de identificar distintas situaciones vinculadas con el acceso a la comida y con la percepción de la necesidad de producir alimentos en cantidad suficiente para una población global en franca expansión. “Hoy en día, además de garantizar la ingesta de calorías en cantidad suficiente, el concepto brasileño de seguridad alimentaria abarca tanto las dimensiones nutricionales como la sostenibilidad de los alimentos, en una ampliación de la perspectiva que va más allá de su producción”, dice la nutricionista Elisabeta Recine, de la Universidad de Brasilia (UnB) y presidenta del Consea, reactivado en 2023. Como parte del proceso de ampliación del concepto de seguridad alimentaria, la también nutricionista Dirce Maria Lobo Marchioni, de la Universidad de São Paulo (USP), informa que recientemente el mismo también pasó a incluir el principio de preservación del medio ambiente, es decir, la noción de que las dietas deben ser saludables para la conservación del planeta.

Otro concepto que ha pautado los estudios sobre la inseguridad alimentaria en los últimos cinco años es el de sistema alimentario, que abarca el recorrido de la comida desde su cultivo hasta la mesa, es decir, las etapas en las que los alimentos o grupos de alimentos se cultivan, pescan, cazan, procesan, envasan, transportan, distribuyen, comercian, compran, preparan, ingieren y desechan. Siguiendo este esquema, los investigadores buscan identificar los cuellos de botella presentes en cada

uno de los eslabones de los sistemas, que presentan características específicas en cada país o ciudad y, con base en ellos, proponer soluciones para el problema del hambre. Desde esta perspectiva, uno de los objetivos podría ser determinar, por ejemplo, si las dificultades para el acceso a la comida se deben a la falta de disponibilidad de productos saludables en una determinada región o si están relacionadas con los altos niveles de desperdicio. La ingeniera agrónoma Sílvia Helena Galvão de Miranda, de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) de la USP, explica que los estudios agropecuarios desarrollados durante las décadas de 1950 y 1960 ya apuntaban la necesidad de escudriñar las cadenas productivas y sus ambientes, y no solo la producción. “Este enfoque amplio permitió identificar, por ejemplo, la necesidad de una mejora de las normas sanitarias en la faena de animales y de las condiciones de transporte de las frutas para aumentar la productividad y perfeccionar la calidad de los productos”, dice.

Durante la Conferencia Mundial de Periodistas Científicos (WCSJ), celebrada en Medellín (Colombia), a finales de marzo, la socióloga Jenny Wiegel, coordinadora regional del Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat), presentó los resultados de los estudios que viene llevando a cabo sobre los sistemas alimentarios en las ciudades del sur global. Uno de ellos, elaborado en 2019, analizó el sistema de la ciudad colombiana de Cali. La investigación partió de la observación de que



Los pequeños negocios son los responsables principales de la producción de alimentos sanos que se consumen en Brasil

2



En el país se desperdicia alrededor de un 30 % de los alimentos, un porcentaje que se considera elevado en comparación con la cifra promedio de otros países

4

BRASILEÑOS CON HAMBRE

En 2022, 125,2 millones de personas –es decir, el 58,7 % de la población– convivieron con algún grado de inseguridad alimentaria

41,3%

Seguridad alimentaria
Cuando se tiene acceso físico, social y económico permanente a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente

28,0%

Inseguridad alimentaria leve
Incertidumbre con relación al acceso a los alimentos, o cuando la calidad de la alimentación se ve comprometida

15,2%

Inseguridad alimentaria moderada
Cuando no se tiene acceso a una cantidad de comida suficiente

15,5%

Inseguridad alimentaria grave
Privación del consumo de alimentos

FUENTE: RED BRASILEÑA DE INVESTIGACIÓN SOBRE SOBERANÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA



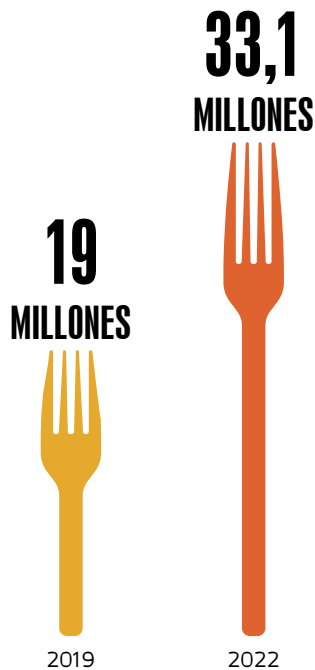
El hambre y la obesidad causada por una ingesta inadecuada de nutrientes constituyen la causa de un 19 % de las muertes prematuras en todo el mundo

el 51,3 % de las familias vivía en situación de inseguridad alimentaria y los niños y adolescentes del municipio presentaban mayor sobrepeso y obesidad que el promedio de otras poblaciones de la misma franja etaria de la región del Pacífico. Por otra parte, se constató que Cali registraba las cifras más altas de desperdicio de alimentos de todo el país. “Ante este panorama, nuestra hipótesis indicó que la reducción de la inseguridad alimentaria pasa necesariamente por la búsqueda de estrategias tendientes a limitar el desechado inadecuado de alimentos”, dijo la socióloga en la conferencia. Wiegel también realizó investigaciones en Nairobi (Kenia). Con una población de alrededor de 4,55 millones de personas, el 60 % de los habitantes de esa ciudad vive en barrios marginales y el 65 % de las tiendas que venden alimentos corresponde a mercados al aire libre. En el estudio, se constató que un 9 % de la población presentaba deficiencias de vitamina A, de hierro (el 21 %) y de zinc (el 83 %). “Verificamos que el 70 % de la ingesta de frutas de la población de bajos ingresos de la ciudad correspondía a plátanos, lo que sugiere que para mejorar el cuadro nutricional debe tenerse en cuenta un aumento en la variedad de frutas disponibles en las ferias libres, así como la adopción de políticas tendientes a permitir que el costo de esos otros alimentos sea accesible para la población de bajos ingresos”, propuso Wiegel.

Pero, ¿cuál es la característica de los sistemas alimentarios de un país de dimensiones continentales como Brasil y cuáles son sus cuellos de botella? El conocimiento de estas especificidades es, precisamente, uno de los objetivos primordiales del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología (INCT) de Combate al Hambre, creado a finales del año pasado con financiación del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq). Con la coordinación de Lobo Marchioni, de la USP, este centro se basará en el concepto de sistema alimentario para articular distintos campos del saber. A grandes rasgos, la investigadora explica que en la agricultura de Brasil predomina el sistema agroindustrial, productor de materias primas orientadas al mercado externo. Datos dados a conocer por la FAO en 2022, indican que, en los últimos años, el país se ha mantenido como el cuarto productor mundial de granos y como el segundo exportador. Por eso, ella considera que el país enfrenta retos que abarcan la producción de alimentos sanos y diversificados, tales como frutas, verduras y hortalizas, para atender el mercado interno. “No obstante, tenemos que sistematizar y profundizar en el conocimiento de nuestros cuellos de botella. Brasil posee múltiples sistemas alimentarios, que hacen de la lucha contra el hambre un desafío aún más complejo”, señala. El sistema

DURANTE LA PANDEMIA AUMENTÓ EL HAMBRE

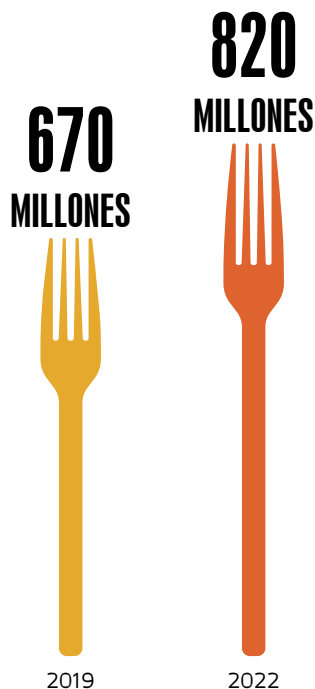
La cantidad de brasileños que dejaron de tener qué comer con la llegada del covid-19 se incrementó en 14 millones



FUENTE: RED BRASILEÑA DE INVESTIGACIÓN SOBRE SOBERANÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

POBLACIÓN MUNDIAL

150 millones de personas dejaron de tener qué comer con la eclosión de la pandemia



FUENTE: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO)

alimentario de los yanomamis, por ejemplo, se basa en el cultivo hortícola, la caza, la recolección de frutos e insectos, que lo diferencian de la realidad de las poblaciones urbanas, que suelen adquirir los alimentos en los mercados y ferias libres.

El INCT nació a partir del Grupo de Trabajo (GT) Políticas Públicas de Combate contra la Inseguridad Alimentaria y el Hambre, creado por quien entonces era el rector de la USP, el ingeniero civil Vahan Agopyan, actual secretario de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de São Paulo. “El GT unificó la experiencia de más

de una decena de grupos de investigación de la universidad que estudiaban la alimentación, la inseguridad alimentaria, la economía y las políticas públicas”, dice Agopyan. Como resultado de ello, el grupo, coordinado por Galvão de Miranda, de la Esalq-USP, elaboró un documento con 39 propuestas para orientar la formulación de políticas públicas, entre ellas la creación de programas de ingresos mínimos y educación alimentaria y nutricional, la construcción de plataformas *online* para articular iniciativas de la sociedad civil centradas en la mitigación de la inseguridad alimentaria y el fortalecimiento de la política federal de existencias básicas de alimentos, entre otras acciones. “Una de las sorpresas del informe es que gran parte de las recomendaciones no requieren de grandes inversiones para materializarse”, comenta Agopyan. Algunas de estas directrices son el desarrollo de medidas articuladas entre instituciones públicas del estado de São Paulo, como las universidades y escuelas del Centro Paula Souza, para buscar respuestas a las demandas de la sociedad relacionadas con el hambre, y generar mecanismos para que el trabajo de los agricultores familiares ingrese al circuito formal, propiciando su inserción en el sistema de comercialización y distribución de alimentos. El secretario propugna que las universidades y los investigadores se esfuercen por traducir la información científica en propuestas de políticas públicas. “La síntesis de los resultados de las investigaciones en recomendaciones para la administración pública es un proceso complejo. Si esta tarea no se realiza, a los legisladores puede hacerseles difícil comprender los resultados e incorporarlos en la legislación”, advierte.

Además del concepto de sistemas alimentarios, otro factor que ha orientado estudios recientes sobre el hambre es la crisis climática. Lobo Marchionni recuerda que, en su obra *Geografía del hambre* (*Geografia da fome*, 1946), Josué de Castro (*lea en Pesquisa FAPESP, edición n° 324*) reflexiona sobre los vínculos entre el hambre y la ecología, pero el cambio climático global ha sumado elementos nuevos y desafiantes a la esfera académica.



La crisis climática y el cultivo extensivo de productos destinados al mercado externo, como la soja, contribuyen al agravamiento de la inseguridad alimentaria en Brasil

BRASIL OCUPA EL 5º PUESTO EN EL RANKING DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DEL ÁREA

Un estudio elaborado por la editorial Elsevier para analizar la producción científica mundial relacionada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) reveló que, entre 2019 y 2022, Brasil ocupó el quinto puesto en el mundo en lo que hace a estudios sobre el hambre y la agricultura sostenible. Con 10.000 artículos publicados en ese período, la producción científica nacional fue un 110 % superior al promedio mundial.

El Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) y la Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Nivel Superior (Capes) se ubicaron en el 3º y 4º puesto respectivamente entre las agencias científicas de fomento que financiaron más investigaciones vinculadas a los ODS 2, que prevén erradicar el hambre en el mundo. Los datos de este estudio proceden de la plataforma SciVal, que almacena los resultados de las investigaciones de más de 20.000 instituciones de 230 países.

Dos dossieres publicados por la revista médica *The Lancet* en 2019 se han erigido como hitos de estos nuevos enfoques de investigación, pues sistematizan el argumento de que la ciencia debe buscar respuestas articuladas para tres grandes retos que, hasta hace poco, se trataban en forma aislada: subnutrición, obesidad y crisis climática. Los informes revelan que la malnutrición, en todas sus formas, que incluyen la obesidad y la desnutrición, es la causa de un 19 % de las muertes prematuras en todo el mundo. El término sindemia, acuñado por el antropólogo y médico estadounidense Merrill Singer en la década de 1990, fue originalmente empleado para definir una situación en la que dos o más enfermedades interactúan de forma tal que ocasionaban daños mayores que la suma de las enfermedades. En los últimos años, ha adquirido nuevos significados y los científicos han comenzado a utilizarlo para dar cuenta de la complejidad del problema del hambre mundial. De este modo, la subnutrición, la obesidad y la crisis climática han pasado a considerarse sindemias que comparten un determinante común: los sistemas alimentarios. “Estos sistemas son actualmente los principales promotores de una salud precaria y de la degradación ambiental. Por eso es necesario realizar esfuerzos urgentes a nivel mundial con la mira puesta en la transformación colectiva de las dietas y la producción de alimentos”, sostienen los autores de uno de los informes.

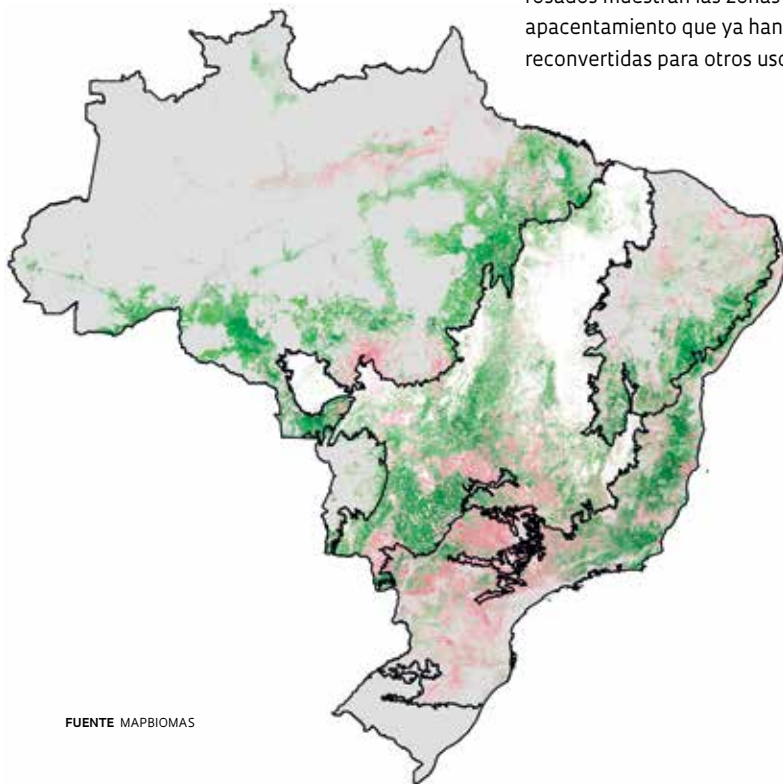
El desarrollo de políticas que permitan reducir en un 50 % el consumo mundial de alimentos como las carnes rojas y el azúcar y aumentar en un 100 % la ingesta de aquellos que se consideran más sanos, tales como nueces, frutas, verduras y hortalizas, son algunas de las recomendaciones incluidas en los documentos de *The Lancet*, que, según expresan, podrían evitar entre 10,8 y 11,6 millones de muertes por año. Asimismo, los dossieres indican que se necesita reorientar la agricultura hacia el cultivo de alimentos centrados en el consumo interno de los países, pero adoptando prácticas tendientes a preservar la biodiversidad, y reducir el consumo de agua y las emisiones de dióxido de carbono. El recorte a la mitad de la pérdida de alimentos en toda la cadena de abastecimiento, desde su producción hasta el consumo, es otra de las directrices. Con una investigación financiada por la FAPESP para elaborar estrategias tendientes a reducir el desperdicio, Andréa Rossi Scalco, de la Universidade Estadual Paulista (Unesp), en su campus de la localidad de Tupã, explica que, en Brasil, según estimaciones, se desecha un 30 % de los alimentos producidos, una cifra que se considera elevada. La investigadora apunta que, ante este panorama, se hace necesario elaborar una legislación específica para regular el desecho de productos que no pueden comercializarse, pero aun así son aptos para el consumo. “Países

como Argentina, Colombia y México, por ejemplo, cuentan con leyes que obligan a los establecimientos comerciales a donar estos alimentos, estipulando las condiciones necesarias para que ello ocurra”, informa.

Pese a la ausencia de una legislación específica, el avance tecnológico puede contribuir para mejorar el aprovechamiento de los alimentos. La nutricionista Eliana Bistriche Giuntini, del Centro de Investigaciones en Alimentos (FoRC), uno de los Centros de Investigación, Innovación y Difusión (Cepid) financiados por la FAPESP, menciona como ejemplo una técnica desarrollada para producir harina de plátano verde. “La banana es una fruta delicada y los productores que la cultivan registran pérdidas significativas en toda la cadena de abastecimiento. La posibilidad de vender este producto cuando aún no ha madurado para la elaboración de harina constituye una manera de atenuar este desperdicio”, subraya. El FoRC ha registrado una patente con esta metodología. El secreto es mantener resistente el almidón de la fruta durante la fabricación de la harina, evitando pérdidas nutricionales causadas por su procesamiento inadecuado.

POTENCIAL PARA LA AGRICULTURA

El color verde indica la presencia de pasturas y los sectores en tonos rosados muestran las zonas de apacentamiento que ya han sido reconvertidas para otros usos



FUENTE MAPBIOMAS

Otros aliados en la búsqueda de soluciones con miras a mitigar el problema del hambre son los recursos que aporta la inteligencia artificial (IA). También mediante el empleo de la IA, se han analizado imágenes de satélite de pasturas de ganado de todo el territorio brasileño, en el marco de un proyecto desarrollado desde 2008 por un grupo de investigadores de MapBiomias, una red de colaboración conformada por organizaciones no gubernamentales (ONG), universidades y *startups*. Laerte Guimarães Ferreira, de la Universidad Federal de Goiás (UFG) y actual director de Programas y Becas de la Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Nivel Superior (Capes), sostiene que la superficie de pasturas, que actualmente ocupa alrededor de un 20 % del territorio nacional, puede contribuir para que el país duplique su producción de alimentos sin incrementar el desmonte. Para ello, según Guimarães Ferreira, se necesita invertir en la recuperación de las pasturas degradadas y en la conversión al sistema de ganadería intensiva, a los efectos de poder liberar áreas de apacentamiento para otros usos.

El ingeniero Antonio Mauro Saraiva, de la USP y miembro del INCT de Combate al Hambre, realiza investigaciones para dilucidar cómo puede contribuir la IA al desarrollo de los pequeños agricultores que comercializan productos destinados al consumo local. Teniendo en cuenta la complejidad de los sistemas alimentarios, Saraiva sostiene que la IA es fundamental para las investigaciones y la elaboración de políticas públicas, ya que los datos alimentarios se encuentran diseminados en diversas bases, tales como las de Embrapa, el Instituto Agronómico (IAC), el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) y las secretarías de los estados y municipales, entre otras. Y siguiendo con las recomendaciones publicadas por *The Lancet*, los investigadores sugieren que las acciones tendientes a contrarrestar la inseguridad alimentaria tienen que impactar simultáneamente en dos o tres de los eslabones de los sistemas alimentarios. “No vamos a mitigar el problema del hambre moviendo solamente un peón y la IA es clave para la articulación de todas estas dimensiones”, culmina diciendo el ingeniero, quien también es miembro del Centro de Inteligencia Artificial financiado por la FAPESP mediante un convenio con la empresa IBM. ■

Proyectos

1. FoRC – Centro de Investigaciones en Alimentos (n° 13/07914-8); Modalidad Centros de Investigación, Innovación y Difusión (Cepid); **Investigadora responsable** Bernadette Dora Gombossy de Melo Franco (USP); **Inversión** R\$ 47.236.474,87.
2. Centro de Inteligencia Artificial (n° 19/07665-4); Modalidad Centros de Investigaciones en Ingeniería; **Investigador responsable** Fabio Gagliardi Cozman (USP); **Inversión** R\$ 7.050.377,09.

El resto de los proyectos, artículos científicos, informes y el libro consultados para la elaboración de este reportaje figuran en una lista en la versión *online* de la revista.

IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

El cultivo de los ingredientes básicos de la dieta de los brasileños deberá adaptarse para soportar los efectos de la crisis climática

PUBLICADO EN JUNIO DE 2023



Existen estudios en marcha para investigar cómo afecta el cambio climático a distintos cultivos, como el arroz y la mandioca

Los cultivos de arroz y frijol, ingredientes esenciales del menú de los brasileños, afrontan retos que guardan relación con el aumento de la temperatura del planeta, una mayor concentración de dióxido de carbono en la atmósfera y la disminución del caudal de agua disponible para el riego de las plantaciones. Con la mira puesta en el agravamiento de la crisis climática, Brasil necesita invertir en investigación y desarrollo tecnológico para mejorar la capacidad de adaptación de su producción.

El café, el frijol y el arroz son los productos de mayor consumo diario per cápita en Brasil, según indica un sondeo realizado en 2020 por el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE). El consumo de frijol no llega a cubrirse con la base de producción local, por lo cual debe complementarse mediante su importación. Para poder atender la demanda local de aquí a 2050, la estatal Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa) ha constatado que la producción de frijoles deberá incrementarse en un 44 %, es decir, 1,5 millones de toneladas más. Esa investigación, realizada junto a la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, de la Universidad de São Paulo (Esalq-USP), salió publicado en 2022 en la revista *Agricultural Systems*. “Esta expansión deberá producirse en un escenario signado por los efectos ad-

versos del cambio climático”, advierte el agrónomo Alexandre Bryan Heinemann, de la Unidad Arroz y Frijol de Embrapa, con sede en el estado de Goiás.

La superficie plantada de arroz y frijol se ha reducido más de un 30 % entre 2006 y 2022, según el Mapeo Sistemático de la Producción Agrícola, del IBGE. En el mismo período, los cultivos de soja y maíz –dos de los principales productos agrícolas que exporta Brasil– aumentaron un 86 % y un 66 % respectivamente. “El cultivo de productos destinados a la exportación es más rentable, pero no contribuye a la disminución de la inseguridad alimentaria en el país”, subraya Heinemann. Otro estudio coordinado por el investigador, publicado en 2022 en la revista *Frontiers in Sustainable Food Systems*, apuntó que, hacia 2050, los efectos de la crisis climática pueden llevar a una reducción de hasta un 60 % de la cantidad de agua necesaria para producir arroz de tierras altas en los estados de Goiás, Rondônia, Mato Grosso y Tocantins.

La preocupación con los impactos de las sequías y el aumento de la temperatura en la producción de alimentos básicos llevó al Instituto Agronómico (IAC) de la Secretaría de Agricultura y Abastecimiento de São Paulo a lanzar, en 2018, su primer cultivar de frijol adaptado a condiciones de déficit hídrico. Un estudio había constatado que las plantas de frijol con raíces más agresivas pueden absorber más nutrientes y agua a mayo-

res profundidades del suelo. Otro descubrimiento fue que las plantas precoces, con ciclos de cultivo más breves, toleran mejor el estrés climático. “La mejora de la adaptabilidad de las plantas es uno de los grandes desafíos a los que nos enfrentamos”, reflexiona el agrónomo Alisson Fernando Chiorato, del IAC.

La mandioca o yuca fue elegida en 2018 por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como el alimento del siglo XXI. Se trata de uno de los cultivos que mejor se adaptan a los efectos del cambio climático, según apuntan otros estudios realizados por Embrapa. Investigaciones realizadas desde 2017 por el agrónomo Jailson Lopes Cruz arribaron a la conclusión de que las altas concentraciones de CO₂ en la atmósfera atenúan el efecto inhibitorio de la sequía en la fisiología y en el crecimiento de las plantas de yuca. Esto significa que podrían incorporarse nuevas áreas al proceso de producción de mandioca, principalmente en regiones semiáridas, con beneficios para el suministro de este producto. “Asimismo, este cultivo presenta una amplia versatilidad. Es un bien de consumo directo, pero sus derivados, como la harina de fécula, también pueden utilizarse como insumos en la elaboración de productos y generar ingresos para los productores”, concluye diciendo el agrónomo Carlos Estevão Leite Cardoso, de Embrapa Mandioca y Fruticultura. ■

Christina Queiroz

MÁS IMPULSO A LA AUDACIA

El nuevo director científico de la FAPESP expone su visión sobre la ciencia y el futuro de la Fundación, y habla de su trayectoria como genetista de plantas

Alexandra Ozorio de Almeida, Fabrício Marques y Neldson Marcolin


RETRATO **Léo Ramos Chaves**

PUBLICADO EN JUNIO DE 2023

El genetista Marcio de Castro Silva Filho es usuario de la FAPESP desde el comienzo de su trayectoria científica, cuando recibió una invitación para sumarse al programa Jóvenes Talentos de la Universidad de São Paulo (USP), en 1994. La iniciativa tenía un propósito: atraer a científicos noveles, con formación en el exterior, para trabajar en la institución. Con De Castro, esto funcionó. En pocos años, forjó una carrera científica en la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq-USP) con un laboratorio y proyectos apoyados por la Fundación. Casi 30 años después, De Castro ya no es solo un cliente de la FAPESP, sino que se ha convertido en un directivo de esta agencia. El 27 de abril asumió la Dirección Científica en reemplazo del neurocientífico Luiz Eugênio Melo. Tendrá la oportunidad de mejorar procesos que él, como usuario, consideraba que podían ser más eficaces.

Marcio de Castro nació en Belo Horizonte, estado de Minas Gerais, y estudió ingeniería agronómica en la Escuela Superior de Agricultura de Lavras, la actual Universidad Federal de Lavras (Ufla). Durante la pasantía que realizó en la empresa estatal de investigación agropecuaria Embrapa Maíz y Sorgo, definió a la genética vegetal como su especialidad, que luego perfeccionó aún más durante su doctorado en Bélgica y en las investigaciones desarrolladas en la Esalq. Entre otros temas, trabaja con la interacción planta-insecto en la caña de azúcar. El investigador también demostró, en un trabajo en colaboración con un grupo de la Universidad de Campinas (Unicamp), que la información biológica y la información digital tienen la misma estructura matemática.

A principios de este siglo, De Castro comenzó a colaborar con la Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Nivel Superior (Capes) en la evaluación de los programas de posgrado de Brasil, y ocupó el cargo de director del organismo entre 2011 y 2016. Cuando fue nombrado director científico de la FAPESP, era prorector de Posgrado de la USP. En la entrevista que se lee a continuación, concedida presencialmente en la sede de la Fundación, el nuevo director habla de sus trabajos científicos más relevantes y expone algunas ideas acerca de cómo se propone contribuir al avance de la ciencia en el país.



De Castro con la fachada de la Fundación de fondo: ideas sobre cómo contribuir al avance de la ciencia en Brasil

EDAD 62 años

ESPECIALIDAD

Genética de plantas, gestión de ciencia y tecnología

INSTITUCIÓN

Universidad de São Paulo (USP)

ESTUDIOS

Título de grado y maestría en la Universidad Federal de Lavras (Ufla), doctorado en la Universidad Católica de Lovaina (Bélgica)

PRODUCCIÓN

80 artículos y 4 patentes



Usted se graduó como ingeniero agrónomo y se convirtió en genetista. ¿A qué se debió este cambio?

Retrocedamos un poco. Soy hijo de un respetado médico de Belo Horizonte, Marcio de Castro Silva [1931-2015], angiólogo y cirujano vascular. Desde niño, mi intención era estudiar medicina. Pero a la hora de presentarme al examen de ingreso en la facultad me asaltó la duda: “¿Habría sitio para mí en el área de trabajo de mi padre?”. Me encantaban la naturaleza y las granjas, donde siempre pasaba las vacaciones en la infancia. Cuando llegó el momento de inscribirme al examen me decidí por agronomía. Fui a conversar con mi abuela, la madre de mi padre, que decía que él era el orgullo

de la familia. Me recibió diciéndome: “Así que vamos a tener otro médico en la familia”. Le dije que no, que estudiaría agronomía. Su respuesta fue: “¡Hijo mío, no hagas eso! Cualquiera sabe trabajar en el jardín”. Lo curioso es que, si hubiese estudiado medicina, creo que habría acabado en la investigación genética, el área por la que me decanté.

Agronomía es una carrera amplia, ¿verdad?

Tanto que hasta bromeo con algunas personas, les digo: “si no saben qué estudiar, sigan agronomía. Ahí tienen ciencias humanas, de la salud, biológicas, agrarias, economía agrícola y rural, sociología... Algo encontrarás; tu camino. Así me pasó

a mí. Hice la carrera de grado, pero no con iniciación a la investigación científica. Recién graduado y siendo muy joven, sin saber exactamente adónde ir, conseguí una beca de Embrapa. Me fui a Brasilia para ver dónde podía trabajar, porque la empresa tiene centros por todo Brasil. Entonces alguien me preguntó: “¿En qué quieres trabajar?”. No sabía qué elegir. Mi interlocutor me miró fijamente y dijo: “Tienes cara de genetista”.

¿Así fue?

Así fue. Y a mí no me agradaba la genética cuando la estudié durante la carrera, pero empecé a trabajar en esta área y me di cuenta de que lo mío era la investigación. Fui a trabajar a Embrapa Maíz y Sorgo, en el municipio de Sete Lagoas, en Minas Gerais, y conocí a un investigador estupendo: Ricardo Magnavacca. Le prestaba mucha atención y como me contó de su experiencia haciendo un doctorado en Estados Unidos, pensé que eso era lo que yo quería, estudiar en el exterior. Él me sugirió que hiciera una maestría en Brasil y el doctorado afuera. Me dijo que sería bueno que hiciera la maestría acá para madurar y ver si era lo que realmente quería hacer.

¿Siguió su consejo?

Así es, hice la maestría en la Escuela Superior de Agricultura de Lavras, la actual Universidad Federal de Lavras. Luego de eso, fui parte de la última generación que hizo el doctorado pleno en el exterior con beca del CNPq [el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico]. En la década 1990 implementaron la modalidad del doctorado sándwich, en la que este se hace en Brasil y una parte de la pasantía de investigación en el exterior. Era mucho más barato. En lugar de enviar a una sola persona afuera, mandaban a cuatro, o cinco. Cuando yo fui, casi todos los que solicitaron becas del CNPq en esta área las obtuvieron e hicieron sus doctorados en alguna institución de otro país.

¿Por qué eligió Bélgica?

Quería hacer mi doctorado con el belga Marc Van Montagu. Él y Josef Schell [1935-2003] ganaron un premio importante en Japón por sus contribuciones, entre las que se cuentan el descubrimiento del mecanismo de transferencia horizontal de genes entre *Agrobacterium tumefaciens* y plantas. Pero su grupo estaba completo, porque había genetistas de todo el mundo que querían ir allí. Acabé en otro laboratorio, en la Universidad Católica de Lovaina. Mi director de tesis, Marc Boutry, también era un científico brillante.

¿Y cómo fue a parar a la Esalq?

En el último año del doctorado, vi un anuncio de la USP en la revista *Nature*. Se trataba de una convocatoria emitida por Erney Plessmann de Camargo [1935-2023], por entonces rector de Investigación, que decía algo así: “Ustedes que están en el exterior, ¿quieren trabajar en la USP?”. Él había creado un programa denominado Jóvenes Talentos. Yo siempre había estudiado en Minas Gerais, nunca en São Paulo. En aquel entonces, la USP era algo inalcanzable para mí. Envié mi currículum y un día vi un fax en mi banco del laboratorio, firmado por quien entonces era el director de la Esalq, João Lúcio de Azevedo, que decía: “Esta es una invitación formal para que usted venga a la Universidad de São Paulo, a la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz”. Salí a los saltos por el pasillo de la alegría que sentí. Me apuré a defender mi tesis y me fui a Piracicaba, al Departamento de Genética. Y ahí fue donde desarrollé mi carrera.

Ya en São Paulo, ¿se convirtió en seguidor de usuario de la FAPESP?

La Fundación fue clave para mí. Antes de llegar, incluso, ya tenía en mente un proyecto. Mi director de tesis me aconsejó: “Cuando vuelvas a Brasil, evita asumir cargos administrativos y dedícate a construir una carrera científica. Esto te hará invulnerable. Enfócate en tu carrera”. Regresé, presenté el proyecto que había pensado y me lo rechazaron. Vine a hablar con Rogério Meneghini, que era miembro de la Coordinación Adjunta de la Dirección Científica. Le defendí mi proyecto y apelé la decisión. Finalmente lo aprobaron. Tres años después presenté un proyecto temático, que en esa ocasión fue aprobado sin problemas. Ya



Cuando estudiaba en la facultad, ni siquiera me gustaba la genética, pero empecé a trabajar en esta área y me di cuenta de que lo mío era la investigación

trabajando en la Esalq y dirigiendo los proyectos, necesitaba gente que trabajara conmigo y espacio físico. El banco de trabajo estaba pegado a mi escritorio, todo apretado. Era una dificultad. Utilicé el programa de infraestructura de la FAPESP que existía en la época y conseguimos estructurar el laboratorio en donde funciona actualmente, que luego fue ampliado. El espacio quedó fantástico y nos permitió avanzar con todas las colaboraciones. Hice carrera y, a principios de la década de 2000, empecaron a llamarme de la Capes para colaborar en la evaluación de los programas de posgrado.

Volvamos por un momento a los años 1990. ¿Cómo fueron sus primeras investigaciones en la Esalq?

Yo quería entender cómo eran direccionadas las proteínas del interior de las células a sus respectivos destinos. La célula vegetal, como cualquier otra célula eucariota, está dividida en orgánulos: núcleo, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmático, etc. En el interior de ella hay un intenso tránsito de proteínas, pero en una dirección específica. Por ejemplo: una proteína que se dirige a una mitocon-

dria no puede ir al núcleo. Las proteínas del núcleo no pueden estar en el llamado citosol [el líquido que compone el citoplasma], porque tienen que ejercer su función en su ubicación específica dentro de las células. Cuando llegué a la Esalq, procuré darles a estos conocimientos una aplicación práctica. Mi primer proyecto consistía en introducir una proteína, la leghemoglobina, dentro de un orgánulo celular, el cloroplasto, en plantas de tabaco y de papa; en este caso, para estimular la actividad carboxilasa de la enzima Rubisco, incrementando la fotosíntesis. En el doctorado había estudiado una secuencia de direccionamiento poco usual y concreté una colaboración con el profesor Carlos Menck, de la USP. Fue el primer estudio que demostró que una proteína podía direccionarse simultáneamente hacia dos lugares distintos dentro de una célula, las mitocondrias y los cloroplastos.

¿Cuándo inició sus investigaciones referidas a la interacción planta-insecto?

Cuando estaba finalizando mi doctorado, un posdoctor canadiense amigo mío me sugirió: “Puedes trabajar con la interacción planta-insecto, se trata de algo más aplicable”. Cuando llegué a la Esalq, conocí al profesor [José Roberto Postalí] Parra, que posee un gran conocimiento en esta área. Y también estaba el profesor Walter Terra, bioquímico del Instituto de Química de la USP. Me pareció un buen camino. Empecé a estudiar la interacción planta-insecto usando la caña de azúcar. Así fue que, más adelante, ingresé al Bioen [el Programa FAPESP de Investigaciones en Bioenergía]. Me dediqué a entender cómo producen las plantas sus mecanismos de defensa para evitar que los insectos las utilicen como alimento u hospedador. Estudié diversos mecanismos, incluso cómo rompen los insectos esas barreras y utilizan a las plantas como hospedadores.

Enseguida hicieron otros descubrimientos en esa compleja interacción planta-insecto. ¿Cuáles fueron?

En un trabajo que comenzamos hace más de 10 años, estudiamos la compleja interacción entre la caña de azúcar, su principal plaga, el barrenador de la caña (*Diatrea saccharalis*) y unos hongos a los que se creía oportunistas, y demostramos que no era así. Hemos publicado artículos enfatizando que el hongo controla a

la planta y al insecto para propagarse a partir de la producción de unas moléculas a las que denominamos complejos volátiles. Cuando la planta está infectada con el hongo, produce compuestos volátiles que atraen a los insectos hembras no infectados. Las hembras se posan en la planta, depositan sus huevos, las orugas penetran en la planta y se contaminan. Cuando los insectos se convierten en adultos, se sienten atraídos por las plantas sanas. De esta manera, el hongo controla tanto a la planta como al insecto.

A finales de la década de 1990, usted participó en la creación de la red Onsa (Organización para la Secuenciación y el Análisis de Nucleótidos), el consorcio de laboratorios que llevó a cabo la secuenciación del genoma de la bacteria Xylella fastidiosa y, posteriormente, de varios otros organismos. ¿Cuál fue su contribución?

José Fernando Perez, en ese entonces director científico de la FAPESP, y Fernando Reinach, uno de los coordinadores de la red, me convocaron enseguida porque sabían que yo venía del laboratorio de André Goffeau [1935-2018], de la Universidad Católica de Lovaina, jefe del grupo que realizó la primera secuenciación de un organismo eucarionte completo: la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. También llamaron a Marcos Machado, del Instituto Agronómico, a João Carlos Setúbal, de la USP, y a João Meidanis, de la Unicamp, para la parte de bioinformática, y a Paulo Arruda, también de la Unicamp. Participé en varias reuniones. Suelen preguntarme por qué no coordiné uno de los grupos de la *Xylella*. Me sentía inclinado a participar porque se había abierto un concurso para los laboratorios, con la perspectiva de una importante financiación. Pero en esa misma época fue aprobado mi primer proyecto temático. Le pedí consejo a Walter Terra y él me dijo: “Márcio, ocúpate de tu proyecto temático. Es más importante que desarrolles tu línea de investigación. Vas a convertirte en un referente en el área”. Opté por continuar con el proyecto temático, aunque me doliera el corazón, porque consideré que no podría hacer ambas cosas a la vez.

¿Sigue pensando que fue una decisión acertada?

Si me hubiera incorporado al Programa Genoma todo habría sido más fácil. Tuvo

una financiación que posibilitó el montaje de laboratorios a gran escala como nunca antes, pero creo que tomé la decisión correcta. La formación de la red Onsa fue una iniciativa muy audaz y riesgosa, que fluyó muy bien y generó grandes resultados. El diseño de una metodología capaz de proporcionar una secuencia fue algo importantísimo y formó a muchos profesionales en esta área. Hoy en día, es posible secuenciar decenas de bacterias en un día y el reto consiste en generar planteos científicos a partir de esta información, elaborar hipótesis, diseñar experimentos que expliquen fenómenos de la naturaleza, que transformen todo eso en conocimiento que pueda aplicarse. Pienso que había muchas preguntas científicas importantes para plantear, pero no todos los grupos fueron capaces de sacar provecho de eso. Los investigadores que acabaron destacándose y construyeron un hilo conductor para su carrera fueron los que tenían un buen interrogante científico para desarrollar, como Parra, Menck o Terra, por citar algunos ejemplos.

Durante su carrera como gestor, optó por seguir trabajando en su laboratorio. ¿Continuará haciéndolo así?

En la entrevista previa al nombramiento



Los investigadores de la red Onsa que construyeron un hilo conductor para sus trayectorias tenían buenos interrogantes científicos para desarrollar

como Director Científico me preguntaron: “El trabajo aquí le demandará tiempo, ¿cómo va a hacer con su carrera?”. No quisiera decir demasiado, pero no voy a renunciar a ello. En 2011 asumí la dirección de la Capes, luego he sido prorector de la USP y tengo cinco alumnos de doctorado, una alumna de posdoctorado y otra de iniciación a la investigación científica. Asisto al laboratorio con cierta regularidad y charlo con ellos: “¿Cómo va todo? ¿Qué está ocurriendo? Cuéntenme”. He modificado en parte mi actitud de “hay que estar al lado de los alumnos todos los días”. Sabemos lo que hay que hacer, tenemos reuniones periódicas. Casi todos también están realizando pasantías en el exterior, van y vienen. Soy investigador de clase 1A del CNPq y no he perdido mi beca, con artículos de calidad que estoy publicando en revistas importantes. Hay un hecho curioso: no tengo alumnos de la Esalq, solo una alumna de iniciación a la investigación científica. Todos pertenecen a otras instituciones, que nos siguen, ven nuestros trabajos en congresos, en publicaciones y me buscan. El grupo es muy bueno y puedo acompañarlos de lejos. Ellos mismos, en vista de las posibilidades, están interesados en que todo avance y quieren hacer más, seguir descubriendo cosas.

¿Qué tan importante considera que es poner a trabajar juntos a investigadores con diferentes formaciones?

La investigación interdisciplinaria es crucial para el avance del conocimiento, para que la ciencia trascienda un grado meramente incremental. Los grandes saltos vienen y seguirán viniendo de la labor interdisciplinaria. La estructura organizativa en departamentos cerrados y monotemáticos está siendo dejada de lado en todo el mundo. Cuando investigaba el transporte de las proteínas, vinieron a buscarme dos estudiantes de doctorado que trabajaban con Reginaldo Palazzo Jr., del área de ingeniería eléctrica de la Unicamp. Ya habían golpeado la puerta de varios investigadores, pero nadie se interesó en colaborar con ellas. Conversé con Palazzo, un investigador brillante, y trabajamos en conjunto para explicar matemáticamente fenómenos biológicos. Para abreviar, diré que demostramos que toda secuencia de ADN posee una estructura matemática subyacente, empezando por los códigos de corrección de erro-

res, que son similares a los códigos que se utilizan en la comunicación digital. La información biológica y la información digital tienen una misma estructura matemática. Esperábamos tener una gran repercusión con este trabajo, pero el artículo contenía muchos datos matemáticos y acabó siendo publicado en una revista de ingeniería eléctrica. Solo hemos podido llegar hasta donde hoy estamos promoviendo el diálogo entre áreas diferentes, con un grupo de ingeniería eléctrica interactuando con un genetista.

¿Cómo puede estimularse la interdisciplinariedad?

Antes de responderles, ya saben que los dos lugares más refractarios a los cambios son los cementerios y las universidades, por libre opción de sus residentes, ¿verdad? Es muy difícil promover la interdisciplinariedad en un ambiente en el que la gente está cómodamente instalada en sus áreas de actuación. Una de las ideas es financiar en forma consistente los temas que son transversales, cuyas respuestas necesariamente requieren conocimientos diversos. Si nos fijamos en la financiación que brinda la National Science Foundation, comprobaremos que está dirigida a temas transversales. Hace dos años, estando de visita en Londres en un evento del consejo británico, dos colegas me invitaron a cenar en el restaurante de la academia de ciencias. La cena costaba de 80 a 100 libras esterlinas, pero si te sentabas en una mesa justo en la entrada, en la que cabían unas 12 personas, solo pagabas 10 libras esterlinas. Era para animar a los académicos de diferentes áreas a sentarse juntos y conversar. Las humanidades y las ciencias sociales aplicadas también tienen que estar presentes. El aislamiento no conduce a ningún lado. Las respuestas en parte saldrán de esta convivencia.

Se está perdiendo el interés por los estudios de posgrado. ¿Cómo hacerle frente a este problema?

El monto de las becas es una de las variables importantes, pero no es solo eso. El interés es menor porque nuestro posgrado es de la segunda mitad del siglo pasado. Los alumnos no se sienten estimulados para seguir investigando. Ya casi no hay médicos haciendo posgrados. En la USP y varias otras universidades, los estudiantes están ingresando al doctorado con 33 años. Terminan con 37 o 38 y empiezan a



Los dos lugares más refractarios a los cambios son los cementerios y las universidades, por libre opción de sus residentes

trabajar casi a los 40. En Europa, Estados Unidos y Canadá concluyen con 27 o 28 años. En lugar de perder tiempo sumando asignaturas, tienen que interactuar, generar habilidades, adquirir experiencia internacional; en la USP, el 15 % de los estudiantes de doctorado hacen pasantías en el exterior. Esto es fantástico. Pero el problema incluye otras variables y no es propio solo de Brasil. En la revista *Nature* se publicó un editorial que habla de la crisis del posgrado como un fenómeno mundial. El año pasado, en un evento en Egipto, conversé con el prorector de la Universidad Técnica de Múnich y me dijo que el 90 % de los doctores graduados allí ya no van al área académica, sino a empresas, organismos gubernamentales, ONG o bien fundan sus propias empresas. En la USP hemos incorporado al posgrado una asignatura vinculada a la prorectoría denominada Científico Emprendedor, que aporta nociones básicas y en el final cuenta con un taller en el que los alumnos deben resolver en forma interdisciplinaria un problema de la sociedad.

¿Cómo puede una agencia como la FAPESP inducir o colaborar para promover este tipo de cambio?

Una posibilidad es que la beca de posgrado pase a incluir un aporte previsional, por ejemplo. Cuando yo regresé del doctorado, con 33 años, mi padre me dio una

buen noticia. Me dijo que había pagado mis aportes al sistema previsional público durante mi doctorado. Puedo incluir ese lapso para el cálculo de mi jubilación. Si ahora los estudiantes culminan su formación a los 38 años y recién entonces comienzan a aportar, tendrán una vida laboral muy diferente a la que tendrían en otras trayectorias profesionales. También podemos tener diferentes modelos de posgrado. La maestría se ha transformado en un programa profesional. Solo un tercio de los magísteres hacen el doctorado. Pero seguimos insistiendo en exigir el máster en la formación de un investigador. ¿No sería mejor reforzar el doctorado y el posdoctorado? Mientras la demanda por el posgrado *stricto sensu* está decayendo, las matrículas en programas de MBA, más en sintonía con lo que está pidiendo la sociedad, se han disparado. Necesitamos generar un ambiente de interacción con la sociedad en donde el doctor esté capacitado para resolver problemas, participar en proyectos interdisciplinarios, que sepa trabajar en equipo, que esté en contacto con la diversidad. Si esto no se estimula, no habrá empleo para esa gente.

En comparación con los países desarrollados, Brasil tiene proporcionalmente menos investigadores y menos de ellos todavía trabajando en empresas. ¿Cuál es su percepción?

El ambiente no es muy propicio para la interacción con las empresas. Hay algunas iniciativas que han tenido éxito. El caso de Embrapii [Empresa Brasileña de Investigación e Innovación Industrial] es una de ellas. Combina el respaldo de las universidades, la financiación federal y los recursos de las empresas, y estas definen lo que quieren. Hay muchos proyectos interesantes que aportan nuevos conocimientos a la empresa. En la FAPESP, contamos con los Centros de Investigaciones en Ingeniería/Centros de Investigación Aplicada [CPE/CPA, por sus siglas en portugués] pero estos abarcan colaboraciones entre universidades y un grupo aún limitado de empresas. Esto no forma parte de una política de desarrollo, que es lo que necesita el país. Hubo gente que dijo que esto no era importante y que era más fácil importar de China. Sobrevino la pandemia y nos quedamos sin chips para los automóviles, sin jeringas y con casi todos los fármacos procedentes de la India.

¿Su experiencia como investigador financiado por la FAPESP le brinda una idea de lo que debe hacer como director científico?

Por supuesto, soy un gran usuario. Tengo una ayuda en curso y dos propuestas presentadas antes de asumir aquí. Creo, por ejemplo, que podemos simplificar procesos porque todavía nos empantanamos con los reglamentos. Esto no solo ocurre en la FAPESP, sino también en el posgrado, al mantener estructuras que se establecieron hace mucho tiempo y nunca nos hemos detenido a pensar si aún tienen sentido. Pretendemos darles más autonomía a los investigadores y reducir la burocracia.

¿Podría darnos un ejemplo?

Puedo comentarles mi caso. Mi proyecto temático fue examinado por cinco asesores. Esto no ocurre en ningún lugar del mundo. Tres lo aprobaron así como está, uno pidió que se precisara mejor la metodología y el otro, solicitó que redujera el presupuesto en un 10 %. ¿Cuál fue la respuesta que recibí? Denegado. Entonces tuve que presentar una solicitud de reconsideración, pedirle a todo el grupo que viniera a reafirmar su interés, completar nuevamente una enorme cantidad de formularios. Podrían solicitar más información sobre el material y los métodos y recortar el presupuesto. Entonces la FAPESP evaluaría si eso se cumplía o no y lo remitiría para un análisis comparativo. La FAPESP tiene un gran cortafuegos de entrada y uno pequeño de salida. ¿Lo que usted hizo es incremental o disruptivo? ¿Generó una política pública, una ley, cambió la comprensión de algún tema, inauguró una nueva rama del conocimiento? Esto es lo que pretendemos saber.

Entonces, la perspectiva no es ejercer un papel de microgestión, de seguimiento cotidiano de la investigación, sino proporcionar un espacio y confiar en la capacidad de la comunidad, dentro de ciertos límites, para hacer lo que ésta considere mejor para el desarrollo de sus investigaciones. Y como contrapartida, exigir más en cuanto a los resultados.

Exacto. Al fin de cuentas, uno puede decir que el resultado fue disruptivo, pero los que lo evalúan pueden decir: “No, esto que has hecho no ha modificado nada. Describe algo que ya había sido descubierto por A, B y C. Cuando presentes la



Siempre he sido partidario de dar autonomía con responsabilidad porque, al final, las personas serán evaluadas

próxima solicitud, compararemos”. Claro que esto conlleva su parte de riesgo. No siempre quien es audaz logra realizar lo que tenía en mente, pero tenemos que estimular la audacia. Esta osadía puede verse reflejada más adelante, al final del proyecto y cuando presente un próximo. Siempre he sido partidario de dar autonomía responsable porque, al final, las personas serán evaluadas. Si uno les da autonomía pero no evalúa, ahí hay un riesgo. Pero la autonomía con un seguimiento, sobre todo de los resultados, claro que sí. Necesitamos deconstruir en parte el sistema que se ha implementado en Brasil, donde la actividad medio está cobrando más importancia que la actividad fin. Esto no puede ser, en absoluto. El fin es lo que debe determinar adónde se pretende llegar. El medio para ello debe estar al servicio de la meta, nunca al revés.

Teniendo en cuenta los programas especiales de la FAPESP, como el Biota, el de Cambios Climáticos, ¿queda margen para nuevos programas?

Ese es un rol que la FAPESP no puede dejar de cumplir. A partir de la comprensión del punto en el que se halla el conocimiento en determinadas áreas, debe apuntar cuáles son los retos más importantes. Pero no puede hacerlo sola. La Fundación debe aumentar su interacción

con otros organismos. Se trabaja bastante con el CPF [en alusión a personas, por el Código de Personas Físicas], el gran cliente de la FAPESP no es el CNPJ [el Código de Personas Jurídicas]. Hay margen para avanzar en la cooperación con científicos de otros estados brasileños y de otros países. Ya se viene haciendo esto muy bien en el exterior. Hay que mirar al país del extremo norte al extremo sur, en su totalidad, ya que hay espacio para avanzar en colaboraciones con otras fundaciones de apoyo a la investigación científica.

¿Cómo ve el futuro del programa Cepid?

Cepid [Centros de Investigación, Innovación y Difusión] es un sello de la FAPESP, que ha tenido la osadía de financiar proyectos a largo plazo. Este diseño, en el marco de la estructura actual, es interesante, porque promovió actividades algo más interdisciplinarias que las de la instancia inferior, los proyectos temáticos, que aún están mayormente enfocados en un área específica. En los mejores Cepid hay algo más de complejidad y son posibles actividades más abarcadoras. Apenas estoy incorporándome, pero creo que es un aspecto en el que debe pensarse, evaluar cómo era antes de esta inversión a largo plazo y qué cambios ha provocado en el conocimiento del área. Este análisis es muy importante y es algo que debe hacerse. La estructura de los Cepid debería estimular la interdisciplinariedad con problemas más transversales porque está planteada una perennidad para que incluso que sea posible la audacia.

En su discurso de asunción del cargo usted se refirió, entre otras cuestiones, a la integridad científica y a las buenas prácticas de investigación. ¿Hay alguna nueva orientación?

La FAPESP fue la primera agencia en Brasil que instituyó un reglamento, una orientación, una directriz para el sistema. Las universidades –algunas más, otras, menos– la acompañaron. Se trata de un área que aquí está bien estructurada. Empero, ahora emerge el desafío de la inteligencia artificial, que hace dos años no existía. Tendremos que adaptarnos a ello, es el mundo de hoy. Si ahora se desea preparar un proyecto sobre cualquier área, basta con pedirselo a ChatGPT y este lo escribe. Vamos a tener que reflexionar un poco sobre la dinámica de la inteligencia artificial, cómo lidiar con ella. ■

SEMILLAS DE MODERNIDAD

En su 50° aniversario, la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa) apunta a compatibilizar diferentes paradigmas de la producción que valoran la preservación del medio ambiente

Carlos Fioravanti





Diversidad agropecuaria: (arriba) cultivo de tomates en invernadero en la región serrana de Río de Janeiro y cría de ganado vacuno en un bosque de São Carlos, en São Paulo; (al lado, de izquierda a derecha) cultivo de manzanas de la variedad Gala en Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul; una abeja con chip de rastreo en Belém, Pará; arrurruz cultivada en la región de Santa Luzia do Pará, también en Pará, y *Vanilla pompona*, una especie autóctona de vainilla, en Brasília, Distrito Federal

La ingeniera agrónoma Tatiana de Sá, de Embrapa Amazonia Oriental, en la ciudad norteña de Belém, la capital del estado de Pará, afronta casi todos los meses un viaje de cuatro horas, generalmente en ómnibus o combi, para trabajar con los agricultores de Santa Luzia do Pará, en la zona oriental de dicho estado brasileño. Juntos, seleccionan las mejores formas de cultivar y aprovechar tres tipos de raíces –arrurruz, ñame rojo y blanco– y tres frutas –banana, tucumá [cumare] y chontaduro [también llamada pijuayo o pupuñá]– con el propósito de encontrar la solución de un viejo problema: la pérdida de tubérculos y frutas debido a la dificultad para venderlas o almacenarlas.

Los agricultores de la región de Santa Luzia también fueron a esa unidad de la estatal Embrapa –la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria –con sede en Belém– y conversaron con el equipo del Laboratorio de Agroindustria sobre distintos métodos para preparar harinas, pastas, panes y galletas con las raíces y las frutas cultivadas. “Las técnicas de cultivo y utilización del arrurruz estaban siendo olvidadas debido a la hegemonía del trigo, el enemigo principal de la soberanía alimentaria de la Amazonia”, comenta De Sá, contratada en 1972 por el Instituto de Investigaciones y Experimentación Agropecuaria del Norte (Ipean), posteriormente incorporado a Embrapa. “Los residentes de la zona de Santa Luzia se mostraron interesados en el cultivo de raíces autóctonas que se estaba perdiendo”.

El reconocimiento de los saberes locales y la producción organizada en asociaciones y sindicatos de pequeños productores son algunas de las premisas de la agroecología, un abordaje que promueve la diversificación agrícola y la preservación de los recursos naturales. Este enfoque, que adquiere valor como respuesta a las presiones internacionales sobre Brasil y sus productores rurales en particular, a quienes se les exige cada vez más que eviten los daños ocasionados por la práctica del monocultivo y el uso intensivo de agrotóxicos, viene avanzando paulatinamente en Embrapa, una institución en funcionamiento desde hace exactamente 50 años, que se cumplieron el pasado día 26 de abril.

“La agricultura orgánica, una de las áreas de la agroecología, era considerada una utopía hace 30 años, pero hoy en día ha ganado reco-

nocimiento a nivel mundial y se enseña en las carreras universitarias”, comenta el ingeniero agrónomo Jose Antonio Azevedo Espindola, investigador de Embrapa Agrobiología, con sede en Seropédica, Río de Janeiro, y presidente del comité de gestión de la cartera de Sistemas de Producción de Base Ecológica.

La agricultura ambientalmente amigable propuesta por la agroecología adhiere a principios que difieren bastante del modelo que ha guiado a Embrapa y a otras instituciones de investigación agropecuaria de Brasil. Este hace referencia al paradigma productivista, basado en la mecanización, en el uso intensivo de fertilizantes y agrotóxicos, en los cultivos extensivos y en las grandes propiedades, que ha expandido la producción agropecuaria nacional.

“La soja, que no se cultivaba más allá del estado de Paraná, ahora ha avanzado hasta la denominada Amazonia Legal Brasileña. Los vinos espumantes brasileños ganan premios internacionales. Las manzanas solo se importaban desde Argentina, porque no había variedades nacionales. Pasamos de ser importadores a exportadores de alimentos y, hoy en día, Brasil es el tercer exportador mundial de alimentos, dice el físico Silvio Crestana, exdirector e investigador de Embrapa Instrumentación, una de las cinco unidades del estado de São Paulo apoyadas por la FAPESP a través de 927 proyectos de investigación y becas, cuyo monto asciende a 97,9 millones de reales desde 1991.

Para Crestana, quien fue presidente de Embrapa de 2005 a 2009, los logros no deben opacar el futuro: “Ahora tenemos que pensar en los impactos sociales y ambientales de la agricultura y la ganadería, porque el mundo y la mayoría de los productores y consumidores así lo exigen. La refundación de Embrapa es esencial para que pueda estar a la altura de las circunstancias y brindar respuesta a los retos emergentes”.

La agrónoma Irene Cardoso, de la Universidad Federal de Viçosa (UFV), en Minas Gerais, subraya: “Todas las instituciones de investigación agropecuaria, no solo Embrapa, necesitan prestar más atención a otros modelos de agricultura, como la familiar y la tradicional, sin abonos químicos ni agrotóxicos”. Expresidenta de la Asociación Brasileña de Agroecología (Aba), ella añade que el agronegocio, al que Embrapa históricamente ha estado bastante vinculada, “no es ambientalmente sostenible, ya que causa una disminución de la biodiversidad y una intensa emisión de gases de efecto invernadero con la

deforestación y las quemas”. Y De Sá ratifica esto: “Embrapa no puede ser homogénea, porque su público tampoco lo es”.

El actual presidente de la empresa, el agrónomo Celso Moretti, en el cargo desde 2019, afirmó en declaraciones a *Pesquisa FAPESP* que la mayor institución de investigación agropecuaria de Brasil ya es ecléctica. “Desarrollamos investigaciones que apuntan a atender a la totalidad de los agricultores, con cualquier perfil, sin distinciones, con la mira puesta en el aumento de la productividad, en agregarle valor a los productos y en la sostenibilidad”, dice. “Hay investigaciones tanto para mejorar los productos orientados a la exportación, las *commodities*, como para aquellos que se destinan al consumo interno, categoría en la que se insertan la mayoría de los pequeños agricultores y la agricultura orgánica y agroecológica”.

Según Moretti, Embrapa tiene un problema de índole práctica, que reside en la falta de renovación del personal que se ha marchado o jubilado recientemente: “Nuestros últimos investigadores fueron contratados en 2014, mediante un llamado a concurso publicado en 2010”. El agrónomo Heitor Cantarella, director del Instituto Agronómico de Campinas (IAC), hace un reclamo similar: “Para renovar las líneas de investigación y planificar la agricultura de los próximos 20 años necesitamos remozar el plantel de investigadores. En los últimos 15 años hemos perdido a un 40 % de nuestros em-

pleados, que no han sido reemplazados porque no ha habido concursos”, dice.

Cantarella es consciente de la presión social por métodos de producción de alimentos con un menor impacto ambiental y menos emisiones de gases de efecto invernadero. Sostiene que las investigaciones más recientes, si bien que desde el enfoque tradicional, buscan reducir el uso de agrotóxicos, por ejemplo, seleccionando variedades de plantas naturalmente más resistentes a las plagas y a las enfermedades y promoviendo la llamada intensificación agrícola, con una mayor producción de alimentos en una misma superficie.

Pero, ¿será esto un indicio inequívoco de renovación? “Las trayectorias tecnológicas del paradigma tradicional, al que yo llamo mecánico-químico, están reaccionando a los problemas de la crisis ecológica mediante una salida situada dentro del mismo paradigma: se apunta a ‘verdear’ estas trayectorias, mediante soluciones biológicas que, en general, están al servicio de la mecánica y la química”, interpreta el economista Francisco de Assis Costa, de la Universidad Federal de Pará (*lea en Pesquisa FAPESP, edición n° 277*). Cantarella acota: “La agricultura ecológica continuará creciendo, pero tendrá que convivir con alguna versión de la ‘mecánico-química’, debido a las presiones para producir alimentos y materia prima en abundancia y a bajo costo”.

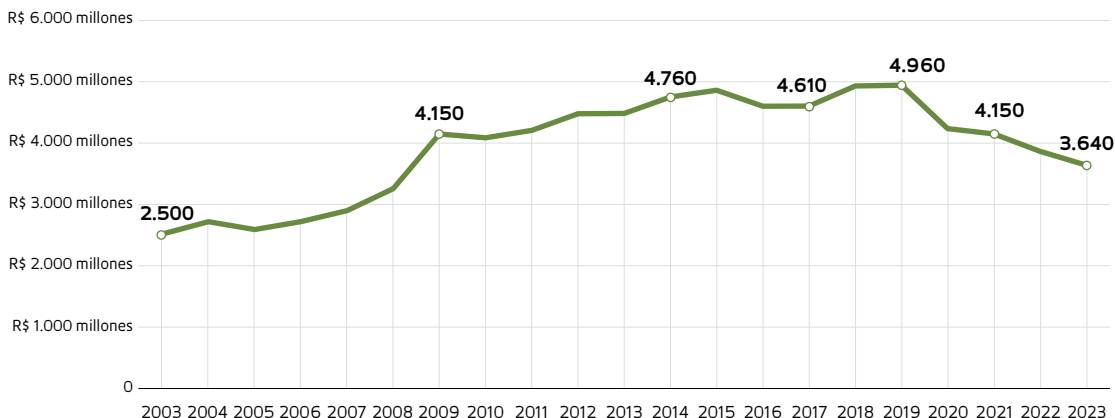
La desproporción entre los equipos destinados a las dos perspectivas de investigación y producción agropecuaria constituye otro reto. “En Embrapa”, dice Espindola, “el porcentaje de investigadores dedicados a la generación de soluciones tecnológicas adaptadas a la agricultura convencional sigue siendo mucho mayor que el de los abocados a la agroecología y a la producción orgánica, pero estamos avanzando”. Para Moretti, la cantidad de investigadores no es un buen indicador de la preponderancia de un área: “Con una buena focalización y capacidad de trabajo, pueden hacerse las tareas necesarias para atender las distintas demandas”. Tras haber realizado un trabajo intensivo en semillas como las de la soja, el maíz y el algodón, la mayoría de los investigadores se dedican a otros cultivos, también con un sesgo productivista.

Según el presidente de Embrapa, los equipos dedicados a las cadenas productivas de la zanahoria y el tomate, aunque pequeños, han obtenido resultados importantes. En 2020, la institución lanzó un cultivar (variedad) de zanahoria para la producción orgánica, recomendado para plantárselo en la entresiembrade los cultivares convencionales. Por su parte, Tomatec, lanzado en 2005, es un sistema de cultivo con riego por goteo y manejo integrado de plagas.

El ingeniero forestal Édson Luis Bolfe, excoordinador de Agropensa, un grupo de apoyo al desarrollo de estrategias de investigación de Embrapa e instituciones

PRESUPUESTO OSCILANTE

En los últimos cinco años se ha revertido la tendencia alcista iniciada hace dos décadas (valores en miles de millones de reales, corregidos por el IPCA)



FUENTE EMBRAPA



Sorgo producido bajo un sistema de integración agrícola-ganadero-forestal en el Cerrado de Maranhão

asociadas, percibe una mejora gradual de los sistemas de producción agropecuaria: “Así como la siembra directa fue toda una novedad en los años 1970, los sistemas integrados que conjugan actividades agrícolas, ganaderas y forestales van a evolucionar y consolidarse en los próximos años gracias a una mayor producción de alimentos y una presión menor sobre los recursos naturales”.

Como investigador de Embrapa Agricultura Digital con sede en Campinas, Bolfe desarrolló junto a colegas de otras instituciones métodos tendientes mapear con precisión los límites, la diversificación, la expansión, la retracción o la conversión de distintos cultivos agrícolas mediante una combinación de imágenes

satelitales. Esta nueva forma de abordaje, probada en municipios de los estados de Goiás, Bahía, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul y São Paulo, mapea la vegetación nativa diferenciando las distintas plantaciones, tales como soja, maíz, algodón y caña de azúcar, tal como se describe en artículos que se publicaron en las revistas *Remote Sensing*, el año pasado, y *Land*, este año.

Actualmente con 2.201 investigadores (en 2013 eran 2.437) y un presupuesto de 3.600 millones de reales para este año (a valores actuales, en 2003 eran 2.500 millones), Embrapa es una participante relativamente joven del grupo de las más antiguas instituciones brasileñas de investigación agropecuaria: el IAC fue

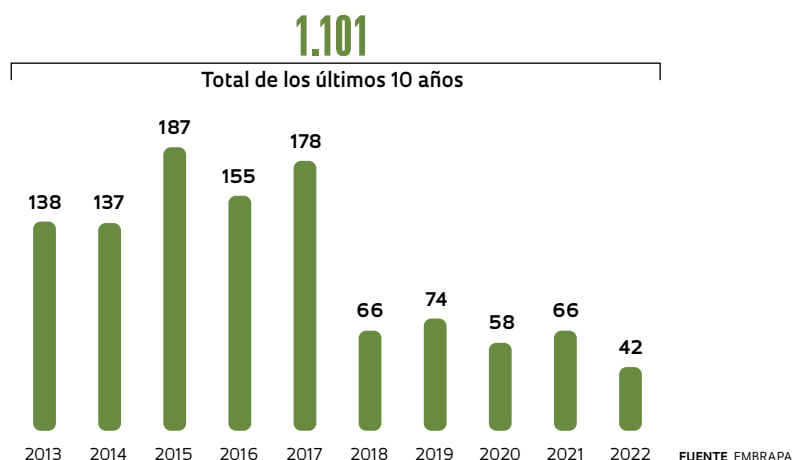
fundado en 1887 en Campinas; la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) inició sus actividades en 1901 y posteriormente fue incorporada a la Universidad de São Paulo (USP); la Escuela Agrícola de Lavras, en Minas Gerais, comenzó a funcionar en 1908, y la Escuela Superior de Agricultura y Veterinaria de Viçosa, más tarde asimilada a la UFV, data de 1920. Pero ninguna de ellas cuenta con tantas ramificaciones: Embrapa suma siete unidades centrales, situadas en el Distrito Federal, y otras 43 distribuidas por todos los estados de la federación brasileña.

“Embrapa es una de las grandes obras del gobierno militar, con una fuerte influencia de Estados Unidos”, sostiene el historiador Jefferson Sanches, docente de la enseñanza básica y de cursos preuniversitarios en la red educativa pública y privada de Vinhedo y de Jundiaí, en el interior del estado de São Paulo. Según él, para el gobierno militar, el modelo de producción basado en el monocultivo, las grandes propiedades y los préstamos bancarios con intereses por debajo de la inflación constituía una forma de ocupar el centro-oeste y debilitar el planteo de que la concentración agraria era un obstáculo para el desarrollo económico y postergar así la reforma agraria.

En un artículo publicado en noviembre de 2022 en *Revista de História*, Sanches describe cómo nació Embrapa a partir de la articulación entre el gobierno brasileño y fundaciones filantrópicas estadounidenses, Rockefeller y Ford entre ellas, que propugnaban un aumento de la producción de alimentos tras

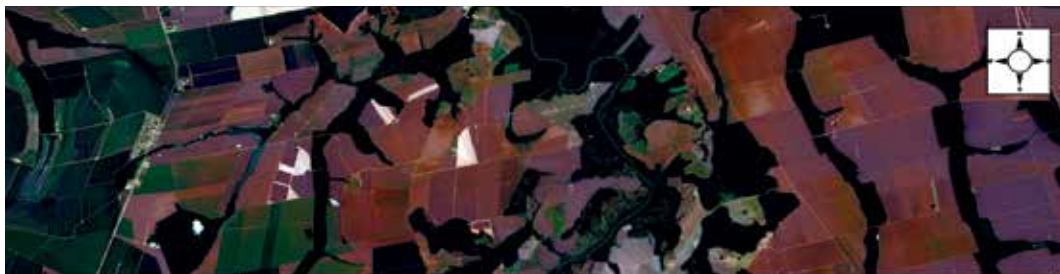
INNOVACIÓN EN EL CAMPO

A partir de 2018, el recuento incluye solamente las tecnologías listas para salir al mercado



PLANTACIONES CON LÍMITES PRECISOS

El método de análisis mediante imágenes satelitales facilita el mapeo de las áreas rurales



Las imágenes proporcionadas por el satélite Landsat y mapas del MapBiomás y del Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes (DNIT) marcan la distribución de la vegetación nativa, los cultivos agrícolas y las cabañas ganaderas en Sorriso, Mato Grosso



- Carreteras
- Áreas urbanas
- Cuerpos de agua
- Vegetación nativa
- Algodón
- Frijol
- Maíz
- Otros cultivos de secano
- Pasturas cultivadas
- Caña de azúcar
- Cultivos agrícolas de regadío

haber contribuido al financiamiento de investigaciones sobre problemas de salud mundiales. A su juicio, la creación de Embrapa se inspiró en experiencias anteriores, patrocinadas por instituciones estadounidenses, para la expansión de la producción de arroz en Filipinas, de trigo en México y de papa en Perú. Así, la Revolución Verde, una estrategia de incremento de la productividad en el campo puesta en marcha en Estados Unidos en la década de 1960, se globalizaba, promoviendo el consumo de semillas, fertilizantes y equipamientos producidos por empresas estadounidenses.

Embrapa asumió las funciones del Departamento de Investigación Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería (Mapa), con la misión de centralizar las investigaciones científicas y coordinar las empresas estatales, mu-

chas de las cuales habían sido desmanteladas en los últimos años. Una de sus prioridades iniciales fue la implementación de producción agropecuaria en la región central de Brasil, cubierta por el Cerrado, la sabana tropical del país. Según Sanches, el desarrollo de nuevas técnicas le aportó respaldo científico a la ocupación que encabezaron experimentados agricultores de Rio Grande do Sul y Santa Catarina que adquirían tierras a bajos precios. Se hizo habitual la corrección de la acidez del suelo con enmiendas calizas, la siembra directa sobre el terreno (sin roturar, para evitar la pérdida de nutrientes) y el empleo de bacterias fijadoras de nitrógeno. El historiador señala cuál fue el punto de partida de las investigaciones que ampliaron la producción agrícola de esta zona: la tesis doctoral del serbio Nikolai

Pulchritudoff, presentada en 1971 en la Universidad de California en Davis (EE. UU.), en donde el investigador describía las carencias de minerales del Cerrado y las distintas maneras de subsanarlas.

Sanches define a la creación de Embrapa como una muestra de lo que él denomina modernización de la permanencia, una expresión basada en el concepto de modernización conservadora, acuñado por el sociólogo estadounidense Barrington Moore Jr. (1913-2005). “Fue una reorganización de la producción agrícola sin alterar la base agraria, valiéndose de un discurso basado en la ciencia y la tecnología, según el cual, la modernización sería el único camino, naturalmente beneficioso”, comenta. En el libro *A modernização dolorosa* (Zahar, 1982), el agrónomo José Graziano da Silva subraya que este proceso acentuó la



Plántulas de caña de azúcar genéticamente modificadas con tolerancia a herbicidas

concentración y la disparidad de ingresos, el éxodo rural y la explotación de la fuerza de trabajo en el campo.

El Cerrado se convirtió en uno de los principales polos agrícolas del Brasil, que en la actualidad concentra el 86 % de la producción de algodón, el 50 % de la soja, el 43 % del frijol y el 34 % de la carne. La producción agropecuaria se ha fortalecido, empero, como mal resultado de la aplicación del paradigma productivista, se estima que un 45 % de los territorios anteriormente cubiertos por vegetación nativa ha sido ocupado por la agricultura y la ganadería, lo que ha implicado una pérdida de biodiversidad y, también, el riesgo de desecación de los ríos que nacen en el centro-oeste brasileño y discurren hacia otras zonas del país (*léase la entrevista a Mercedes Bustamante en Pesquisa FAPESP, edición n° 324*).

En 1996, Embrapa presentó el cerdo *light*, con menos grasa, que actualmente va por la tercera generación; luego llevó el cultivo de la vid y otras frutas a las orillas del río São Francisco; participó en el desarrollo de gran parte de los 140 cultivares de café, en forma conjunta con otras instituciones de investigación, y desarrolló métodos de cultivo en medio de la selva, en Rondônia. La cartera del sitio institucional de la empresa comprende 1.106 productos o tecnologías, que incluyen la producción de carne con bajos niveles de emisión de dióxido de carbono y metano, los gases responsables del calentamiento global.

En sus 50 años, Embrapa desarrolló 72 cultivares de naranja, 53 de durazno, 44 de uva, 24 de cupuazú, 22 de banana y maracuyá y 10 de ananá y melón que, incluyendo otras frutas, suman un total de 419 variedades. Una de las más recientes, presentada el pasado mes de octubre, es una de una fruta típica del Cerrado, el pequi, en este caso sin sus incómodas espinas.

Como base para futuras investigaciones, sus bancos genéticos reúnen unas 300.000 muestras de 1.096 especies de cereales, frutas, tubérculos, palmeras y otras, como así también 115.000 de semen de animales y 70.000 microorganismos. ■

El dossier de Pesquisa FAPESP sobre Embrapa, los proyectos y artículos consultados para la elaboración de este reportaje figuran en una lista en la versión *online*



Sistema de monitoreo del clima de Embrapa Agricultura Digital, en Campinas, São Paulo

2

ESTÍMULO A LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN EL CAMPO

Un proyecto promueve el uso de aplicaciones entre pequeños y medianos productores rurales

Se espera que este mes, la FAPESP haga el anuncio público formal del proyecto multidisciplinario de investigación e innovación denominado Centro de Ciencia para el Desarrollo de la Agricultura Digital (CCD/AR)/SemeAR, cuya sede funcionará en Embrapa Agricultura Digital, en Campinas, São Paulo. El proyecto tendrá como propósito extender el uso de las tecnologías digitales y la conectividad vía internet entre pequeños y medianos productores rurales de Brasil.

“Los proyectos complejos como el SemeAR suelen requerir ajustes en los modelos de financiación”, dijo Luiz Eugênio Mello, director científico de la FAPESP. “En este caso, hemos solicitado que el proyecto incluya algo similar a un PMO (*project management officer*) y hemos dedicado varios meses a la planificación y la estructuración del proyecto para incrementar sus probabilidades de éxito”, explicó.

“Una de las metas consiste en poner a los productores rurales en contacto directo con el mercado, sin intermediarios”, comenta Carlos Américo Pacheco, director presidente del Consejo Técnico Administrativo de la FAPESP. “Este proyecto tendrá un gran impacto en la mejora de la renta rural”.

Se realizará un seguimiento en cinco áreas piloto en el estado de São Paulo, una en Minas Gerais y una en cada una

de las otras cuatro regiones del país (norte, nordeste, centro-oeste y sur). El trabajo ya ha comenzado en dos, en estrecha colaboración con la asociación de productores, municipios y empresas. La primera es en Caconde, una localidad ubicada en el este del estado de São Paulo, con casi 20.000 habitantes, un polo de producción de café; la otra es São Miguel Arcanjo, situada en el sur del estado, con unos 33.000 habitantes e importante proveedor de frutas y hortalizas.

“La tecnología digital ya está en la mente de muchos productores”, sostiene Silvia Massruhá, coordinadora del CCD-AR/SemeAR. Según ella, los investigadores buscarán empresas o desarrollarán aplicaciones para resolver las demandas de los agricultores y ampliar la conectividad de los pequeños y medianos productores rurales. Un estudio conjunto llevado a cabo por el Ministerio de Agricultura y la Esalq/USP, en 2021, indicó que solamente un 23 % del área rural del país cuenta con acceso a internet. “Todas las cadenas productivas demandan herramientas tecnológicas digitales”, dice. El proyecto cuenta con la participación de unos 40 investigadores, incluyendo otras unidades de Embrapa, el centro de innovación CPQD, el IAC, el Instituto de Economía Agrícola, el Instituto Nacional de Telecomunicações, la Esalq y la UFV.

↓
SEGÚN LOS
CRITERIOS DEL
BANCO MUNDIAL*

27,65%
Países de ingresos
medianos altos

1,32%
Países de ingresos
medianos bajos
(DESCUENTOS)

0,35%
Países de
ingresos bajos
(EXENCIONES)

70,66%
Países de
ingresos altos

ACCESO ABIERTO

LOS DOLORES DE LA EXCLUSIÓN

Un estudio muestra que las políticas de exenciones y descuentos implementadas por las grandes editoriales para la publicación de artículos científicos son restrictivas e ignoran las dificultades que enfrentan los autores de países como Brasil

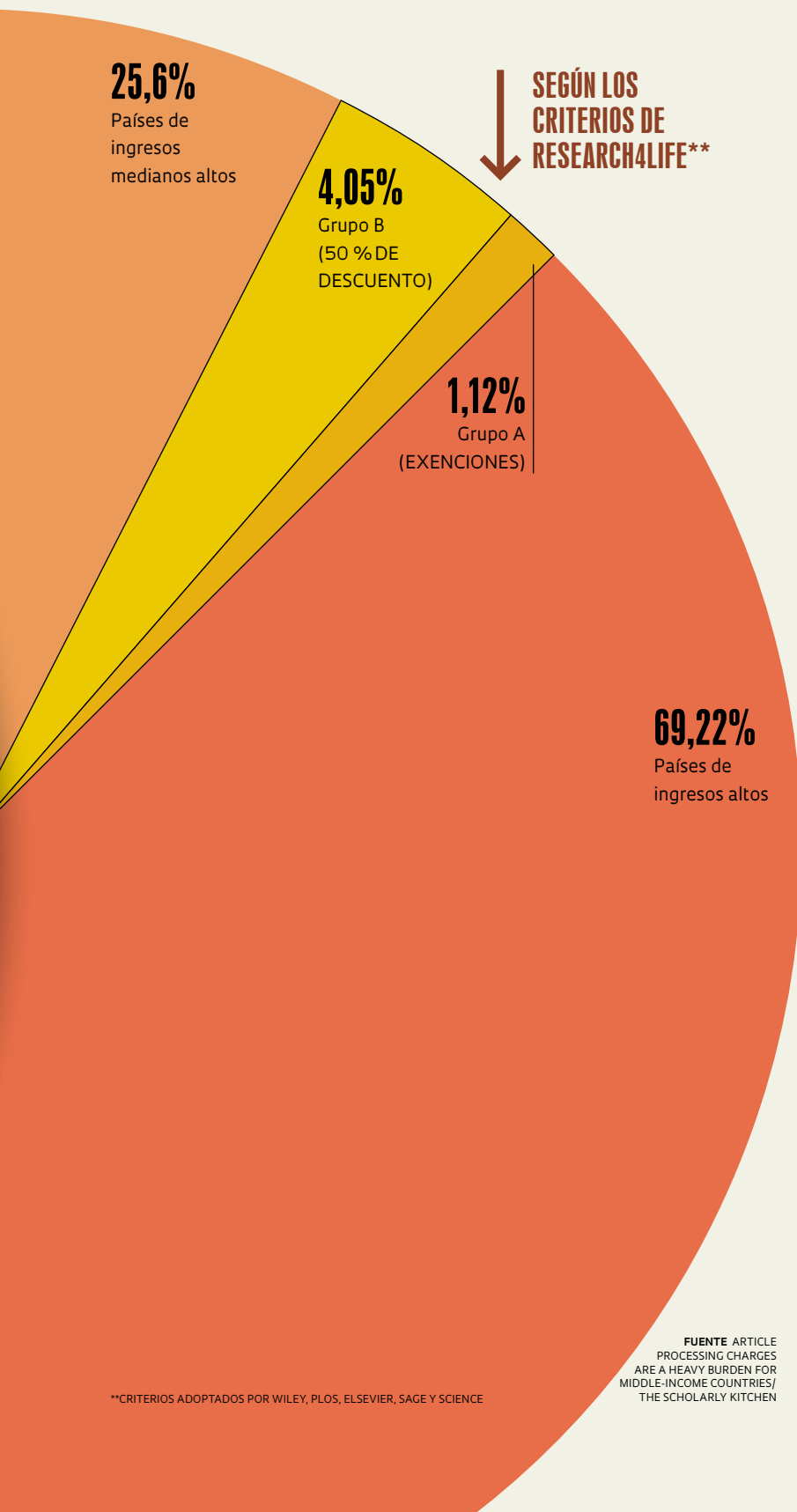
Fabrcio Marques

PUBLICADO EN MAYO DE 2023

*CRITERIOS RECOMENDADOS POR EL PLAN S

BENEVOLENCIA LIMITADA

Porcentaje de artículos científicos procedentes de países/territorios que podrían incluirse en políticas de reducción o exención de tasas para la publicación en acceso abierto, con respecto al total – base de datos Scopus



Un estudio realizado por investigadores de las universidades de São Paulo (USP) y Campinas (Unicamp) ha llamado la atención sobre un obstáculo al que se enfrentan los científicos de los países en desarrollo cuando buscan publicar sus artículos en revistas prestigiosas internacionales. Con el avance del modelo de acceso abierto, a través del cual los lectores tienen acceso libre vía internet al contenido de los artículos sin tener que abonar tasas o suscripciones de revistas, los costos de publicación pasaron a recaer sobre los autores de los *papers* y sus instituciones y organismos científicos de fomento, que se ven obligados a pagarles a las revistas montos a menudo exorbitantes. La investigación, publicada en marzo en el foro sobre publicaciones académicas The Scholarly Kitchen, revela que la solución al problema ofrecida por las editoriales científicas es ineficaz: las políticas de exenciones y descuentos concedidos por las revistas a los autores son sumamente restrictivas e inaccesibles para los científicos de los países con ingresos medios, como es el caso de Brasil.

Según el trabajo, si se toman en cuenta los criterios adoptados por Research4Life, una coalición de editoriales entre las que se cuentan Wiley, PLOS, Elsevier, Sage y Science, tan solo el 1,12% de los artículos publicados entre 2012 y 2021, disponibles en la base de datos Scopus, sería beneficiado por exenciones, concedidas porque sus autores viven en naciones de muy bajos ingresos, principalmente en África, pero también en sitios que atraviesan conflictos, tales como Yemen, Siria o Afganistán. Otro 4,05% podría acceder a descuentos de hasta un 50% de las tarifas de edición de artículos porque corresponde a artículos procedentes de países con ingresos medianos bajos como, por ejemplo, los del norte de África, de Hispanoamérica y del sur de Asia. En un segundo escenario, las restricciones son aún mayores. Cuando se observan las normas establecidas por el Plan S, un programa de divulgación de acceso abierto que, en 2021, comenzó a adoptar un conjunto de organismos de financiación de países europeos e instituciones como la Fundación Bill & Melinda Gates, solo el 0,35% de los artículos estaría exento del pago de tasas y el 1,32% accedería a descuentos. En este caso, el límite de ingresos de los países se ajusta los estándares del Banco Mundial

FUENTE: ARTICLE PROCESSING CHARGES ARE A HEAVY BURDEN FOR MIDDLE-INCOME COUNTRIES/ THE SCHOLARLY KITCHEN

**CRITERIOS ADOPTADOS POR WILEY, PLOS, ELSEVIER, SAGE Y SCIENCE

y actualmente es el modelo adoptado por editoriales como Springer *Nature* y Taylor&Francis.

“En mi especialidad, las revistas científicas cobran entre 3.000 y 5.000 dólares por publicar un artículo, pero hay casos extremos, como ocurre con las revistas de la colección *Nature*, en las que este costo supera los 11.000 dólares”, explica la bioquímica Alicia Kowaltowski, del Instituto de Química de la USP, autora principal del estudio, también firmado por el físico Paulo Nussenzveig y el biólogo Ariel Silber, ambos de la USP, y el ingeniero mecánico José Roberto Arruda, de la Unicamp.

El análisis demuestra que el costo prohibitivo de los artículos perjudica a los países de renta mediana. En las naciones muy pobres, que tienen acceso a políticas de exención y descuentos según los criterios de Research4Life, el 52 % de los artículos de sus investigadores se encuentra disponible en acceso abierto. Entre los países ricos, el porcentaje es de un 45 %. Pero en países de ingresos medianos como Brasil, que no se benefician de exenciones y descuentos, la fracción de artículos en acceso abierto cae a un 32 %. “Estos países tienen presupuestos de investigación mucho más reducidos que las economías de altos ingresos, pero se

espera que paguen las tarifas de procesamiento de artículos [APC]. Los datos muestran que, debido a lo elevado del costo, están quedando excluidos de este modelo de publicación”, dice Kowaltowski.

El documento propone ampliar las políticas de exención total de estas tasas como estrategia para incluir a los autores de países de renta baja y mediana baja, y aplicar descuentos del 50 % a todas las economías de ingresos medianos altos. “En la práctica, esto supondría conceder exenciones totales a alrededor de un 2 % de los autores y descuentos a aproximadamente el 25 %. Esto podría ser fácilmente absorbido por la mayoría de las editoriales, ya que los altos márgenes de utilidades del sector son bien conocidos, superiores al 30%”, afirma Kowaltowski. Ella reconoce que muchas editoriales refieren que aceptan negociar solicitudes individuales de exenciones y descuentos. “Pero las peticiones personales tienen desventajas, como un menor poder de negociación. La FAPESP financia la publicación de artículos de investigadores beneficiarios de becas y proyectos de investigación, pero ha fijado un límite máximo de 12.000 reales, una cantidad que está más que bien pagada. Yo aprovecho este límite para pedirles descuentos a los editores, pero hay que enviar cinco o seis correos electrónicos antes de que alguien empiece a escuchar”, dice la investigadora.

La propuesta ha suscitado reacciones. El científico de la información y consultor estadounidense Phil Davis ha criticado la idea de ampliar las políticas de exenciones y descuentos, y su argumento es que podrían ahogar económicamente a las pequeñas editoriales regionales que atienden sobre todo a autores de países de ingresos medianos y bajos. “Quienes se apresuran a culpar a las editoriales comerciales de su monopolio del mercado y de sus ‘márgenes de ganancia excepcionalmente altos’ podrían sorprenderse al descubrir que su política, de adoptarse, solo conduciría al fortalecimiento de la publicación comercial”, escribió, en el foro de comentarios sobre el artículo.

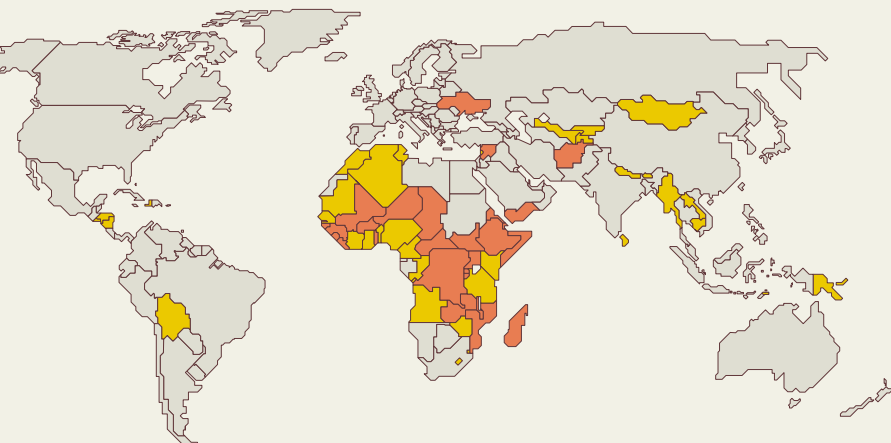
Para Abel Packer, coordinador de la biblioteca de revistas científicas SciELO Brasil, el trabajo dirigido por Kowaltowski tiene el mérito de plantear el debate acer-

TERRITORIOS CON BENEFICIOS

Los países que pueden ser incluidos en políticas de descuentos o exenciones de tasas de publicación en acceso abierto

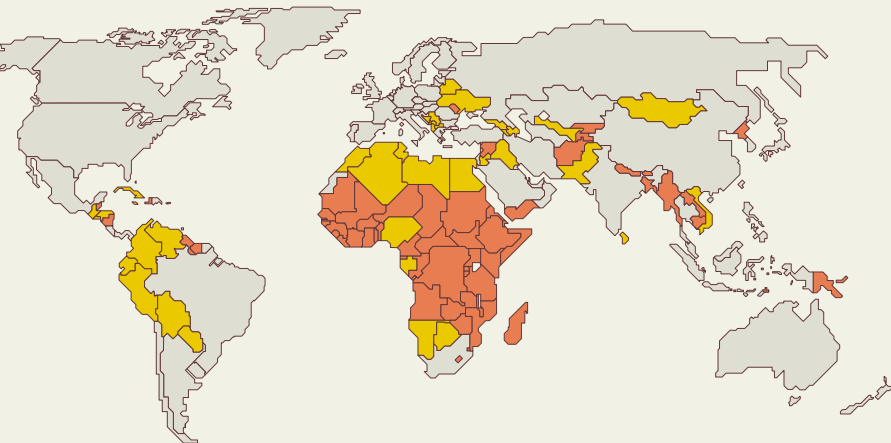
SEGÚN LOS CRITERIOS DEL BANCO MUNDIAL

■ Exenciones ■ Descuentos



SEGÚN LOS CRITERIOS DE RESEARCH4LIFE

■ Exenciones ■ Descuentos



EN LOS PAÍSES DE INGRESOS MEDIANOS, EL PORCENTAJE DE ARTÍCULOS PUBLICADOS EN ACCESO ABIERTO ES INFERIOR AL DE LAS NACIONES DE BAJOS INGRESOS, BENEFICIADAS CON DESCUENTOS Y EXENCIONES

ca del costo de las APC para los investigadores de los países en desarrollo, que ha venido siendo soslayado en las discusiones sobre el avance del acceso abierto. “Es necesario un enfoque más equitativo. Un investigador brasileño no puede pagar lo mismo que uno de Suecia. El poder adquisitivo local no condice con esas tarifas, es una cuestión de equidad”, sostiene.

No obstante, señala que el estudio abordó tan solo uno de los aspectos del problema. “También hay que cuestionar el sistema en su conjunto, sin olvidarse que la necesidad de los investigadores de publicar en una revista con APC cara se debe a las exigencias de los sistemas de evaluación para poder progresar en la carrera”. A propósito, él destaca la misión de la biblioteca SciELO, financiada durante los últimos 25 años por la FAPESP, dedicada a aportarle calificación a más de 300 revistas científicas de acceso abierto en Brasil, muchas de las cuales ni siquiera exigen el pago de tasas para divulgar la producción científica nacional, aunque estos títulos no posean el impacto y la visibilidad de las revistas de élite. “Tenemos revistas nacionales de alta calidad que están a disposición para publicar óptimos artículos de autores brasileños”, sostiene.

Para José Roberto Arruda, coautor del estudio, no es que se haya subestimado la importancia de las iniciativas de acceso abierto como SciELO, sino que se ha apuntado a exigir políticas de exenciones más eficaces a las grandes editoriales comerciales. “Esto es vital para permitirles a los investigadores de países de renta mediana alta seguir publicando en revistas científicas prestigiosas y de gran visibilidad mientras no cambien los modelos de acceso abierto basados en APC”, dijo. En respuesta a las críticas de Phil Davis,

Arruda sostuvo que no se trata necesariamente de una reducción de los ingresos de las editoriales, sino de distribuir mejor los costos entre los investigadores de países con distintos niveles de ingresos y diferentes realidades de financiación de la investigación científica.

En teoría, el modelo de acceso abierto basado en APC debería cambiar pronto. En su concepción original, el Plan S establecía que todos los artículos resultantes de investigaciones financiadas por los organismos y países firmantes debían publicarse exclusivamente en revistas de acceso abierto a partir de 2020. La fecha de inicio de su implementación se pospuso para 2021 y se flexibilizaron las normas, al permitir, por ejemplo, la existencia hasta 2024 de modelos de publicación híbridos, en los que los autores pueden pagar por publicar artículos en revistas de acceso abierto que también venden suscripciones. A partir de 2025, este formato intermedio dejará de aceptarse y se espera que las editoriales publiquen artículos solamente en acceso abierto, celebrando acuerdos amplios con países, agencias o bibliotecas de instituciones, que reorientarían los montos desembolsados hoy en día con las suscripciones a revistas para el pago de las tarifas de publicación de los artículos y su oferta libre en internet.

Las perspectivas de que esto ocurra, explica Kowaltowski, aún son inciertas. “No está claro qué es lo que ocurrirá, ya que la adopción del Plan S se ha concentrado en Europa y es mínima en otros países”. China, por ejemplo, que ha superado a Estados Unidos en volumen de artículos científicos, no forma parte

del acuerdo. El gobierno estadounidense, por su lado, estableció tardíamente a finales del año pasado que las agencias federales tendrán que crear políticas antes de 2025 para asegurar que todas las publicaciones que financien se pongan a disposición del público en acceso abierto. Aún no se ha definido el formato que se adoptará, que podría incluir el uso de repositorios de *preprints*. Cuando esto ocurra, la velocidad del cambio en el panorama internacional de la comunicación científica será más clara.

Hasta ahora Brasil se ha mantenido al margen de este debate, aunque en 2020 invirtió 380 millones de reales en contratos con editoriales científicas para liberarles el contenido de sus revistas a los científicos brasileños a través del Portal de Revistas Científicas de la Capes (Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Nivel Superior), el organismo del Ministerio de Educación responsable de evaluar y financiar programas de posgrado. Ahora esto ha empezado a cambiar. En un comunicado enviado a *Pesquisa FAPESP*, la Capes informó que “ha asumido el compromiso de llevar a cabo acuerdos transformadores con el propósito de ofrecerle a la comunidad académica, además de la suscripción a distintas publicaciones científicas, la posibilidad de publicar en acceso abierto”. Según dicha agencia, está liderando un movimiento en el país, con la colaboración de instituciones tales como la Academia Brasileña de Ciencias, la Sociedad Brasileña para el Progreso de la Ciencia y el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico tendiente a que los investigadores puedan publicar a un precio acorde a la realidad socioeconómica del país.

El organismo ha puesto en marcha recientemente una encuesta sobre el tema en la comunidad científica y, en mayo, se llevará a cabo un taller conjunto para debatir la publicación de artículos en acceso abierto. “Uno de los puntos que se abordarán será el pago de tarifas de procesamiento de artículos en el marco de los contratos del Portal de Revistas”, se informa en la nota de la Capes. El tema se incorporó a la agenda de la agencia el pasado mes de noviembre, durante la celebración de la quinta edición del Seminario del Portal de Revistas. “Ahora, el objetivo del taller es darle continuidad a este tema y profundizar su debate en el seno de la comunidad académica”. ■



De izquierda a derecha, flor de cupuazú, guaraná, copaiba, tucumá y flor de pasionaria

SOSTENIBILIDAD, UN SUSTANTIVO FEMENINO

Emprendedoras de la Amazonia combinan innovación con conocimientos tradicionales para crear nuevos cosméticos y alimentos

Sarah Schmidt

PUBLICADO EN ENERO DE 2023

Un grupo de mujeres emprendedoras de la Amazonia ha desarrollado una serie de productos innovadores, tales como cosméticos y alimentos, que han demostrado tener potencial para impulsar el desarrollo sostenible de la región. La bióloga Andrea Waichman, investigadora de la Universidad Federal de Amazonas (Ufam) y socia de la *startup* de cosméticos Darvore, desarrolló un bálsamo reductor de la oleosidad epidérmica a base de copaiba (*Copaifera langsdorffii*) y tucumá (*Astrocaryum aculeatum*) trabajando con insumos proporcionados por recolectores extractivos de la Reserva de Desarrollo Sostenible (RDS) de Uatumã, en el estado brasileño de Amazonas. “Hemos creado

cápsulas nanométricas elaboradas con bioactivos amazónicos, como alternativa a los materiales sintéticos. El resultado obtenido son productos 100 % naturales”, explica. La empresa Darvore tiene su sede en Manaus (Amazonas) y una sucursal en Ribeirão Preto (São Paulo).

La empresaria, nacida en Argentina y radicada en Amazonas desde hace más de 25 años, fue una de las entrevistadas en el libro electrónico *Potência amazônica*, publicado en octubre, que reunió a algunas de las dirigentes locales del ecosistema de innovación de la región. Además del bálsamo de copaiba nanoencapsulado en manteca de tucumá, Darvore, que también tiene como socio al economista João Tezza, desarrolló una crema hidratante facial elaborada con copaiba, pero en este

caso encapsulada en manteca de cupuazú (*Theobroma grandiflorum*). Ambos lanzamientos tuvieron lugar en junio de 2022. El proceso de nanoencapsulación generó una solicitud de patente presentada en 2019 en el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial (INPI). El producto se desarrolló en colaboración con el Instituto de Investigaciones Tecnológicas del Estado de São Paulo (IPT) y es fabricado por Yosen, una *startup* enfocada en la nanotecnología instalada en Supera, un parque industrial de empresas innovadoras situado en Ribeirão Preto, en el interior paulista.

El conocimiento ancestral y la cultura de los pueblos originarios también han inspirado a empresas emergentes en la Amazonia. La bióloga y agricultora Raquel Tupinambá, quien cursa un doctorado en antropología social en la Universidad de Brasilia (UnB), se ha propuesto poner en marcha una planta de procesamiento dentro del territorio tupinambá, en la Reserva Extractiva (Resex) Tapajós-Arapiuns, en el estado de Pará, donde nació, creció y vive. Junto con su hermana, la agroecóloga Mariane Chaves, la investigadora ha desarrollado productos inspirados en la gastronomía y en la cultura tupinambá. El más famoso es un vino de mandioca al que denominaron Maní-Oara, de color rojo anaranjado, con una graduación alcohólica de un 8 %. En su fermentación se utilizan hongos de otra bebida consumida por los indígenas de la región, llamada *tarubá*, también elaborada a base de mandioca.

La idea de crear productos que pusieran en valor el trabajo de las mujeres del territorio indígena maduró entre 2014 y 2016, mientras la bióloga cursaba una maestría en botánica en el Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonia (Inpa) y su hermana una maestría en ecología en la Universidad Federal de Viçosa (UFV), en Minas Gerais. Se mantuvo expectante en cuanto a concursos, organizaciones y programas de aceleración que podrían ayudarla en su emprendimiento. Ambas hermanas decidieron revitalizar la Asociación de Residentes Agroextractivos e Indígenas de Tapajós (Ampravat), que organiza y comercializa la producción de unas 30 familias. Fueron seleccionadas en un concurso público de la organización no gubernamental Saúde e Alegria, con financiación del Fondo L'Oréal para la Mujer, para la construcción de la planta

de procesamiento en territorio indígena. La adjudicación se concretó en 2019, pero la pandemia postergó el inicio de las obras hasta 2022. El objetivo es obtener la certificación de la Agencia de Protección Agropecuaria del Estado de Pará (Adepará), lo que habilitará la venta sus productos en los supermercados y centros comerciales del estado. Aparte del vino, también producen una salsa llamada *tucupi-preto*, elaborada a partir de la yuca brava, mermeladas y otros productos que solo se comercializan en los mercados y ferias de Santarém y Alter do Chão, en el estado de Pará.

Las iniciativas de Waichman y Tupinambá son ejemplos recientes del potencial de la bioeconomía, un conjunto de actividades productivas capaces de generar ingresos y riqueza para las poblaciones que habitan en las proximidades de la mayor selva tropical del planeta, a los efectos de asegurar su preservación. Aunque no existen datos firmes del volumen de recursos que el segmento moviliza en la región, un análisis del proyecto Amazonia 2030 publicado en abril de 2021 por el administrador público brasileño Salo Coslovsky, profesor asociado de la Universidad de Nueva York, estimó que los emprendimientos localizados en la Amazonia exportaron 955 productos entre 2017 y 2019. De este total, 64 han sido calificados como “compatibles con la selva” (extracción forestal no maderera, sistemas agroforestales, pesca y piscicultura tropical y hortifruticultura tropical) y han generado ingresos anuales por 298 millones de dólares.

La farmacéutica Samara Rodrigues, CEO de Pharmakos D'Amazônia, una empresa instalada en Manaus que produce cosméticos y suplementos alimentarios, refiere que suelen contactarla empresas interesadas en la compra de algún tipo de materia prima oriunda de la selva. “Esto es frustrante, porque somos una empresa de base tecnológica”, dice. Uno de los productos que la empresa espera lanzar es una crema que contiene extracto de hojas de la granadilla de olor (*Passiflora nitida*), autóctona de la región. Fue desarrollado en colaboración con investigadores de la Ufam y de las universidades de São Paulo (USP), Federal de Sergipe (UFS) y Federal de Rio Grande do Norte (UFRN). Un artículo publicado en septiembre en la re-

vista *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* describió las propiedades antioxidantes del extracto. “Hemos cumplido con todas las pruebas de eficacia y la publicación es la última exigencia de la Anvisa [la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria] para habilitar el registro del producto y su comercialización”, explica Rodrigues. Ella asumió hace 10 años la dirección de la empresa fundada por su padre, el farmacéutico Schubert Pinto, docente jubilado de la Ufam. En la actualidad, Pharmakos D'Amazônia posee un catálogo de 80 artículos, que incluye desde productos cosméticos hasta alimentos.

Sheila Melo, experta en propiedad intelectual de Embrapa Amazonia Oriental, unidad de la estatal Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa), con sede en Belém, capital del estado de Pará, hace hincapié en la importancia de que las mujeres amazónicas se destaquen en este ámbito. “Muchos productos y servicios innovadores han surgido de esta mirada local y tenemos un mercado enorme por explotar. Como mujer paraense, sé que la experiencia marca la diferencia para innovar atentas a nuestra realidad y a nuestras potencialidades”, dice. En su opinión, todavía hay mucho por conquistar en el sendero de la innovación y los emprendimientos femeninos. “En el día a día seguimos viendo dificultades y barreras vinculadas a la desigualdad de género. También falta una mayor diversidad, que incluya a indígenas, negras y LGBTQIA+ en este ecosistema innovador”, señala.

La ingeniera mecánica Júlia Bussab Fonseca, quien cursa un doctorado en la Universidad de Sussex, en el Reino Unido, y estudia las intersecciones de género y raza en los mecanismos de financiación climática en la Amazonia, nota algunos progresos. Como directora financiera de Climática, una empresa que asesora sobre el cambio climático a otras organizaciones, ha atendido a clientes que buscan crear programas orientados a las mujeres emprendedoras. “Desde hace unos dos años, vemos que instituciones como los bancos nos buscan para incluir en sus servicios la financiación de empresas y proyectos liderados por mujeres”, dice. En una de esas consultorías, está recabando datos e indicadores sobre la participación de las mujeres en el ecosistema de innovación y emprendimientos de la región amazónica, información que aún escasea. ■

LA PRIMERA EXPEDICIÓN A SERRA DO IMERI

Científicos identifican animales y plantas aislados en las cumbres serranas, lo que puede ayudar a dilucidar las relaciones de parentesco entre las especies propias de las áreas altas del norte de América del Sur

Gilberto Stam

PUBLICADO EN FEBRERO DE 2023

Es difícil llegar a Serra do Imeri, una formación montañosa situada en el norte del estado de Amazonas, cerca de la frontera con Venezuela. Con picos de hasta 2.450 metros (m) poblados de pastizales con bromeliáceas, paredones rocosos y árboles inmersos en la neblina, es posible que estos cerros nunca hayan sido visitados antes por personas; y albergarían especies vegetales y animales desconocidas. Pero en noviembre de 2022, en el marco de una expedición científica organizada junto al Ejército Brasileño, doce investigadores de Brasil, uno de España y otro de Francia (véase la página siguiente) pasaron once días allí.

Los biólogos recolectaron muestras de cientos de ejemplares que, en parte, serían representantes de especies aparentemente nunca descritas, y recabaron información a partir de

la cual se proponen establecer parentescos entre los animales y las plantas de esta y otras áreas altas de Brasil.

“En casi 40 años de expediciones de campo, nunca me había topado con semejante cantidad de especies probablemente nuevas”, relata el zoólogo Miguel Trefaut Rodrigues, de la Universidad de São Paulo (USP) y líder de la expedición. En su laboratorio, una semana después de haber regresado del viaje, le mostró a *Pesquisa FAPESP* decenas de frascos de vidrio con lagartos y ranas arbóricolas. Dos de los lagartos son similares a otros ejemplares del género *Riolama* hallados en 2017 en una expedición que también dirigió al Pico da Neblina, situado a 90 kilómetros (km) al sudeste.

Serra do Imeri y el Pico da Neblina eran parte de una extensa meseta de rocas de arenisca que ocupaba gran parte del llamado escudo de las Guayanas antes de que se irguieran los Andes.

Una vista registrada desde el campamento de la expedición de noviembre de 2022: el pico más alto es el del cerro Imeri, con 2.362 metros, en el norte del estado de Amazonas, cerca de la frontera con Venezuela

Su erosión, en el transcurso de millones de años, ayudó a que se formaran los suelos de las selvas de las zonas bajas adyacentes, dejando a muchas especies de plantas y animales aisladas en los picos, montañas con un relieve aplanado o tabular, los denominados tepuyes, como el Pico da Neblina, y cerros aislados. El zoólogo Taran Grant, de la USP, halló en Serra do Imeri una especie de rana arborícola del género *Myersiohyala* y notó similitudes con las del género *Hyloscirtus*, que habitan en ambientes montañosos a más de mil kilómetros de distancia en los Andes colombianos.

Los lagartos fueron capturados mediante trampas o manualmente durante el día, generalmente entre las piedras o en los árboles por la noche, mientras dormían, y los sapos por la noche. Grant y su equipo salían de noche, siguiendo el rastro audible de las ranas hasta localizarlas a orillas de los arroyos. “Cuatro ranas y un gimnofión o cecilia quizá sean especies nuevas”, estima Grant.

UN AMBIENTE INHÓSPITO

Pocas especies se han adaptado al suelo pobre y pedregoso, así como a las variaciones diarias promedio de 20 grados Celsius (°C) de las altas cumbres de Imeri. Es por ello que allí la diversidad es mucho menor que en la selva de las faldas serranas vecinas. Se trata de especies endémicas, es decir, aisladas y que, a menudo, solo existen en esa región.

“Hemos hallado pocas especies para la mayor parte de las familias de plantas recolectadas, un indicador de que estos linajes se han diversificado poco en los cerros o han dado origen a especies ya extintas”, comenta la botánica Lúcia Lohmann, de la USP, experta en lianas de la familia de las bignoniáceas. “Por otro lado, este ambiente serrano parece representar la cuna de muchos grupos botánicos”. Según ella, es posible que diversas familias de plantas con flores y frutos, las angiospermas, hayan surgido allí y que posteriormente se hayan expandido hacia el Bosque Atlántico y otras regiones más bajas de la Amazonia, donde se diversificaron bastante.

Un ejemplo es *Brocchinia hechtioides*, una especie de la familia de las bromeliáceas que cubre los suelos de charcos de Serra do Imeri, identificada por Rafaela Forzza, del Jardín Botánico de Río de Janeiro e integrante de la expedición. “Es una bromeliácea carnívora, de la cual solamente se cuentan dos registros en Brasil”, dice. “Aunque hemos encontrado una única especie del género *Brocchinia*, es una que es abundante en las praderas de montaña de los cerros y representa uno de los linajes más antiguos de las bromeliáceas, una familia vegetal particularmente diversa en el Bosque Atlántico”. Las 1.200 muestras de 220 especies de plantas recolectadas serán distribuidas entre especialistas de Brasil y de otros países, quienes trabajarán juntos en la identificación de este material.

En la expedición de campo: Ana Paula Carmignotto, de la UFSCar, sale a revisar las trampas para pequeños mamíferos; Rafaela Forzza (*de camisa blanca*) y Lúcia Lohmann (*de camisa celeste*), asistidas por el cabo Marcio Junior da Silva Garcia, descienden con la ayuda de cuerdas hacia los sitios de recolección; José Mario Ghellere busca reptiles y anfibios durante la noche



“Por constituir un grupo que ingresó en Sudamérica más tarde que otras especies de animales y plantas, considerando los tiempos geológicos, los pequeños mamíferos probablemente hayan sido los últimos animales que quedaron aislados en la cumbre de los cerros y allí se especializaron”, dice el zoólogo Alexandre Reis Percequillo, de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) de la USP. En una evaluación preliminar, el marsupial, las tres especies de roedores y las tres de murciélagos que la bióloga Ana Paula Carmignotto, de la Universidad Federal de São Carlos (UFSCar) y él recogieron se asemejan a las del Pico da Neblina.

A parte de recolectar plantas y animales, algunos investigadores llevaron a cabo experimentos. El zoólogo Agustín Guerrero, también de la USP, metió reptiles y anfibios en una caja con resistencias térmicas acopladas y los calentaba hasta que salían. La temperatura de salida era un indicador de los sitios demasiado cálidos para la supervivencia de esas especies.

“Los reptiles y los anfibios de Serra do Imeri tienen baja tolerancia a las altas temperaturas, ya que todos salieron de la caja a menos de 34 °C”, informó Guerrero. “Si sus refugios debieran soportar esas temperaturas, se hallarían en peligro”.

Antes de la expedición, los investigadores entrenaron embarque y desembarque del helicóptero por izamiento, para eventuales emergencias, algo que no ocurrió. Veintidós militares acompañaron la expedición y transportaron a los biólogos y sus equipamientos en ocho viajes en helicóptero.

La expedición desembarcó en una zona de suelo muy húmedo situada a 1.900 metros de altitud. Por esta razón, la aeronave que los transportaba se apoyaba ligeramente en el suelo para no hundirse en el fango. El equipo militar intentó en vano hallar un acceso por tierra, pero ni siquiera los indígenas yanomamis, oriundos de la región, sabían cómo llegar a la cima de la montaña, debido a lo escarpado del terreno.

Durante el primer día en el campamento, el grupo abrió tres senderos de aproximadamente 1 km cada uno, algunos tan empinados que solo podían transitarse con la ayuda de una cuerda. Tres de los científicos sufrieron lesiones en las costillas, los ojos y los hombros y fueron atendidos por el personal médico del Ejército. El agua de las lluvias incesantes y el barro invadieron las tiendas. La vida apenas mejoraba un poco cuando aparecía el sol.

PATÓGENOS

El general Sinclair Mayer, jefe de la oficina de la ciudad de Campinas del Sistema de Defensa, Industria y Academia de Innovación (Sisdia), un organismo del Departamento de Ciencia y Tec-



Una vez recolectados, animales como estos roedores (la primera foto de arriba), plantas y muestras de sangre deben prepararse y embalsarse en cajas para luego ser examinados exhaustivamente en el laboratorio

En el “techo” de la Amazonia

Situada cerca del Pico da Neblina y dentro del territorio yanomami, la zona de Serra do Imeri no había sido explorada hasta ahora



FUENTE JORNAL DA USP



5



6

El helicóptero del Ejército transportaba a los equipos y el equipaje a la cima del cerro. Los científicos y los militares que participaron en la expedición (arriba)

nología del Ejército Brasileño, uno de los organizadores de la expedición, hizo hincapié en la importancia de conocer nuevas áreas del territorio nacional mediante expediciones como esta. En el marco de una reunión que se llevó a cabo el 16 de diciembre, en el Instituto de Estudios Avanzados (IEA) de la USP, Mayer puso de relieve los estudios sobre patógenos realizados por el parasitólogo Bruno Fermino, de la USP, quien recogió muestras de sangre de anfibios, lagartos, aves, mamíferos e insectos hematófagos y dice haber hallado nuevas especies de protozoarios del género *Trypanosoma*.

Estos protozoos existen desde hace más de 100 millones de años, pueden haber infectado a los dinosaurios y en la actualidad parasitan a vertebrados de todo tipo, desde peces hasta mamíferos. “Las especies recolectadas en el Pico da Neblina y otras en Venezuela podrían estar emparentadas y serían similares a otros antepasados que vivieron hace millones de años”, dice Fermino. En los seres humanos, *T. cruzi* es el causante de la enfermedad de Chagas y el *T. brucei*, de la enfermedad del sueño.

COLABORACIÓN

“La expedición no habría sido posible sin la ayuda del Ejército Brasileño. Todos fueron muy celosos de nuestra seguridad y se interesaron por lo que hacíamos”, reconoce Trefaut Rodrigues. El físico Paulo Muzy, del IEA, relató en el encuentro de diciembre que la colaboración entre la USP y el Ejército comenzó en 2015, para hacer posible la expedición al Pico da Neblina. Al biólogo Luís Fábio Silveira, experto en aves del Museo de Zoología de la USP, le agradó esta alianza: “Los militares fueron muy diligentes, incluso salieron con nosotros de noche para ayudarnos a descender una ladera con cuerdas efectuar recolecciones”. Él capturó 56 ejemplares de aves, aparentemente exclusivas de la región. La mayoría son pequeñas, con plumas de colores pardos, y viven en una zona con escasos recursos alimentarios.

El próximo objetivo de Trefaut Rodrigues, de 69 años, es realizar recolecciones en el cerro Tulu-Tuloi, situado a unos 200 km al nordeste de Imeri, también en el estado de Amazonas. “Ahí hay otro conjunto serrano separado de Imeri por el valle del río Padauari, que constituye otro experimento evolutivo natural”, dice. “Como las poblaciones de una misma especie, cuando quedan aisladas, se modifican y pueden dar origen a especies nuevas, nos preguntamos si allí no habrá otro foco de endemismos [especies únicas] emparentados con los de Serra do Imeri”. ■

Proyecto

Filogeografía comparada, filogenia, modelado paleoclimático y taxonomía de reptiles y anfibios neotropicales (no 11/50146-6); Modalidad Programa Biotá; Investigador responsable Miguel Trefaut Rodrigues; Inversión R\$ 6.183.134,96.



La mayoría de las gestaciones dan lugar a un solo cachorro

¿CUÁNTAS CRÍAS TIENE UN JAGUAR?

Investigadores logran medir la tasa de natalidad de los yaguaretés del Pantanal con la ayuda de la tecnología

Letícia Naísa

PUBLICADO EN MAYO DE 2023

En la Navidad de 2021, el biólogo Edu Fragozo recibió de su madre un regalo peculiar: un álbum de fotografías. Lo inusitado del presente es que la colección no reunía momentos familiares ni de viajes, como era habitual antes de la era digital, sino imágenes del investigador en su ambiente de trabajo –el Pantanal, en Brasil– y con su objeto de investigación: los jaguares. Cada vez que él y su equipo se acercaban a un yaguareté con la intención de recabar datos para sus estudios, le enviaba a su madre, Bernadete, una foto vía WhatsApp, describiéndole detalles tales como el tamaño del ejemplar, el nombre que le había dado el equipo o alguna característica interesante. Detrás de cada fotografía, la madre del investigador incluyó esta información.

Las camadas de jaguares pueden tener hasta tres crías: los gemelos que aparecen en esta foto tenían pocos meses cuando se los fotografió



El biólogo viene realizando un monitoreo de los jaguares del Pantanal desde 2015. En un estudio publicado recientemente, él y su equipo compuesto por 11 investigadores de las organizaciones no gubernamentales Onçafari y Panthera describen cómo consiguieron evaluar los hábitos reproductivos de 180 ejemplares de la especie que viven libremente en la hacienda Caiman Pantanal, en el estado de Mato Grosso do Sul, un refugio ecológico que ocupa una superficie de 53.000 hectáreas que incluye un área de conservación legal de 56 kilómetros cuadrados.

La preñez de una hembra de jaguar o yagueté tiene una duración promedio de tres meses. Las hembras alcanzan la edad reproductiva a los dos años y medio y esta puede extenderse hasta los 13 años: viven alrededor de 15 y se reproducen cada dos años. A lo largo de su vida, tienen en promedio ocho crías. La mayoría (el 65,7 %) de los partos registrados en el estudio fueron de un único cachorro, una cuarta parte fueron gemelos y el resto, trillizos, según consta en un artículo publicado en enero en la revista *Journal of Mammalogy*. Cuando alcanzan el año y medio de vida, las crías se independizan de sus madres.

Los resultados fueron un aliciente para Fragoso y su equipo. “Son cifras significativas. Pudimos detectar cierto crecimiento de la población en la región porque es un hábitat saludable y pueden seguir sobreviviendo muchos años allí”, dice el coordinador científico de Onçafari. “Las hembras han sido muy exitosas criando a sus cachorros hasta que estos se independizan”.

El éxito de los yaguetés del Pantanal se debe, en gran medida, a la variedad

de presas a las que tienen acceso. “Estos felinos tienen aquí una vida óptima y tranquila”, dice Fragoso. Los datos que han permitido dilucidarlo fueron recabados durante casi una década con ayuda de la tecnología: cámaras con sensores de movimiento para la observación de los animales, conocidas como trampas fotográficas o cámaras trampa. Cuando detecta la presencia del animal, la cámara empieza a grabar. Los collares con dispositivo de localización por GPS les ayudan a los científicos a saber con exactitud dónde están los yaguetés y hacia dónde se desplazan, y a identificar a las hembras preñadas, ya que sus desplazamientos se reducen considerablemente durante el período de gestación.

Para colocarles los collares se emplea otro tipo de trampa: el lazo. Como su nombre lo sugiere, se trata de un lazo conectado a un transmisor, dispuesto en medio del sendero y camuflado. Cuando el jaguar pisa la trampa, su pata queda atrapada y el equipo recibe la señal de que ha habido una captura, entonces acude al lugar y le dispara un dardo anestésico que duerme al animal.

Con el tranquilizante aplicado por un veterinario, disponen de entre 40 minutos y una hora para efectuar mediciones como el peso y el tamaño, recabar material para análisis de laboratorio, tales como pelos, saliva y sangre, y colocarle el collar con el localizador GPS, que cuenta con una especie de temporizador: se cae por sí solo alrededor de un año y medio después. Solamente se les colocan collares a los animales adultos, que ya no van a crecer, y el anestésico no es perjudicial para las hembras preñadas, según refieren los investigadores.

“En ese momento, hacemos lo que es estrictamente necesario con el ejemplar, pero tenerlo ahí en nuestras manos es algo indescriptible”, dice Fragoso. Para los investigadores, cada jaguar es único y por eso se le da un nombre: Esperança, Flor, Troncha (por su oreja mocha) [en portugués, *troncha* significa torcida, truncada o mutilada], Ipê, Aroeira, Fera (y su cachorro, Ferinha). La preferida de Fragoso es Natureza. “Fue la primera que avisté viviendo en libertad cuando llegué al Pantanal”, recuerda. Desde que el biólogo viene siguiéndola, ya ha traído al mundo a 10 crías.

Los investigadores necesitan poner mayor atención y ser rápidos al acceder al cubil de las madres, algo que solo es posible gracias a los collares. Las hembras rara vez se alejan de su camada, pero cuando la cámara trampa capta la imagen de una de ellas lejos de su guarida, el equipo se divide para contabilizar el número de crías, una tarea importante porque permite saber cuántos cachorros han nacido realmente, no solo los que sobreviven y emergen de la madriguera cuando ya son más independientes. La mitad del grupo sigue a la madre y la otra mitad realiza una visita a los cachorros. “Los equipos se comunican por radio y tienen que ser muy rápidos”, relata Fragoso, quien hace hincapié en el uso de este método solo cuando el cubil queda accesible, para evitar alteraciones que pongan en riesgo a los cachorros. “Antes solo podíamos avistar a las crías cuando ya tenían 2 o 3 meses de edad a través de las cámaras, pero no sabíamos cuántas habían nacido y sobrevivido



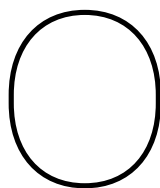
realmente”. Una de nuestras próximas misiones consistirá en medir el índice de mortalidad infantil de los yaguaretés.

Más allá de la experiencia, para formar parte de un equipo como el de Fragoso es necesario respetar los protocolos de seguridad. Solo es posible acercarse a un jaguar despierto desde la seguridad del interior de un coche. En la región donde opera la organización Onçafari, estos animales ya están acostumbrados al ruido de los vehículos y no alteran su comportamiento natural. Además de albergar investigadores, Caiman Pantanal también recibe turistas. Hasta la fecha, el biólogo nunca ha presenciado ningún accidente grave, aun cuando se trata de los mayores jaguares del mundo. “Los yaguaretés no ven a los seres humanos como presas”, dice el biólogo Alan Eduardo de Barros, estudiante de doctorado en la Universidad de São Paulo (USP), quien investiga las consecuencias de los incendios sobre la población de los jaguares del Pantanal.

En este bioma, los ejemplares machos adultos llegan a pesar más de 140 kilogramos (kg) y las hembras superan los 80 kg. Los adultos del bioma Caatinga son más pequeños: los machos adultos pesan menos de 50 kg. En este sentido, De Barros, quien no está vinculado a Onçafari, considera que el equipo de Fragoso ha sido afortunado al poder desarrollar su estudio en este bioma. “En el Pantanal, los animales y las aves de gran tamaño son habituales”, comenta.

Sucede que el Pantanal es un bioma en buen estado de conservación y alberga una alta densidad de jaguares, señala el veterinario Ronaldo Morato, coordina-

dor del Centro Nacional de Investigación y Conservación de la Biodiversidad (Cenap/ICMBio). “Su comportamiento aquí es más relajado, la competencia es menor debido a que hay más alimento disponible”, analiza. “Esta referencia nos brinda la posibilidad de elaborar pronósticos para otras regiones en donde hay menos posibilidades de recabar información”, indica.



Una ventaja ha consistido en poder observar a los yaguaretés en una propiedad que también invierte en actividades turísticas, a las que los animales se encuentran habituados: entre los paseos que se ofrecen en la región, se incluye la experiencia de avistar jaguares. Es fundamental que los intereses del turismo estén en sintonía con la investigación científica y la preservación de la especie, dice De Barros. “Potencialmente es positivo si se hace de una manera correcta”, evalúa.

El avance de la tecnología fue otro factor que ha permitido una observación tan intensa de la conducta de estos animales. En los años 1970, los científicos utilizaban collares que emitían señales de radio de alta frecuencia (VHF), pues no existía el GPS. Para captar las señales, Peter Crawshaw (1952-2021), un brasileño que fue pionero en el estudio de los jaguares, sobrevolaba el Pantanal en ultralivianos. “Antes, un estudio muy bueno conseguía dar con unos 60 puntos de localización en dos o tres años”, recuerda Morato, uno de los primeros que utilizaron GPS para el monitoreo de los jaguares. “Hoy en día,

El seguimiento a largo plazo suministra datos minuciosos sobre la demografía de los yaguaretés del Pantanal


esas 60 ubicaciones podemos obtenerlas en tres días, por lo que la información se ha incrementado mucho en cantidad y se ha vuelto más precisa”.

El avance de las computadoras también les permite a los investigadores analizar el gran volumen de datos recolectados. “Existen métodos para escudriñar toda esta información de manera más detallada”, comenta Morato. “Podemos hacer asociaciones más complejas que nos ayudan a entender mejor la historia natural de las especies”.

Un reto emergente consistiría en reproducir el estudio del equipo de Fragoso en otros biomas brasileños, especialmente en aquellos donde los yaguaretés se encuentran bajo amenaza de extinción, como en el caso del Bosque Atlántico y el Cerrado, la sabana tropical, o fuera del país. Se espera que los datos recabados en el Pantanal contribuyan para poder evaluar la viabilidad de las poblaciones y a planificar la reintroducción de la especie. Morato ve a los jaguares como un símbolo con la mira puesta en la participación de la sociedad en conservación del medio ambiente y la biodiversidad. ■

Artículo científico

FRAGOSO, C. E. *et al.* Unveiling demographic and mating strategies of *Panthera onca* in the Pantanal, Brazil. *Journal of Mammalogy*. Online. 12 ene. 2023.



Un investigador manipula la celda electroquímica utilizada en el experimento

DEL AGUA AL HIDRÓGENO

Un estudio realizado por la Universidad de São Paulo en el acelerador de partículas brasileño Sirius esclarece la reacción de descomposición de moléculas de agua con un nuevo biocatalizador

Frances Jones

PUBLICADO EN ENERO DE 2023

Un experimento que se llevó a cabo recientemente en Sirius, la fuente de luz sincrotrón brasileña del Centro Nacional de Investigaciones en Energía y Materiales (CNPEM), con sede en Campinas, en el interior del estado de São Paulo (lea en *Pesquisa FAPESP*, edición n° 269), logró demostrar de qué manera un determinado catalizador biológico descompone con mayor eficiencia la molécula de agua (H₂O) mediante un proceso de electrólisis. Esta reacción,

un proceso electroquímico que utiliza la electricidad para descomponer el agua en sus elementos constituyentes, es de gran interés pues como resultado, además de oxígeno, se obtiene hidrógeno, al que muchos expertos señalan como el combustible del futuro, ya que su utilización no implica emisiones de gases contaminantes (lea en *Pesquisa FAPESP*, edición n° 314).

“Hemos descubierto que algunas enzimas presentes en la naturaleza, entre ellas la bilirrubina oxidasa [BOD], cuando se manipulan en laboratorio, pueden

acelerar la reacción de descomposición del agua”, dice el químico Frank Nelson Crespilho, docente del Instituto de Química de São Carlos de la Universidad de São Paulo (IQSC-USP) y coordinador de la investigación. “No sabíamos por qué ocurría esto. Gracias a un nuevo dispositivo desarrollado especialmente para el Sirius, pudimos observar cómo se comporta esta enzima, la BOD, cuando está presente en el proceso de oxidación del agua. Pudimos comprobar que los átomos de cobre en su interior son relevantes en esta reacción”.

Crespilho espera que este avance constituya el punto de partida para que la ciencia se inspire en el segmento de la enzima que promovió la aceleración de la reacción. “Es interesante conocer las regiones importantes de la BOD pues ahora los químicos sintéticos que trabajan en la producción de materiales pueden copiar esa parte y sintetizarla en laboratorio. Esto hará que el costo del catalizador sea mucho menor y con mayores posibilidades de aplicación”, dice el investigador. En general, los catalizadores utilizados en este proceso se fabrican con metales nobles, como el platino y el iridio, que son más caros, lo que acaba haciendo inviable su aplicación a gran escala. Un artículo detallando el experimento, redactado por el equipo de Crespilho, que incluye a los investigadores Graziela Sedenho, Rafael Colombo, Thiago Bertaglia y Jessica Pacheco, salió publicado en octubre en la revista *Advanced Energy Materials*. El trabajo contó con la participación de científicos del Laboratorio Nacional de Luz de Sincrotrón (LNLS).

La bilirrubina oxidasa se extrajo del hongo *Myrothecium verrucaria*, que suele hallarse presente en el suelo y en las plantas. Cuando se la manipula en el laboratorio, participa en la reacción de descomposición del agua, algo que no ocurre espontáneamente en la naturaleza. Dentro del reactor, la enzima trabaja más concretamente en la formación de oxígeno molecular, que es una de las dos reacciones necesarias para la rotura de la molécula de H_2O . La otra es la generación de hidrógeno. Ambas se producen en forma concomitante. “Para la producción de hidrógeno, que tiene lugar en un lado del reactor, todo el proceso ya se conoce mejor. Existen catalizadores más baratos y eficaces. Sin embargo, la

Investigadores de todo el mundo buscan nuevos catalizadores para la reacción de oxidación del agua

otra reacción, que es la de oxidación del agua, es muy lenta, por lo que investigadores de todo el mundo se han abocado a la búsqueda de buenos catalizadores para ello”, explica Crespilho.

La observación con un nivel de detalle muy elevado del comportamiento de la enzima durante la reacción bioelectroquímica solamente fue posible gracias a la infraestructura de Sirius. En el ensayo se utilizó el haz de luz de la estación experimental Tarumã, de la línea de luz Carnaúba, que todavía se encuentra en fase de puesta en marcha científica, es decir, de pruebas, desarrollo técnico, rutinas y estrategias experimentales.

“En esta fase se abordan diversos tipos de experimentos y temas científicos con el propósito de demostrar el potencial de la línea de luz”, dice el físico e investigador Helio Cesar Nogueira Tolentino, jefe de la División de Materia Heterogénea y Jerárquica del LNLS. De las 14 líneas iniciales previstas para Sirius, siete ya están funcionando. Cada una de ellas

opera en un rango de energía diferente y utiliza una técnica principal. Las siete están abiertas para el trabajo de científicos de Brasil y del exterior.

En actividad desde la segunda mitad de 2021, la línea de luz Carnaúba es la más extensa de Sirius. Fue diseñada para realizar espectroscopía de absorción de rayos X y permitir la realización de experimentos con diferentes materiales a escala nanométrica. Además de la potente línea de luz que produce un haz superconcentrado, el grupo de Crespilho pudo utilizar un dispositivo desarrollado recientemente por el equipo del LNLS centrado en el área bioquímica.

“Se trata de una celda electroquímica para experimentos *in situ*. Se la coloca delante del haz de rayos X, que incide sobre el material por estudiarse en el momento en que se produce una reacción química. Con esta célula también podemos aplicar un potencial eléctrico y medir la corriente o aplicar corriente y medir el potencial, es decir, podemos ver cómo responde el material a estos estímulos externos. Y todo ello mientras se produce la reacción química”, explica el físico Itamar Tomio Neckel, investigador del grupo Carnaúba del LNLS y principal desarrollador de la nueva célula electroquímica, un pequeño dispositivo que cabe en la palma de la mano.

El mayor reto, según el investigador, es miniaturizarlo todo, porque las reacciones deben producirse en un espacio físico muy limitado. Al mismo tiempo, es necesario simular las condiciones existentes en los laboratorios de los distintos usuarios. El haz de luz de la línea Carnaúba tiene una dimensión 100 veces menor que un cabello, según los investigadores, y se convierte en una sonda de rayos X.

La gran diferencia reside en que este equipo permite el mapeo del material en el experimento *in situ*, o sea, la visualización del estado del material –en el caso del artículo, el cobre– en las diferentes etapas de la reacción química. “En los experimentos *in situ*, estudiamos la cinética en tiempo real. Producimos una reacción electroquímica y estudiamos todas las etapas de la reacción utilizando un microscopio que proporciona información sobre la estructura y el estado químico de los elementos que están allí en tiempo real”, explica Nogueira Tolentino. “Los experimentos



Monocromador: un dispositivo que forma parte de la línea de luz Carnaúba del Sirius, donde se llevó a cabo el estudio

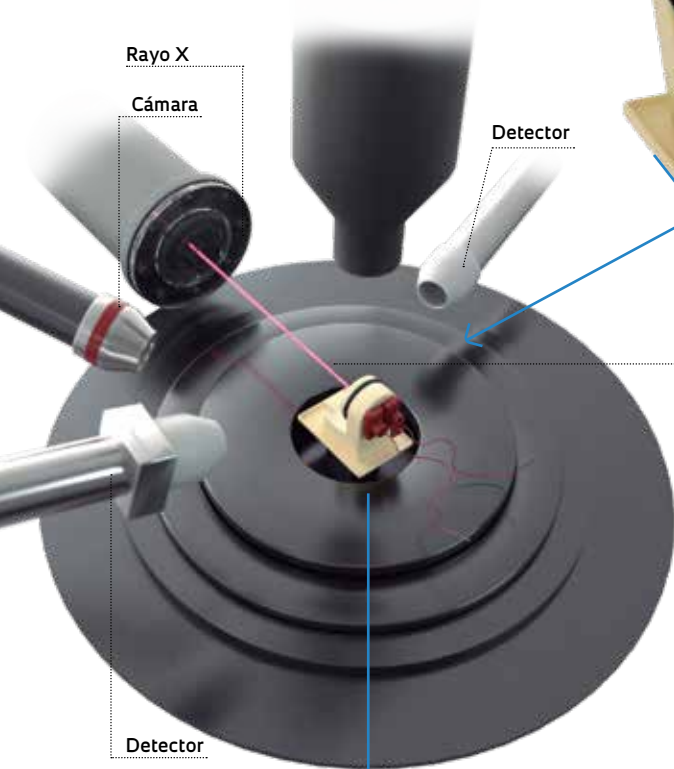
Cómo se llevó a cabo el experimento

Los investigadores se centraron en la acción de una enzima extraída del hongo *Myrothecium verrucaria*

1. La enzima **bilirrubina oxidasa (BOD)**

participa en la ruptura (electrólisis) de la molécula de agua (H_2O), una etapa esencial de la producción de hidrógeno combustible

2. El experimento se realizó en la línea de luz **Carnaúba** del acelerador de partículas Sirius, a la que se le acopló una **célula electroquímica**

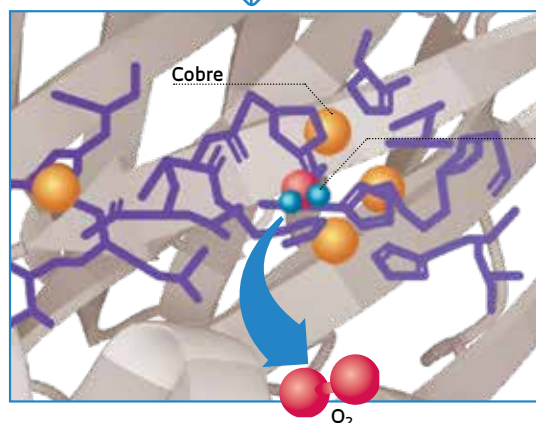


3. Se hizo incidir un **haz de rayos X** sobre el material en estudio ($H_2O + BOD$) mientras tenía lugar la reacción bioelectroquímica de descomposición de la molécula de agua

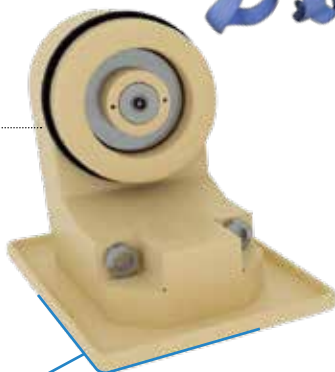
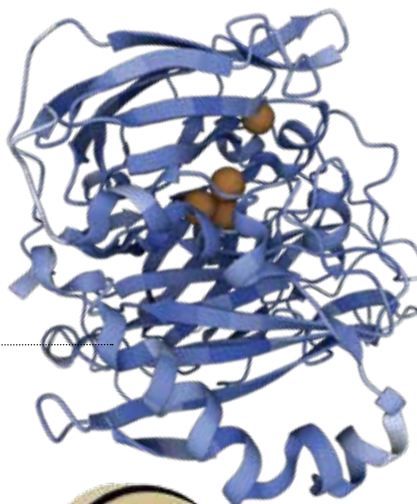
4. Durante el ensayo, se pudo concretar un seguimiento pormenorizado en tiempo real de la estructura y el estado químico de los elementos que intervinieron en la reacción

5. La BOD es un catalizador (acelerador) de la formación de oxígeno (oxidación), una de las reacciones implicadas en la **ruptura de la molécula de H_2O**

6. Los investigadores localizaron las **regiones (sitios catalíticos) importantes de la BOD** y comprobaron que el estado de oxidación de los átomos de cobre en el interior de la enzima resultó crucial para la reacción



FUENTE: GRAZIELA SEDENHO



permitieron comprender este proceso de bioelectrocatalisis, de gran importancia para la producción de hidrógeno. Se abre así otra ventana de posibilidades para la producción de hidrógeno mediante una reacción que es bastante sencilla y en la que intervienen materiales comunes”.

El trabajo del equipo de Crespillo formó parte de una tanda de alrededor de 30 proyectos externos al LNLS contemplados en un llamado a la presentación de propuestas para la realización de los experimentos de puesta en marcha de la estación, lanzado en octubre. El artículo publicado por el grupo del IQSC-USP fue el primero en el área de bioelectroquímica, pero ya se han realizado otros experimentos en la línea, entre ellos el de un grupo de Argentina, y están a punto de publicarse.

“Los resultados obtenidos por el grupo de la USP en colaboración con el CNPEM muestran el potencial de los estudios electroquímicos *in situ* acoplados a la radiación sincrotrón para dilucidar los mecanismos presentes en las reacciones importantes de biocatalisis”, dice la química Ana Flávia Nogueira, del Instituto de Química de la Universidad de Campinas (Unicamp), quien no forma parte del equipo de Frank Crespillo. La investigadora pone de relieve lo inédito del uso de esta técnica y su potencial para el estudio. “En esta investigación se pudieron identificar sitios catalíticos de cobre a escala nanométrica. La colaboración le demuestra a la comunidad brasileña cómo nuestros investigadores pueden beneficiarse de las técnicas avanzadas disponibles en Sirius, y eso puede aportarnos relevancia y reconocimiento mundial en la caracterización de materiales a escala nanométrica”. ■

Proyectos

1. Hacia la convergencia de tecnologías: de los sensores y biosensores a la visualización de la información y el aprendizaje automático para el análisis de datos en el diagnóstico clínico (no 18/22214-6); **Modalidad Proyecto Temático; Investigador responsable** Osvaldo Novais de Oliveira Junior (USP); **Inversión** R\$ 14.050.528,68.

2. Electrodo de alto rendimiento aplicados en baterías orgánicas y en biocélulas de combustible (no 19/12053-8); **Modalidad Ayuda de Investigación – Regular; Investigador responsable** Frank Nelson Crespillo (USP); **Inversión** R\$ 185.392,57.

El resto de los proyectos y los artículos científicos consultados para la elaboración de este reportaje figuran en una lista en la versión *online* de la revista.

REFUERZO LÍQUIDO

El uso de una dosis única de compuestos naturales en los cultivos de caña de azúcar puede dar lugar a un aumento en la producción de etanol de segunda generación

Marcos Pivetta

PUBLICADO EN MARZO DE 2023





Un montículo de bagazo de caña de azúcar en una central del interior del estado de São Paulo: este residuo puede utilizarse en la elaboración del etanol de segunda generación

La aplicación de una dosis única de compuestos naturales puede provocar cambios sutiles en las paredes celulares de la caña de azúcar aumentando la eficiencia del proceso de obtención de etanol de segunda generación, que en Brasil se produce a partir del bagazo y la paja de este cultivo. Un artículo publicado en diciembre del año pasado en la revista científica *Biomass and Bioenergy* sugiere que este tipo de procedimiento puede dar lugar a un aumento de un 120 % del índice de sacarificación del bagazo de la caña de azúcar al cabo de 12 meses, al momento de la zafra. También denominada hidrólisis, la sacarificación es el proceso químico que, mediante el uso de enzimas, convierte a las moléculas complejas de hidratos de carbono como la celulosa y la hemicelulosa, que no fermentan, en azúcares simples como la sacarosa, capaces de transformarse en etanol.

“De aplicárselos en exceso, estos compuestos pueden matar a una planta, pero en los experimentos de campo utilizamos dosis muy bajas, que se eliminan rápidamente y, aun así, promueven los cambios que buscamos”, dice el bioquímico Wanderley Dantas dos Santos, de la Universidad Estadual de Maringá (UEM), autor principal del artículo. “No detectamos ningún efecto colateral indeseable: las plantas crecieron normalmente y no se registraron pérdidas de productividad”. Dantas dos Santos estudia esta estrategia desde 2008, cuando realizó una pasantía posdoctoral en el equipo del botánico Marcos Buckeridge en el Instituto de Biociencias de la Universidad de São Paulo (IB-USP).

Desde la óptica de los autores del trabajo, este enfoque, denominado ingeniería fisiológica, sería

una alternativa más sencilla que tratar de promover alteraciones en el ADN de la caña con el propósito de conseguir que su biomasa fermenta con mayor facilidad. El genoma de la caña de azúcar es extenso y complejo, contiene más de 100 cromosomas, varios de ellos repetidos, una característica que dificulta la creación de linajes transgénicos viables. La obtención del etanol de primera generación, que representa más del 98 % de la producción nacional de este biocombustible, no requiere de la etapa de hidrólisis o sacarificación. Los azúcares del jugo de la caña de azúcar o de la melaza fermentan naturalmente.

Más allá de los resultados positivos con el bagazo de la caña, el tratamiento con estas sustancias incrementó en un 36 % la sacarificación de la soja 90 días después de la aplicación de los compuestos. En el caso del pasto *Brachiaria*, utilizado como pastura para el ganado bovino, el aumento fue de un 21 % al cabo de 40 días de haber utilizado los compuestos. “El objetivo principal del experimento era la caña de azúcar, pero este procedimiento también puede producir un pasto aparentemente más fácil de digerir y una soja con una cáscara más resistente al impacto mecánico, algo deseable para la industria”, comenta Buckeridge, coordinador del equipo del estudio y del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología del Bioetanol, financiado por la FAPESP y por el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) de Brasil. El trabajo también contó con el apoyo del Centro de Investigación e Innovación en Gases de Efecto Invernadero (RCGI), una iniciativa financiada por la Fundación y por la multinacional Shell, del área del petróleo y la energía.

Se probaron tres compuestos que funcionan como inhibidores de enzimas asociadas a la sín-

tesis de la lignina en la caña de azúcar y otras plantas: ácido metilendioxicinámico (MDCA), ácido piperonílico (PIP) y daidzeína (DZN). Junto con la celulosa y la hemicelulosa, la lignina, una molécula aromática, está presente en las paredes celulares de las plantas terrestres, a las que les confiere resistencia mecánica y rigidez, además de oficiar como barrera al ingreso de patógenos. Si no existiera la lignina, las plantas, literalmente, no podrían mantenerse erguidas y no tendrían un sistema vascular impermeable capaz de transportar agua desde las raíces hasta su tronco.

Los compuestos se diluyeron en agua en diferentes dosis y se los roció sobre las hojas y las raíces de las plantas en distintas etapas de su crecimiento. Al final del experimento, los investigadores determinaron el mejor momento y la dosis más eficaz para la aplicación de las sustancias. El PIP fue el compuesto que ofreció un mejor rendimiento.

Grosso modo, la mitad del bagazo de la caña de azúcar está compuesto por celulosa, una cuarta parte por hemicelulosa y el cuarto restante por lignina. Aunque esencial para la planta, la lignina es un compuesto que dificulta la obtención de etanol de segunda generación. Al no ser un azúcar, no fermenta. Pero ese no es el problema. Su presencia en la biomasa de la caña hace más complejo y costoso el proceso de transformar los carbohidratos largos de la celulosa y la hemicelulosa, originalmente no fermentables, en azúcares simples, aptos para transformarse en etanol. Además de lo trabajoso que resulta separarla de la celulosa y la hemicelulosa presentes en la pared celular, la lignina produce sustancias que dificultan el proceso químico de sacarificación.

Hoy en día, para que se produzca la hidrólisis de la biomasa de la caña de azúcar, se le aplican tratamientos térmicos y un cóctel de enzimas al bagazo de la planta. Esta etapa es la que más encarece el proceso de producción del etanol de segunda generación y representa al menos un 30 % de su costo final. “Sencillamente, no es posible reducir la cantidad de lignina de una planta. Esto sería perjudicial para el organismo”, comenta Buckeridge. “Cuando examinamos en el microscopio las paredes celulares de la caña de azúcar sometida al tratamiento con los compuestos, no observamos ninguna diferencia. Las alteraciones serían muy sutiles”.

En el artículo, los investigadores dicen que el uso de los compuestos no redujo la cantidad total de lignina en el bagazo de la caña. Tampoco modificó su composición. Sin embargo, descubrieron que la concentración de este polímero orgánico presentaba cambios en los diferentes tejidos de la planta. Era levemente mayor en la parte fibrosa



Imagen de microscopía electrónica que muestra la presencia de lignina (pintada de amarillo) en las paredes celulares del tallo de la caña de azúcar

y en los vasos conductores y disminuía en el parénquima, un tejido de relleno de los vegetales. Es probable que esta redistribución de la lignina en las diferentes partes de la caña de azúcar haya sido la responsable de la mayor eficiencia de sacarificación registrada en el estudio.

Para el bioquímico Mario Murakami, director científico del Laboratorio Nacional de Biorrenovables (LNBR), de Campinas, vinculado al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MCTI), de Brasil, el empleo de compuestos que modulan la síntesis de la lignina es un enfoque interesante para tratar de aumentar la eficiencia del proceso de obtención de etanol de segunda generación. Él considera que los resultados presentados por sus colegas de la UEM y la USP son prometedores, pero necesitan ser validados en las condiciones que habitualmente emplea la industria. “Estos experimentos deben llevarse a cabo en condiciones similares a las que utilizan las empresas que producen etanol de segunda generación para comprobar si el aumento de la sacarificación

Las plantas de caña de azúcar que fueron tratadas con moduladores de lignina en la localidad de Maringá, Paraná



EN BUSCA DE UN CÓCTEL DE ENZIMAS MEJOR

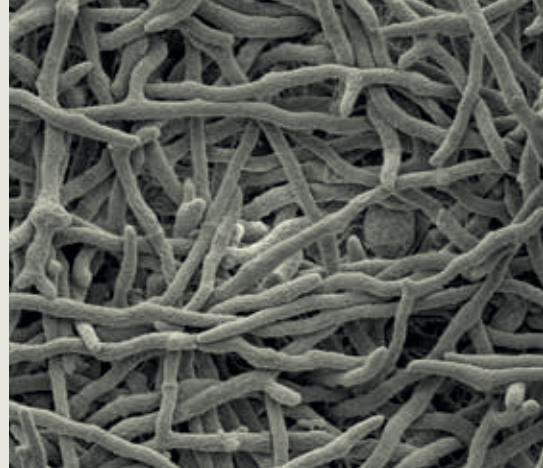
La degradación de las paredes celulares de la caña de azúcar en azúcares fermentables depende de la acción de este producto

El uso de un cóctel enzimático que promueva la hidrólisis de la celulosa y la hemicelulosa constituye un paso esencial para la producción de etanol de segunda generación. Mediante la acción de un conjunto de enzimas, los carbohidratos largos y complejos de esos dos componentes del bagazo de la caña de azúcar se descomponen en azúcares menores tales como glucosa y xilosa, que pueden fermentarse. El mercado de enzimas para esta finalidad está dominado por la empresa danesa Novozymes. “El empleo del cóctel enzimático representa entre un 30 % y un 50 % del costo de producción final del etanol de segunda generación”, dice el bioquímico Mario Murakami, director científico del Laboratorio Nacional de Biorrenovables (LNBR). Es por ello que grupos de investigación brasileños buscan alternativas más baratas e, idealmente, más eficientes que los productos actualmente disponibles.

Mediante el empleo de la técnica de edición genómica Crispr-Cas9, un equipo coordinado por Murakami modificó en 2019 seis genes del hongo *Trichoderma reesei* para maximizar su producción de enzimas de interés biotecnológico,

especialmente las que se emplean para la hidrólisis de biomasa vegetal. Los hongos de este género se utilizan para la elaboración del cóctel enzimático que se comercializa para promover la sacarificación del bagazo de la caña de azúcar y hacer posible la producción de etanol de segunda generación. En un trabajo publicado a finales de 2022 en la revista *Bioresource Technology*, los investigadores del LNBR informaron que consiguieron reducir el tiempo de producción de las enzimas de 14 a 9 días. “Nuestro cóctel enzimático es barato y estable. La caducidad del producto es de un año a temperatura ambiente”, dice Murakami. Ya ha sido probado en la planta piloto del laboratorio y consiguió degradar aproximadamente un 60 % de los hidratos de carbono largos de la biomasa de la caña de azúcar, un rendimiento similar al que presentan algunos de los productos comerciales.

Para el botánico Marcos Buckeridge, del Instituto de Biociencias de la Universidad de São Paulo (IB-USP), hay que utilizar diferentes microorganismos para tratar de producir cócteles enzimáticos que promuevan una hidrólisis más



Se modificaron seis genes del hongo *Trichoderma reesei* para mejorar su acción degradadora de las paredes celulares de la caña de azúcar

3

simple y más eficiente. Aparte del conocido *T. reesei*, se han estudiado como posibles fuentes de enzimas otros hongos de origen amazónico, insectos tales como las cucarachas y la propia caña de azúcar, que podrían ser útiles para mejorar este proceso. “El origen de las enzimas no es relevante”, comenta el investigador de la USP. “Lo que necesitamos es dominar la tecnología de producción de un cóctel enzimático eficiente. El alto costo del producto importado ahuyenta las inversiones en el segmento del etanol de segunda generación”.

se mantiene y no hay pérdida de eficiencia en el proceso”, comenta Murakami. “También se necesita saber cuál sería el impacto eventual del uso de estos compuestos en el costo de producción del etanol de segunda generación”.

Estos interrogantes pronto serán dilucidados. Dantas dos Santos y Buckeridge informan que Raízen, una de las empresas que producen etanol de segunda generación en Brasil (la otra es GranBio), comenzará a realizar ensayos con el empleo de los compuestos moduladores de la lignina en un área de producción piloto en este mismo semestre. “Es posible que de aquí a un año tengamos una noción más clara al respecto de si el aumento de la sacarificación se mantiene en una producción comercial”, estima el investigador de la UEM. El nuevo experimento que lleva a cabo la empresa, una *joint-venture* de Shell y el grupo empresario brasileño Cosan, forma parte de las actividades de investigación del RCGI.

Los investigadores que participan en los estudios apuestan a que los moduladores de la lignina, que también pueden producirse en forma sintética en laboratorio, en el futuro podrían conver-

tirse en un producto comercial para el sector del azúcar y alcohol y, tal vez, para otros segmentos del agro. Ya han obtenido una patente del uso en cultivos agrícolas en Brasil, y Dantas dos Santos, junto a un grupo de alumnos del Departamento de Bioquímica de la UEM, crearon una *startup* –BioSolutions– para intentar comercializar los compuestos. La empresa creada en 2021 cuenta con el respaldo del Servicio Brasileño de Apoyo a las Micro y Pequeñas Empresas (Sebrae) del estado de Paraná y del Instituto Tim. ■

Proyectos

1. INCT 2014: Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología del Bioetanol (n° 14/50884-5); **Modalidad** Proyecto Temático; **Convenio** CNPq-INCT; **Investigador responsable** Marcos Buckeridge (USP); **Inversión** R\$ 5.261.561,47.
2. Centro de Investigación e Innovación en Gases de Efecto Invernadero –RCG2I (n° 20/15230-5) **Modalidad** Programa de Centros de Investigaciones en Ingeniería; **Convenio** BG E&P Brasil (Grupo Shell); **Investigador responsable** Julio Meneghini (USP); **Inversión** R\$ 13.604.936,28.

Artículo científico

SANTOS, W. D. *et al.* Natural lignin modulators improve lignocellulose saccharification of field-grown sugarcane, soybean, and brachiaria. **Biomass and Bioenergy**. 5 dic. 2022.

VIDRIO CONTRA EL CÁNCER

Biovidrio en polvo
y en pastillas:
partículas magnéticas
las dotan de una
coloración negra



Científicos desarrollan un material compuesto con potencial para eliminar células cancerosas y regenerar huesos

Suzel Tunes

PUBLICADO EN MAYO DE 2023

La ingeniera de materiales Geovana Lira Santana, del estado brasileño de Paraíba, conoció las propiedades del F18, un vidrio bioactivo capaz de estimular la regeneración ósea, cuando llegó a la Universidad Federal de São Carlos (UFSCar), en el estado de São Paulo, para cursar una maestría. Vio en el nuevo material la posibilidad de cumplir su antiguo anhelo de convertirse en científica e investigar el cáncer. Con base en el F18, una creación del Laboratorio de Materiales Vítreos (LaMaV), del Departamento de Ingeniería de Materiales (DEMa) de la UFSCar, Lira Santana trabajó en el desarrollo de un compuesto con partículas magnéticas para el tratamiento del cáncer óseo.

Con la colaboración del Centro de Investigación, Educación e Innovación en Vidrios (CeRTEV) y del Centro de Desarrollo de Materiales Funcionales (CDMF), dos Centros de Investigación, Innovación y Difusión (Cepid), apoyados por la FAPESP, Lira Santana desarrolló un nuevo material aplicable como injerto en los huesos afectados por el cáncer. Para ello, le añadió a la matriz vítrea compuesta por el vidrio bioactivo (biovidrio) F18, patentado por la UFSCar en 2015, manganitas de lantano dopadas, es decir, enriquecidas con estroncio, un material que se calienta cuando se lo expone a un campo magnético alterno exterior.

El resultado fue un compuesto –un material formado por dos o más componentes con propiedades complementarias o superiores a los elementos que le

dieron origen– con una doble función. La primera es el combate contra las células tumorales mediante el calentamiento controlado de las partículas magnéticas; la segunda es la regeneración del tejido óseo, debido a la capacidad de osteoinducción del biovidrio. “El vidrio bioactivo libera iones que modifican el pH del medio, estimulando la proliferación de las células óseas. No solo crea un ambiente favorable para la regeneración ósea, como lo hacen los sustitutos óseos disponibles en el mercado, sino que también promueve la formación de tejido”, resume la investigadora, quien actualmente cursa un doctorado en el mismo departamento. Además, el biovidrio F18 tiene una fuerte acción bactericida, lo que dificulta las infecciones posquirúrgicas.

El proyecto, iniciado en 2018, contó con la dirección del ingeniero de materiales Edgar Dutra Zanotto, coordinador del LaMaV y del CeRTEV, y con la colaboración del profesor del DEMa, Murilo Crovace. Los resultados preliminares, publicados en la revista científica *Materials* en 2022, son prometedores.

Otra característica destacable del nuevo material es que puede calentarse hasta un máximo de 45 grados Celsius (°C). De esta forma, se evita el sobrecalentamiento de la zona y el daño a las células sanas vecinas del tumor. En pruebas de laboratorio, las partículas magnéticas del compuesto alcanzaron los 40 °C en pocos minutos cuando fueron sometidas a la acción de un campo magnético externo.

“Es una temperatura muy cercana a la ideal para el tratamiento del tumor, alre-

dedor de los 43 °C”, dice Lira Santana. “La formación de una capa de hidroxicarbonato de apatita, presente de forma natural en el hueso humano, permite que el compuesto se adhiera al tejido óseo”, explica la investigadora. Además de buscar los niveles de calentamiento ideales, los próximos pasos del proyecto comprenden la realización de ensayos *in vitro* y estudios clínicos, aún sin fecha prevista. La solicitud de patente del compuesto se presentó en 2021.

El médico radiólogo Marcos Roberto de Menezes, coordinador del área de radiología e intervención guiada por imágenes del Instituto del Cáncer del Estado de São Paulo (Icesp), considera que, una vez validado por estudios clínicos, el nuevo material aportará buenas perspectivas al tratamiento oncológico. De Menezes es especialista en el tratamiento del cáncer por termoablación, una técnica que consiste en la inserción de agujas guiadas vía imágenes para la destrucción de las células tumorales mediante el aumento de la temperatura o la congelación.

Según el radiólogo, el uso de la temperatura como recurso terapéutico en la oncología puede erigirse como una alternativa menos invasiva que la cirugía en casos concretos, como en el tratamiento de la metástasis. “La terapia mediante hipertermia [el aumento acentuado de la temperatura corporal] para la destrucción de las células tumorales ya está bastante afianzada. La gran ven-

taja de este nuevo material residiría en la posibilidad de destruir el tumor conservando la estructura y la funcionalidad del hueso”, pondera De Menezes, quien explica que el tratamiento por hipertermia destruye el tumor, pero, dependiendo de la extensión y la gravedad de la lesión, puede haber un debilitamiento del hueso afectado, lo que genera una pérdida de función y dolor. La capacidad de osteoinducción del biovidrio podría solucionar este problema.

Aun cuando quedan todavía varias etapas hasta salir al mercado, el vidrio bioactivo con partículas magnéticas de la UFSCar ya tiene una empresa interesada en promover su comercialización: la *startup* Vetra, fundada en 2014 por exalumnos del CeRTEV e incubada en Supera, el parque de innovación tecnológica de la ciudad palulista de Ribeirão Preto.

El biovidrio empleado como matriz en el compuesto desarrollado por Lira Santana nació del proyecto de maestría de la odontóloga Marina Trevelin, socia fundadora de Vetra, realizada en el LaMaV-DEMa-UFSCar entre 2009 y 2011. En su doctorado, la investigadora amplió el proyecto al pasar a realizar ensayos preclínicos y explorando distintas aplicaciones para la tecnología, como la regeneración de heridas cutáneas y nerviosas.

Trevelin obtuvo una beca de la FAPESP para realizar el doctorado en ciencia e ingeniería de materiales y Vetra contó con el apoyo del Programa de Investigación Innovadora en Pequeñas Empresas (Pipe) de la Fundación, para la producción industrial del F18. La *startup* posee la patente del material, licenciada por la UFSCar en 2016 (*lea en Pesquisa FAPESP*, edición n° 241), y actualmente se lo suministra a empresas especializadas en productos médicos y odontológicos.

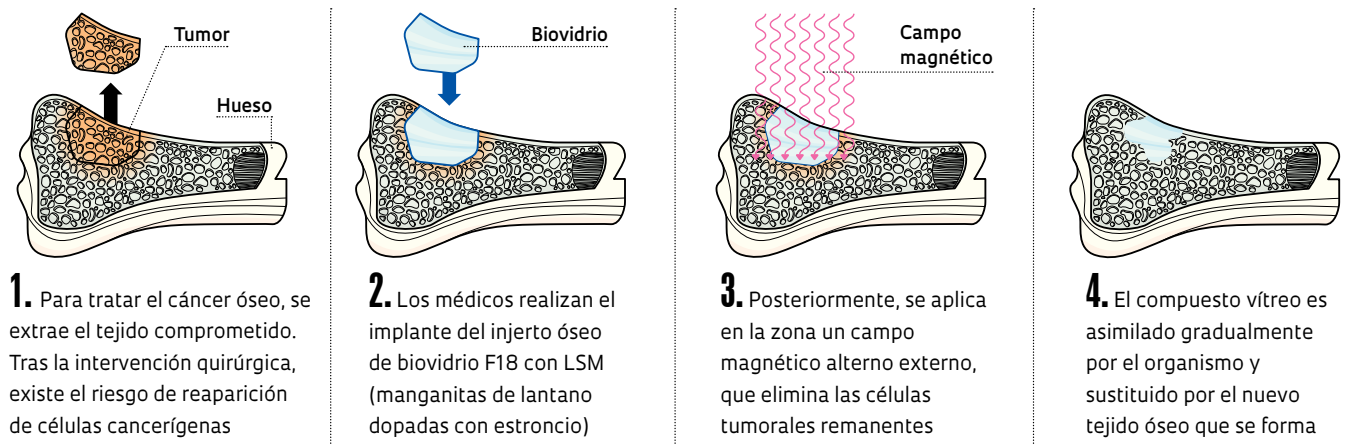
El proyecto de Lira Santana es heredero de una historia aún más antigua, que se remonta a 1977, cuando Dutra Zanotto creó el LaMaV en la UFSCar. Por entonces, el vidrio bioactivo todavía era una novedad en Brasil. Hacía menos de 10 años que había sido inventado, en 1969, por el ingeniero de materiales estadounidense Larry Hench, de la Universidad de Florida (EE. UU.), a partir de una combinación de sodio, calcio, silicio y fósforo.

El nuevo material llamó la atención por su capacidad para reaccionar con los fluidos corporales formando una capa de hidroxicarbonato de apatita, lo que le permitía unirse químicamente al tejido óseo favoreciendo su regeneración. Se patentó como Bioglass 45S5, un nombre que se popularizaría para materiales similares con composiciones diferentes.

En poco tiempo, el biovidrio se ganó un lugar destacado en el mercado de los biomateriales. “En Europa y Estados Unidos se ha utilizado para producir injertos óseos, membranas para la regeneración

CONOZCA CÓMO ACTÚA EL NUEVO COMPUESTO EN EL ORGANISMO

El material vítreo implantado ayuda a la reconstitución del hueso



FUENTE: GEOVANA SANTANA



Muestras del biovidrio con diferentes composiciones del material magnético

de úlceras cutáneas y, en forma de polvo, productos odontológicos destinados a la reparación de defectos del esmalte y el tratamiento de la hipersensibilidad dentinaria”, destaca Dutra Zanotto.

Sin embargo, el material inventado por Hench presentaba limitaciones debido a su escasa resistencia mecánica. Esta característica impide su uso como implante en lugares sometidos a grandes cargas y limita la posibilidad de moldearlo en diferentes formatos. Un día, en una conversación informal en la mesa de un bar, Dutra Zanotto y Hench especulaban sobre estas limitaciones cuando surgió la idea de un nuevo proyecto. “Imaginamos que sería posible cristalizar el biovidrio para darle una mayor resistencia”, recuerda el brasileño. Este proyecto acabó siendo el tema de la investigación doctoral del ingeniero de materiales Oscar Peitl, en la actualidad docente del DEMa-UFSCar. De esa investigación, culminada en 1995, surgió el biosilicato, patentado en 2003.

Dutra Zanotto explica que el biosilicato es un compuesto vitrocerámico (*lea en Pesquisa FAPESP, edición n° 191*). En el proceso de cristalización, llevado a cabo a partir de la inserción de aditivos y la exposición a altas temperaturas, este material, que inicialmente tiene una estructura desordenada, pasa a tener una disposición geométrica regular. La cristalinidad proporciona a los vitrocerámicos propiedades mecánicas superiores a las de los vidrios bioactivos, pero generalmente reduce el índice de bioactividad. El reto del equipo de la UFSCar consistió entonces en diseñar una for-

mulación que confiriera una bioactividad similar a la del biovidrio manteniendo una elevada resistencia mecánica. El resultado satisfizo a los investigadores.

“En los últimos años hemos realizado tres estudios clínicos diferentes con el biosilicato, todos con éxito”, informa el coordinador del LaMaV. Según Dutra Zanotto, además de ser eficaz en el tratamiento de la hipersensibilidad dentinaria, en forma de polvo, este material permitió fabricar implantes de huesecillos del oído medio y un implante oftálmico. Esta prótesis ocular de vidrio presenta un aspecto y una movilidad muy similares a los del ojo humano real.

Unos años más tarde, al diseñar el biovidrio F18, los investigadores buscaban un resultado opuesto al del biosilicato: que no se cristalizara al exponérselo a altas temperaturas, lo que permitiría un mayor control del material para la producción de fibras, tejidos vítreos y piezas complejas en 3D. Trevelin relata que se hicieron 17 intentos hasta obtener la fórmula ideal, la del F18. “Logramos obtener un compuesto estable y altamente bioactivo, además de bactericida. Desde el inicio de las pruebas preclínicas, en 2011, el F18 se ha mostrado prometedor en la regeneración de tejidos”, dice Trevelin.

Aprovechando las propiedades bactericidas del F18, Trevelin, de Vetra, pretende utilizarlo como injerto óseo en pacientes con osteomielitis, una infec-

ción ósea causada por microorganismos patógenos. Y ya ha iniciado investigaciones en este sentido, con financiación del Pipe. La realización de los ensayos clínicos ahora está sujeta a inversiones en la infraestructura de la *startup*, que la investigadora espera poder realizar con la ayuda del Pipe Invest, una modalidad de apoyo a *startups* y pequeñas y medianas empresas.

En la Universidad Federal del ABC (UFABC), en Santo André (São Paulo), un grupo de investigación encabezado por la ingeniera de materiales Juliana Marchi también está desarrollando un compuesto vítreo para combatir el cáncer óseo mediante hipertermia. Además de nanopartículas magnéticas para calentar la región afectada, el material compuesto posee otros dos agentes terapéuticos: el elemento químico holmio (Ho) para la aplicación de braquiterapia, un tipo de radioterapia interna para destruir el tumor, y ácido zoledrónico, un fármaco utilizado para tratar las metástasis óseas.

Según Marchi, este enfoque multidisciplinario permitió el desarrollo de una nueva metodología, descrita en un artículo publicado en 2022 en la revista *Biomaterials Advances*, con la cual se obtuvo un vidrio con alta bioactividad y magnetización. Una ventaja de este material reside en la posibilidad de dosificar la tasa de entrega de agentes terapéuticos asociados al compuesto. “Podemos modular la dosis de braquiterapia al momento de la implantación de los vidrios bioactivos que poseen la propiedad radioactiva del holmio incorporado”, explica. El proyecto, financiado por la FAPESP, se encuentra en la fase de pruebas *in vitro*. ■

Proyectos

1. Desarrollo y caracterización de tejidos vítreos flexibles altamente bioactivos (n° 11/22937-9); **Modalidad** Beca doctoral; **Investigador responsable** Edgar Dutra Zanotto (UFSCar); **Beneficiaria** Marina Trevelin Souza; **Inversión** R\$ 168.950,29.
2. Desarrollo de una metodología para la producción de vidrios bioactivos en partículas de alta pureza a escala industrial (n° 15/17175-3); **Modalidad** Investigación Innovadora en Pequeñas Empresas (Pipe); **Investigadora responsable** Marina Trevelin Souza (Vetra); **Inversión** R\$ 600.150,8.

Artículo científico

SANTANA, G. L. *et al.* Smart bone graft composite for cancer therapy using magnetic hyperthermia. **Materials**. abr. 2022.


El resto de los proyectos y el artículo científico consultados para la elaboración de este reportaje figuran en una lista en la versión *online* de la revista.

BIOTECNOLOGÍA



LA POLILLA TRANSGÉNICA ESTÁ LLEGANDO

El gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) es responsable de la pérdida de hasta un 50 % de las plantaciones de ese cultivo



Una empresa desarrolla una nueva tecnología destinada a combatir a la principal amenaza de los cultivos de maíz

Frances Jones

PUBLICADO EN MARZO DE 2023

Los agricultores brasileños podrán contar en poco tiempo más con una nueva herramienta para combatir a la que el agronegocio considera como la plaga principal del cultivo del maíz. La empresa Oxitec de Brasil se apresta a concretar el lanzamiento comercial de una polilla modificada genéticamente para liberarla en las plantaciones con el propósito de combatir al gusano cogollero del maíz, también conocido como oruga militar tardía (*Spodoptera frugiperda*). Presente en todas las regiones del país en las que se cultiva esta planta, este insecto es responsable de la pérdida de hasta un 50 % de los sembradíos. La polilla transgénica, denominada Spodoptera del Bien, obtuvo en 2021 la aprobación de la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNBio), organismo dependiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MCTI), responsable de recomendar o no la liberación de organismos genéticamente modificados en Brasil.

“La Spodoptera del Bien es un producto seguro y eficaz”, dice la genetista Natalia Ferreira, directora general de Oxitec de Brasil. “Estamos en una etapa que incluye la participación de los agricultores y conversaciones con distribuidores, y proseguimos con los ensayos en las plantaciones para entender cómo se encaja este producto en la rutina de los productores rurales”, informa. Según la empresa, el lanzamiento comercial tendrá lugar en los próximos años.

Spodoptera del Bien es el nombre comercial de las polillas del linaje genéti-

camente modificado OX5382G, desarrollado por la casa matriz de la empresa en el Reino Unido y probada en dos granjas productoras brasileñas, una en el estado de Mato Grosso y otra en el de São Paulo. La compañía, una *spin-off* de la Universidad de Oxford creada en 2002, actualmente es una subsidiaria de la empresa estadounidense Third Security, con sede en Virginia.

Brasil es el primero y el único país del mundo que liberará las polillas transgénicas en los campos. Las mismas una variante del propio gusano del cogollo que ataca al maíz, modificadas genéticamente, y su código genético incluye dos genes diferentes, introducidos en laboratorio. Uno de ellos, conocido como tTAV, impide el desarrollo de las hembras lo que lleva a que, de los huevos de la nueva generación, solo sobrevivan los machos, cosa que afecta drásticamente la reproducción de estos insectos.

“Nosotros perfeccionamos en el laboratorio un gen que ya está presente en *Spodoptera* y en otros insectos y arácnidos, al incorporarle un promotor [una secuencia determinada de ADN] que le indica a la célula que produzca grandes cantidades de este gen”, dijo Ferreira. “Funciona como una sobredosis. Es como si uno, en lugar de producir en todo su cuerpo las células que componen los órganos, pasara a producir solamente colágeno, por ejemplo”, dice. “El resultado sería que no habría producción de sangre, saliva ni nada que asegure la vida; por lo que eventualmente moriría, justamente debido a la falta de estas sustancias”.

El segundo gen insertado, DsRed2, es un marcador, derivado de una especie de coral marino que produce una proteína fluorescente que ayuda a distinguir los ejemplares modificados de los insectos silvestres.

La técnica para combatir la plaga consiste en la liberación de machos genéticamente modificados en el campo para que estos copulen con las hembras silvestres. De esa cruce, solamente surgen orugas machos, que, tras la fase de pupa, se transforman en polillas portadoras del gen letal o autolimitante en el genoma que, una vez más, hará que mueran las descendientes hembras. De tal manera que, en el transcurso de algunas generaciones, según la empresa, la población del insecto habrá menguado.

Esta tecnología es la misma que la que utiliza en el producto llamado *Aedes del Bien*, comercializado por la empresa en Brasil desde 2021, que apunta a reducir la población del mosquito *Aedes aegypti*. En este caso, el objetivo es reducir los casos de dengue y otras enfermedades transmitidas por estos insectos, tales como el zika y el chikunguña (léase el reportaje de la página 54). La *Spodoptera* modificada, dos versiones de *Aedes aegypti* creadas por Oxitec y el salmón de la empresa canadiense AquaBounty componen el grupo limitado de animales transgénicos cuya venta ha sido autorizada en Brasil por la CTNBio.

La médica veterinaria Maria Lúcia Zaidan Dagli, del Laboratorio de Oncología Experimental y Comparada de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de São Paulo (FMVZ-USP) e integrante de la CTNBio, considera positiva la liberación en el país de la *Spodoptera* del Bien. Ella integró la comisión que aprobó la primera versión del *Aedes aegypti* modificado de Oxitec.

Para que se apruebe su comercialización, explica Zaidan Dagli, es necesario que las cuatro áreas sectoriales que componen la CTNBio y verifican el impacto del producto en la salud humana, la salud animal, las plantas y el medio ambiente

certifiquen la seguridad del producto con base en los datos y en los estudios presentados por la compañía interesada. Una vez autorizada la comercialización del producto, continúa realizándose un seguimiento y la empresa debe presentar informes anuales a la CTNBio durante cinco años.

“Es el mismo proceso al que son sometidos los nuevos medicamentos aprobados por las respectivas agencias reguladoras. Si se informa algún problema, dependiendo de cuál fuera este, el producto puede llegar a ser suspendido”, subraya la investigadora, quien hace hincapié en que nunca ha ocurrido que se suspenda un producto aprobado por la CTNBio.

Como parte de la estrategia de lucha de los productores rurales contra la oruga militar tardía, existen en el mercado alrededor de 200 productos para el control químico de este insecto, según datos de la estatal Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa). Con todo, *Spodoptera* ha probado ser resistente a los insecticidas convencionales. E incluso hay preocupación por los efectos indeseables de estos agrotóxicos en la salud de los organismos que no constituyen sus blancos y en el medio ambiente.

Además de los insecticidas, existen nueve productos destinados al control biológico registrados en el país y otros cuatro a punto de lanzarse. Desde la cosecha de 2008-2009 en adelante, también se utiliza la tecnología del maíz transgénico, que expresa proteínas de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt) para matar a las orugas. Ocurre que los insectos ya mues-

tran resistencia a la planta modificada.

“Cuando utilizamos insecticidas o plantas transgénicas para el control de una plaga, involuntariamente acabamos seleccionando en el campo a los ejemplares capaces de sobrevivir a estas tecnologías”, explica el ingeniero agrónomo Alberto Soares Corrêa, coordinador del Laboratorio de Ecología Molecular de Artrópodos de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), de la USP. “Una única hembra de *Spodoptera frugiperda* puede poner hasta 1.500 huevos en su ciclo de vida. Además, se trata de una especie cuyo manejo es extremadamente complejo debido a su polifagia [la habilidad de alimentarse de diversas especies de plantas] y su capacidad de dispersión. Originaria del continente americano, recientemente se ha convertido en una plaga cosmopolita, ya que se ha informado acerca de su detección en países de África, Asia, Europa y Oceanía”, dice Soares Corrêa.

Para retrasar la evolución de la resistencia al maíz transgénico, se les recomienda a los agricultores que reserven una parte de la superficie cultivable –entre un 10 % y un 20 %, aunque no hay consenso en cuanto a estos valores– para la siembra de plantas convencionales, no transgénicas, lo que se denomina refugio. El propósito de esta estrategia consiste en que los insectos copulen con aquellos que no tienen los alelos que les confieren resistencia (los alelos son las diferentes

Aparte del maíz, la polilla puede alimentarse de unas 50 variedades de plantas





Colaboradores de Oxitec en el campo realizando el estudio piloto de la *Spodoptera del Bien*

formas de un gen específico). “El caso es que, a menudo, los productores omiten plantar el refugio y, de este modo, la evolución de la resistencia se acelera”, señala el investigador de la Esalq.

Según Oxitec, *Spodoptera frugiperda* transgénica sería un método bastante eficaz para controlar la resistencia a las plantaciones de maíz Bt. “La *Spodoptera del Bien* nunca en su vida se ha enfrentado a un insecticida ni al maíz Bt, por lo que es totalmente susceptible”, dice Ferreira. “Cuando el macho transgénico es liberado en el campo y se aparea con una hembra, deja una descendencia masculina que hereda la parte del genoma del padre que no posee resistencia. Entonces recuperamos el efecto de todos los insecticidas, agroquímicos y el del propio maíz Bt. Es una tecnología que ayudará a reducir el uso de agrotóxicos y a recuperar o extender la vida útil de las semillas biotecnológicas”.

Soares Corrêa explica que el control autocida, en el cual un insecto modificado reduce la población de ejemplares de su misma especie a través de su cruzamiento, es una técnica antigua. “El ejemplo clásico es el del gusano barrenador del ganado, al que en su fase como insecto adulto se lo conoce como mosca de las bicheras [*Cochliomya hominivorax*], una plaga erradicada en Estados Unidos tras la liberación de millones de insectos estériles de la especie a partir de la década de 1950”, informa.

Una diferencia importante radica en que, en lugar de transgénicos, en aquel caso se soltaron en el medio ambiente ejemplares machos esterilizados mediante la irradiación de rayos gamma. El empleo de insectos transgénicos, co-

menta, tiene como objetivo, al menos inicialmente, superar algunas debilidades subyacentes de ese método. “La exposición a la radiación puede traer aparejados varios daños a estos insectos, comprometiendo sus características biológicas y conductuales que afectarían su rendimiento en el campo.

La idea del insecto transgénico es contar con ejemplares que presenten un mejor rendimiento y sean capaces de competir con los machos silvestres, aparearse con las hembras y, así, no dejar descendencia, reduciendo la población de la especie objeto de la tecnología”.

Soares Corrêa prefiere no hacer pronósticos sobre los riesgos y las posibles consecuencias ecológicas de la suelta de un insecto transgénico en la naturaleza. “No disponemos de datos científicos en la literatura específica como para responder a los principales planteos. Nunca se ha hecho esto a gran escala”, dice el investigador. “En el caso de *Spodoptera frugiperda*, si la CTNBio lo aprobó, supongo que consideraron que disponen de un mínimo de seguridad para que la tecnología pueda aplicarse”.

Según él, esos mismos cuestionamientos surgieron con respecto a las plantas transgénicas. “Hoy en día, sabemos que su seguridad es alta. Tanto es así que su uso se ha extendido en varias regiones del mundo. Con todo, en el caso de los animales, hay una gran diferencia en cuanto a las cuestiones reproductivas y bioquímicas, como así también en la estructura del genoma. No podemos simplemente

asegurar que porque ha funcionado con las plantas transgénicas también será así con los animales transgénicos”.

El biólogo José Maria Gusman Ferraz, investigador invitado del Laboratorio de Ingeniería Ecológica de la Universidad de Campinas (Unicamp), estudió a la *Spodoptera frugiperda* durante su doctorado. Para él, la nueva tecnología puede ser una herramienta más para combatir a la plaga. No obstante, considera que sería poco eficiente, ya que el insecto adulto posee una alta capacidad de desplazamiento y el maíz se cultiva en grandes superficies abiertas. “Históricamente, este tipo de tecnologías funcionan bien solamente en áreas insulares, es decir, con características de islas”, dice.

A Gusman Ferraz también le gustaría disponer de más datos acerca de los posibles daños a los parasitoides –los enemigos naturales de la polilla– antes de su liberación, así como de los riesgos de que el material genético perdure en el ambiente natural. “Las nuevas tecnologías pueden funcionar en un lapso de tiempo corto, pero también pueden causar efectos negativos y, en breve, dejar de funcionar”, opina. “El principio básico de la vida es la diversidad y, cuando reducimos esa diversidad, el sistema se vuelve frágil”.

Una ventaja de los organismos genéticamente modificados (OGM) en comparación con los irradiados es la practicidad y el costo, explica la bioquímica Margaret Capurro, del Instituto de Ciencias Biomédicas (ICB) de la USP, coordinadora técnica de un estudio sobre el *Aedes aegypti* transgénico llevado a cabo en el estado de Bahía. Según ella, 44 países se aprestan a

utilizar la suelta de machos estériles para controlar a la población de estos insectos, aunque ninguno de ellos ha adoptado técnicas de producción de OGM.

“Para obtener machos estériles, basta con montar una biofábrica y solventar el costo de producción; en el caso de los transgénicos, hay que adquirírselos a la empresa que los produce. Sin embargo, los transgénicos nos facilitan la vida, porque nos ahorramos la necesidad de un equipamiento que cuesta entre 100.000 y 200.000 dólares. Habría que disponer de un irradiador en cada estado de Brasil”, plantea. “No es viable. La logística del macho estéril, en el caso del *Aedes aegypti*, requiere que la producción de insectos se haga cerca del dispositivo irradiador y luego se los debe transportar y liberar en un máximo de 24 horas”.

Una diferencia entre la mosca de la bichera, erradicada de Estados Unidos en el siglo pasado, y *Spodoptera frugiperda*, radica en que la primera es monógama, es decir, la hembra se aparea por única vez con tan solo un macho. En cambio, la segunda puede realizar múltiples cópulas. Y, a diferencia del *Aedes aegypti*, que es una especie exótica, procedente de la región de Egipto, la polilla que ataca al maíz es nativa del continente americano. Además de alojarse en la mazorca, *Spodoptera* también les causa problemas a otros cultivos importantes, tales como el algodón, la soja, el trigo, el arroz y el frijol. Puede alimentarse de unas 50 variedades de plantas de más de 20 familias botánicas, según datos de Embrapa.

Con todo, para poder erradicar al insecto, sería necesaria una política pública de intervención en todo el territorio nacional e incluso en los países vecinos del continente americano. “Brasil es una nación de características continentales con una frontera terrestre gigantesca. Tenemos problemas para unir a los organismos gubernamentales, las empresas y los productores en la implementación de estrategias de monitoreo y control de plagas”, reflexiona Soares Corrêa. “La erradicación de este insecto en Brasil es prácticamente imposible. Creo que no es ese el objetivo que persigue la empresa”. ■

Artículo científico

REAVEY, C. E. *et al.* Self-limiting fall armyworm: A new approach in development for sustainable crop protection and resistance management. *BMC Biotechnology*. 27 ene. 2022.



AEDES PARA TODOS

El mosquito genéticamente modificado
ya se comercializa en Brasil

Brasil es un país pionero en la suelta de mosquitos *Aedes aegypti* transgénicos mediante pruebas que vienen haciéndose desde la década pasada en ciudades del estado de Bahía y en el interior del estado de São Paulo. En 2019, la revista *Scientific Reports* publicó un artículo controversial alusivo a un estudio realizado con los mosquitos en el municipio de Jacobina (Bahía). En las conclusiones del texto, se dijo haber constatado la transferencia de genes transgénicos a la población silvestre de *Aedes*, lo que habría generado mosquitos híbridos. Tras las repercusiones generadas, en 2020 la revista añadió a la publicación original una nota de preocupación editorial, vertiendo críticas hacia el texto, avalada por seis de los diez autores del artículo (lea en *Pesquisa FAPESP*, edición n° 285).

Dos años después de la polémica, la empresa Oxitec obtuvo la autorización del gobierno brasileño, con base en el dictamen favorable de la CTNBio, para



La suelta de ejemplares de *Aedes aegypti* transgénicos apunta a contener los brotes de dengue

te 1.200 mosquitos machos; las hembras no sobreviven. La recarga con los huevos de *Aedes* debe sustituirse cada 28 días.

El kit también incluye cuatro sobres específicos para el control de calidad del agua esencial para el ciclo de desarrollo de los mosquitos. Cada caja vendida por Detecta cuesta 460 reales y la recarga, otros 196 reales. Sin embargo, Valério destaca que el costo total puede variar bastante. “Depende del tamaño del área de cobertura, de la necesidad de traslado del producto y de quién va a manejar las cajas. Se diseñan proyectos individuales”.

En Estados Unidos, la suelta todavía es de carácter experimental y se ha puesto en práctica solamente en el estado de Florida. En 2020, la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (EPA) autorizó a Oxitec a llevar a cabo pruebas piloto de la tecnología con los mosquitos de la segunda generación (del linaje denominado OX5034) en algunas zonas de los estados de Florida y California.

La agencia estadounidense, empero, tomó el recaudo de prohibir la liberación de los mosquitos en las áreas situadas a menos de 500 metros de posibles fuentes del antibiótico tetraciclina, tales como las estaciones de tratamiento de desagües, áreas de producción de manzanas, peras y frutas cítricas e instalaciones para el ganado bovino, porcino y granjas avícolas. Las moléculas de estos antibióticos, de uso frecuente tanto en salud humana como en terapia animal y, en algunos casos, en la agricultura, pueden ser excretadas sin haberse metabolizado en el tracto digestivo y contaminar el medio ambiente, tanto el suelo como el agua, aunque sea en bajas concentraciones.

El mosquito transgénico fue desarrollado y criado en un ambiente rico en tetraciclina. Al igual que en el caso de *Spodoptera*, el gen letal incorporado es el tTAV, elaborado a partir de ADN sintético con base en una fusión de secuencias de la bacteria *Escherichia coli* y del virus del herpes simple. “En laboratorio y en altas concentraciones, el antibiótico es capaz de inhibir la expresión del gen letal que portan los mosquitos. En el campo, el insecto macho transgénico copula con la hembra, que luego deposita los huevos. Los huevos eclosionan y surgen las larvas, que viven en el agua. Pero esta prole no encuentra en ese medio una concentración elevada de tetraciclina. Entonces el gen letal se expresa y

la larva muere. A grandes rasgos, este es el proceso”, dice el ingeniero agrónomo Alberto Soares Corrêa, de la Esalq-USP.

En un comunicado de 2022, la agencia estadounidense argumentó que “existe una remota posibilidad de que las fuentes ambientales de tetraciclina puedan tener cantidades suficientes para funcionar como antídoto de la característica letal para las hembras del mosquito OX5034”. Así, cabría la posibilidad de que las hembras transgénicas sobrevivan y se reproduzcan. Tan solo las hembras del *Aedes* pican a los seres humanos y transmiten enfermedades.

En Brasil, no existen restricciones de lugar para la suelta de los insectos transgénicos, tanto de las polillas como de los mosquitos. El agrónomo y entomólogo Fernando Hercos Valicente, investigador de Embrapa Maíz y Sorgo, quien fue miembro de la CTNBio en la época de las deliberaciones para la aprobación de la primera versión del *Aedes aegypti* de Oxitec, comenta que este tema fue entonces objeto de debate. “Alguien mencionó el caso del alimento para perros, que puede contener tetraciclina. Pero se trata de una cantidad muy discrepante entre lo que podían contener esos piensos y la que se necesita para que el insecto sobreviva. Haría falta una dosis mucho mayor. Esto no es un problema”, dice Hercos Valicente. Para él, “los resultados positivos de las pruebas realizadas en Brasil demuestran los beneficios de esta tecnología”.

En cambio, el biólogo José Maria Gusman Ferraz, quien también fue miembro de la CTNBio y votó en contra de la liberación del mosquito transgénico en el país, dice que hay gran imprudencia por parte de las autoridades y que habría que estudiar mucho más lo que puede ocurrir con el ecosistema en su conjunto. “El principio de precaución no se está teniendo en cuenta. La liberación solo será revisada de surgir un problema muy grave. Pero podría ser tarde. Cuando liberamos un producto, no estamos liberando solamente una planta o un insecto transgénico. Liberamos una tecnología que puede causar alteraciones en el medio ambiente”. ■

Frances Jones

Artículo científico

EVANS, B. *et al.* Transgenic *Aedes aegypti* mosquitoes transfer genes into a natural population. *Scientific Reports*. 10 sept. 2019.

vender el mosquito genéticamente modificado en todo el territorio nacional, tanto a empresas como a personas físicas. “Estamos presentando el *Aedes* del Bien a un gran grupo de clientes y está teniendo aceptación entre muchos de ellos. Ya estamos vendiéndoselo a personas físicas”, informa Matheus Valério, biólogo de Detecta, empresa especializada en el control de plagas. “Tenemos que demostrar un concepto nuevo, porque la gente está acostumbrada a los productos de aplicación convencional”. La empresa, cuya sede se encuentra en Campinas (São Paulo), empezó a vender el producto como distribuidora asociada de Oxitec en octubre de 2022.

La distribuidora recomienda la liberación de los mosquitos durante al menos ocho meses consecutivos, preferentemente, de octubre a marzo. El kit de tratamiento básico está compuesto por dos cajas, que son suficientes para una superficie de 5.000 metros cuadrados (m²). Cada caja contiene unos 2.300 huevos, pero de cada unidad se liberan solamen-

SOCIEDAD

CON OTRA MIRADA

En el siglo XX, los brasileñistas pretendían entender el país.
Ahora lo insertan en temáticas globales

Diego Viana | ILUSTRACIONES Daniel Almeida

PUBLICADO EN ENERO DE 2023





En el año 2016, la historiadora estadounidense Barbara Weinstein, de la Universidad de Nueva York (NYU), publicó un artículo en la *Revista Brasileira de História*, en el cual se preguntaba: “¿Sigo siendo una brasileñista?” En dicho artículo, la historiadora reconoce que su campo de investigación científica sigue siendo Brasil, pero plantea sus dudas acerca de la pertinencia del brasileñismo como noción. En ese trabajo pone en palabras una cierta extrañeza al respecto del referido término, cuya definición más generalizada es la de un investigador que estudia Brasil desde el exterior, tanto si es extranjero como si es brasileño. Al entenderse así, hace alusión a una rama de los “estudios de área” comunes en Estados Unidos: entre los “latinoamericanistas” también hay “mexicanistas” y “cubanistas”. En este caso, el brasileñista es aquel que estudia el país con la intención de explicárselo a un público extranjero. Sin embargo, los estudios sobre Brasil presentan particularidades, merced a las cuales el término brasileñista es más habitual.

“Aún es un concepto pertinente, más, sin duda, que otras especializaciones latinoamericanas”, analiza Weinstein. “Aunque en Estados Unidos es casi imposible especializarse o hallar un empleo exclusivo en historia de Brasil, especializarse en

este país tiene sentido, en el marco de los estudios de Latinoamérica, de la diáspora africana u otros. Es más fácil moverse entre los países hispanohablantes, por ejemplo, pero Brasil tiene otro idioma, otra historia y una dimensión muy grande”, añade.

Weinstein, que es autora de libros tales como *The Amazon rubber boom* (Stanford University Press, 1983), sobre el ciclo del caucho en la Amazonia, *For social peace in Brazil* (University of North Carolina Press, 1996), que aborda los servicios sociales creados por la clase empresarial de São Paulo, y *The color of modernity* (Duke University Press, 2015), sobre el papel de las ideas raciales en la construcción de la imagen autopercebida de São Paulo, añade que la manera actual de estudiar Brasil es diferente a la del siglo pasado, cuando se procuraba entender un país como una totalidad con un proceso histórico propio. “Las nuevas generaciones están más preocupadas por los temas. Ya no se piensa en términos de la historia de una nación. Por eso se habla de una ‘historia del mundo atlántico’, de la diáspora africana, de los movimientos indígenas y así sucesivamente. Es algo que escapa a los contextos nacionales”.

La historiadora explica que hoy en día difícilmente se haría una investigación llamada “historia de las relaciones de género en Brasil”, por ejemplo. “¿Por qué se llamaría así? ¿Qué tienen de particular las relaciones de género aquí?” En cambio, podría investigarse la “historia del sufra-

gio femenino en Brasil”. “En este caso, lo que se estudia son las singularidades acerca de cómo se logró y evolucionó en el país el voto de las mujeres, algo que no puede entenderse mirando solo a Brasil e ignorando la trayectoria internacional”, dice. “Temas como este, a un mismo tiempo caben y no caben en la nación”.

Según Weinstein, el final de la Guerra Fría (1947-1991) representó, por un lado, un enfriamiento del interés de Estados Unidos por Brasil y por América Latina en su conjunto, ya que la amenaza de la expansión soviética se diluyó. Por otro, amplió el abanico de temas que los investigadores analizan mediante temáticas transnacionales como la trata de esclavizados, las relaciones de género y raza o el desarrollo urbano. De este modo, si las generaciones anteriores estaban compuestas mayormente por historiadores, a los que se sumaban algunos politólogos y economistas, entre los expertos actuales también hay geógrafos, antropólogos y críticos literarios.

Son estos cambios de perspectiva los que plantean dudas sobre la pertinencia del concepto. El geógrafo estadounidense Jeff Garmany, de la Universidad de Melbourne, en Australia, dice que no se considera un brasileñista, pese a que investiga temas urbanos en Brasil y a haber escrito en 2019 el libro *Understanding contemporary Brazil* (Routledge, 2019), en coautoría con el politólogo estadounidense Anthony Pereira, director del Kimberly Green Latin American and Caribbean Center, de la Universidad Internacional de Florida, en Miami (EE. UU.).

“No utilizo ese término cuando hablo de mí, pero otras personas me definen así. Soy un geógrafo que estudia el desarrollo urbano y político, específicamente aquellos temas vinculados con la desigualdad. Mis investigaciones siempre han tenido raigambre en Brasil y mi trabajo tiene que ver con los debates internacionales en teoría política y urbana, a partir del contexto empírico brasileño”, resume. “En la actualidad, creo que brasileñista es un término más utilizado para clasificar el trabajo de otras personas que para definir una verdadera disciplina de estudio”.

Así y todo, el concepto se sigue utilizando, incluso en la prensa brasileña, que a menudo consulta a expertos extranjeros sobre las cuestiones nacionales. Su uso refleja un proceso histórico que entraña cierta dosis de rivalidad, pero también una amplia colaboración. En 1990, el historiador José Carlos Sebe Bom Meihy, docente jubilado del Departamento de Historia de la Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias Humanas de la Universidad de São Paulo (FFLCH-USP), publicó el libro intitulado *A colônia brasilianista: História oral da vida acadêmica* (editorial Nova Stella), en el cual realizó entrevistas con extranjeros dedicados al estudio de Brasil. Sebe Bom Meihy llega a afirmar que el “antibrasileñismo” es “una enfermedad infantil de la historiografía brasileña” y critica el rechazo de los intelectuales brasileños al trabajo de los investigadores forasteros.

Parte de esta resistencia proviene del hecho de que, tras el golpe de Estado de 1964, se impuso a los investigadores brasileños restricciones distintas a las de los extranjeros para acceder a los archivos públicos. Este fue el caso del historiador estadounidense Robert M. Levine (1941-2003), de la Universidad de Miami, quien desde los primeros años del régimen de excepción tuvo acceso a



ADEMÁS DE HISTORIADORES, POLITÓLOGOS Y ECONOMISTAS, ACTUALMENTE ENTRE LOS BRASILEÑISTAS TAMBIÉN HAY GEÓGRAFOS, ANTROPÓLOGOS Y CRÍTICOS LITERARIOS

los documentos del Departamento de Orden Político y Social (DOPS) de la dictadura de Getúlio Vargas (1882-1954), entre 1930 y 1945. Ese episodio generó malestar entre los colegas brasileños de Levine, quienes protestaron contra lo que consideraron un favoritismo hacia un extranjero. Aun así, el libro que publicó se convirtió en una de las principales referencias sobre el período varguista, aunque en Brasil estuvo censurado hasta 1980.

Por otra parte, los estudiosos extranjeros, a menudo en colaboración con investigadores brasileños, no solo contribuyeron para proponer interpretaciones sobre Brasil al resto del mundo, sino que también estimularon algunas áreas de investigación en el país. El estadounidense Werner Baer (1931-2016), economista de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, realizó un importante aporte institucional en ese sentido. Entre las décadas de 1960 y 1980, participó en la creación de programas de posgrado en la disciplina en universidades brasileñas, entre ellas la USP, la de Brasilia (UnB) y la Federal de Minas Gerais (UFMG). Baer también fue uno de los fundadores de la Asociación Nacional de Centros de Posgrado en Economía (Anpec).

Este tipo de colaboración se produjo cuando Brasil todavía no disponía del vasto sistema universitario actual, con su amplia producción intelectual y su inserción internacional. En la actualidad, no obstante, la interacción entre brasileños y extranjeros es aún más intensa y necesaria, analiza el historiador brasileño Sidney Chalhoub, de la Universidad Harvard y presidente de Brazilian Studies Association (Brasa). “Nadie puede ser tomado como un brasileñista en serio en Estados Unidos, escribiendo para lectores estadounidenses, sin tener en cuenta la producción realizada en Brasil y sin un profundo diálogo con la literatura académica brasileña”, sostiene, y añade que una de las misiones de Brasa es funcionar como nexo entre los extranjeros y expatriados y los investigadores instalados en las universidades brasileñas.

La entidad, fundada en 1992 a partir de la Latin American Studies Association (Lasa), es la más importante en cuanto a la difusión de estudios brasileños en el exterior. “Brasa es un reconoci-

miento a la posición sui géneris de Brasil en el continente”, dice Chalhoub. “En Lasa, Brasil se diluye. En los programas de las carreras de historia latinoamericana, Brasil representa el 10 % o menos de las clases, aunque tenga el 40 % del territorio y de la población. En Brasa, Brasil ocupa el lugar que le corresponde por su importancia”.

El historiador estadounidense Kenneth Serbin, de la Universidad de San Diego, en California (EE.UU.), quien fue presidente de Brasa entre 2006 y 2008, además de haber coordinado la sección de Brasil en Lasa, dice que “una entidad de brasileñistas sirve para generar más brasileñistas”, frase que atribuye al politólogo estadounidense Timothy Power, de Oxford. “Esa era mi misión cuando fui presidente de Brasa. ¿Cómo cumplirla? Promoviendo lo que yo mismo hice en 1986: los viajes a Brasil”, sintetiza Serbin. “Logramos reunir presupuesto suficiente como para crear una beca de iniciación en Brasil llamada BIS, que financia a dos o tres personas por año en el país para realizar investigaciones de campo”. La entidad organiza congresos bienales y concede distinciones como el Premio Roberto Reis para libros que tratan sobre Brasil.

En Europa se creó una institución similar a Brasa en 2017, durante el primer Congreso Europeo de Brasileñistas celebrado en Leiden, en los Países Bajos: la Asociación de Brasileñistas de Europa (Abre). La iniciativa partió de la neerlandesa Marianne Wiesebron, coordinadora de la cátedra de Estudios Brasileños de la Universidad de Leiden, y de la historiadora brasileña Mônica Raima Schpun, de la Escuela de Altos Estudios en Ciencias Sociales (EHESS) de París. “Los brasileñistas europeos normalmente colaboran con sus pares de Brasil, pero ellos mismos a menudo no se conocen entre sí. La asociación se propone modificar esta realidad”, dice la checa Šárka Grauová, docente de literatura portuguesa en la Universidad Carolina, de Praga, y actual presidenta de la entidad, que actualmente está integrada por 237 investigadores residentes en Europa, distribuidos en 16 países del continente. Abre también organiza congresos bienales y cada año concede un premio a la mejor tesis doctoral.

Para Grauová, la particularidad principal del brasileñismo en Europa, en comparación con Estados Unidos, reside en que el Viejo Continente, conformado por varios países, tradiciones e idiomas, produce interpretaciones más variadas de Brasil, su objeto de estudio. “En el marco del Tercer Congreso de Abre, celebrado en Praga, hubo un panel dedicado a la recepción de Machado de Assis [1839-1908] en diversos países europeos. Aprendimos mucho,

no solo sobre los distintos historiales, sino también sobre la riqueza de interpretaciones posibles, suscitadas por los diversos contextos”, resume. Grauvó sostiene que la historia del brasileñismo europeo es diferente a la estadounidense porque sus raíces indagan más en los estudios de la lengua y la literatura que en las ciencias sociales.

En su libro de entrevistas, Meihy propone una clasificación de las generaciones de brasileñistas empezando por los “pioneros”, que estudiaron el país por distintas razones, incluido el interés personal. Una de las primeras referencias a un brasileñista en una publicación académica extranjera menciona al estadounidense Samuel Putnam (1892-1950), quien tradujo en inglés la obra *Os Sertões*, de Euclides da Cunha (1866-1909). En 1971, el historiador estadounidense C. Harvey Gardiner (1913-2000) publicó un artículo académico argumentando que el traductor cumplió un rol preponderante en la difusión del interés por Brasil en estados Unidos. El antropólogo Charles Wagley (1913-1991) y el historiador Richard Morse (1922-2001), ambos estadounidenses, son representantes de esa generación.

Los de la segunda camada de brasileñistas fueron llamados “hijos de Castro” por Meihy, y dicha tanda corresponde al momento en el que el término brasileñista se volvió habitual en la prensa brasileña. La denominación surge a partir de la respuesta de Estados Unidos a la Revolución Cubana de 1959, que llevó al poder a Fidel Castro (1926-2016): para evitar que otros regímenes comunistas se instalaran en el continente, el Departamento de Estado pasó a financiar estudios sobre los países de la región, especialmente del más rico y extenso de todos, Brasil. Las fundaciones Ford y Tinker, así como el Consejo de Investigación de Ciencias Sociales (SSRC, por sus siglas en inglés) instituyeron becas de investigación para estudios latinoamericanos, mientras que el Congreso de Estados Unidos sancionó el National Defense Education Act para financiar estudios sobre áreas sensibles del mundo, entre ellas América Latina. En una entrevista, el historiador brasileño José Honório Rodrigues (1913-1987) relata que en aquel

período recibió ofertas para trabajar en universidades estadounidenses con un sueldo equivalente al de un general del Ejército del país.

Muchos de los “hijos de Castro” eran historiadores. Entre ellos, despuntan el británico Kenneth Maxwell, de la Universidad Harvard, y los estadounidenses Warren Dean (1932-1994) y Stuart Schwartz, de la Universidad Yale. De este período sobresale la obra del historiador y antropólogo Ralph Della Cava, también estadounidense, del Instituto de Estudios Latinoamericanos de la Universidad Columbia, en Nueva York, quien publicó una de las obras principales sobre el Padre Cícero (1844-1934): *Milagre em Joazeiro (Paz e Terra)*, en 1970. Sin ambages, al ser entrevistado por Meihy, el también estadounidense Thomas Skidmore (1932-2016) declaró que “la motivación que [lo] llevó a estudiar Brasil dependía del contexto político estadounidense y sus repercusiones en el sistema universitario del país”.

Weinstein forma parte de la tercera generación, que comienza a publicar allá por la década de 1980: corresponde a los especialistas, según la clasificación de Meihy. Los investigadores de este período ya no tienen tanto vínculo con la coyuntura estadounidense y mayormente se centran en Brasil por Brasil mismo, profundizando el diálogo con la producción intelectual brasileña. El libro *Além do Carnaval: A homossexualidade masculina no Brasil do século XX* [Más allá del Carnaval: la homosexualidad masculina en Brasil durante el siglo XX (editorial Unesp, 1999), del historiador estadounidense James Green, de la Universidad Brown, se considera un hito de los estudios de la cultura homosexual en Brasil.

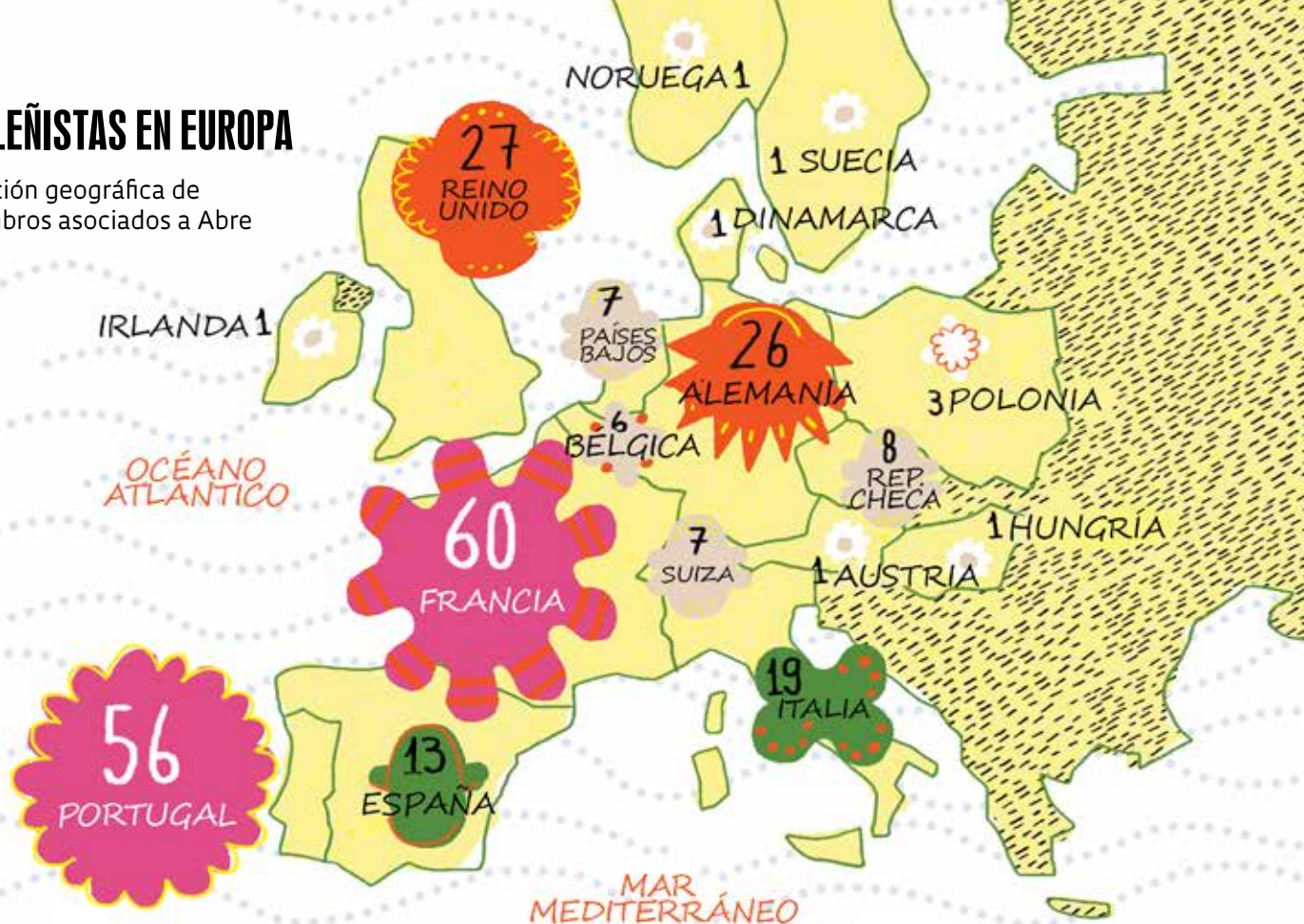
Otro historiador estadounidense, John French, de la Universidad Duke, relata que, a finales de la década de 1970, cuando se aprestaba a comenzar su doctorado sobre México, bajo la dirección de la historiadora brasileña Emilia Viotti da Costa (1928-2017), en la Universidad Yale, esta le preguntó si tenía interés en algún otro tema, ya que sería una dedicación para toda la vida. “Por entonces, el movimiento obrero del ABC paulista [*la zona industrial conformada por siete municipios del Área Metropolitana de São Paulo*] tuvo una gran repercusión en la prensa, porque estaba haciendo las primeras huelgas contra el régimen militar (1964-1985). Y así fue que me especialicé en el tema”, recuerda. Su libro más reciente es una biografía de Luiz Inácio Lula da Silva, el líder principal de las huelgas, quien más tarde sería electo en tres oportunidades presidente del país.

Fue en aquel período que Serbin conoció Brasil. “Ese viaje cambió mi vida. Yo quería estudiar México y terminé casándome con una brasileña y hoy en día me considero una persona bicultural. Brasil se convirtió en mi segundo hogar”, dice. Comenta que, gracias a su amistad con una

SEGÚN LA CLASIFICACIÓN DE MEIHY, LOS BRASILEÑISTAS SE DIVIDEN EN PIONEROS, HIJOS DE CASTRO Y ESPECIALISTAS

BRASILEÑISTAS EN EUROPA

Distribución geográfica de los miembros asociados a Abre



novicia luxemburguesa enviada a São Paulo, le presentaron a miembros del clero de la época. Así fue que se convirtió en autor de libros sobre la Iglesia Católica brasileña.

En la actualidad, un tema recurrente en los estudios sobre Brasil lo constituyen las relaciones raciales, ya sea en el análisis de las particularidades de la esclavitud que se practicaba en el país o en sus repercusiones actuales. “Es imposible estudiar Brasil sin tratar la cuestión de la esclavitud y el tema racial”, dice French, de la Universidad Duke. “Brasil es un país de jerarquías muy marcadas: regionales, raciales, de género. Esto hay que tenerlo en cuenta”. En este campo indaga la obra de la politóloga estadounidense Gladys Mitchell-Walthour, de la Universidad de Wisconsin-Milwaukee (EE. UU.), presidenta de Brasa entre 2018 y 2020. Actualmente ella estudia las políticas de transferencia de ingresos y acciones afirmativas en Brasil, en comparación con iniciativas paralelas en Estados Unidos.

French también desarrolla una investigación sobre acciones afirmativas, en colaboración con el jurista Silvio Almeida, de la Universidad Presbiteriana Mackenzie. Sus estudios se centran en el dictamen del Supremo Tribunal Federal (STF), la Corte Suprema de Brasil, sobre la ley de cupos, en 2012. “Analizamos quiénes fueron las personas que participaron en las audiencias. La mayoría eran blancas, pero también estaban los grupos del movimiento

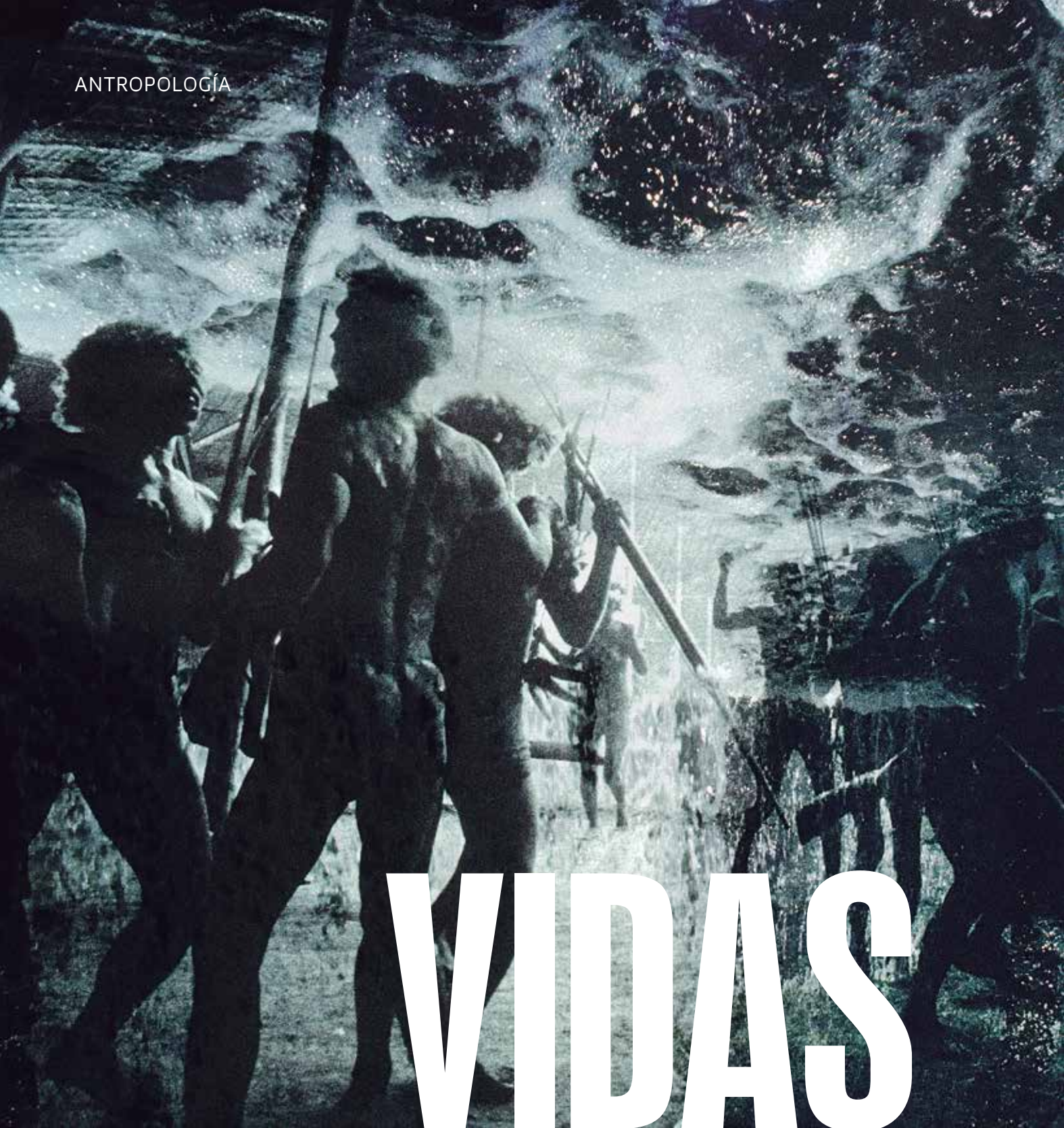
negro. Lo que procuramos responder es: ¿cuál fue el discurso? ¿Y su estrategia? ¿Cómo lograron imponerse y que se promulgue la ley de cupos?”, resume.

También hay brasileñistas que trabajan con la obra de grandes escritores o pensadores brasileños. Es el caso de Grauvó, que escribió varios artículos sobre Lima Barreto (1881-1922), y además publicó artículos sobre autores tales como Machado de Assis, Mário de Andrade (1893-1945) y Chico Buarque de Holanda. En Estados Unidos, la crítica literaria estadounidense Peggy Sharpe, de la Universidad del Estado de Florida, se dedica a investigar escritoras brasileñas, entre ellas Marina Colasanti, Adalzira Bittencourt (1904-1976), Júlia Lopes de Almeida (1862-1934) y Nísia Floresta (1810-1885). En Alemania, el teórico literario alemán Berthold Zilly acumula una extensa producción sobre Euclides da Cunha (1866-1909).

Otro tema que ha ido ganando terreno y actualmente atrae a muchos estudiosos es la cuestión ambiental, sobre todo desde la perspectiva de la ocupación de la Amazonia. “Los estudiantes de grado y de posgrado muestran un interés creciente por la cuestión amazónica”, dice Serbin. “La preocupación por la selva refleja la comprensión cada vez más generalizada de que lo que sucede en un lugar repercute en todo el planeta”, coincide Garmany. ■

Los artículos científicos y los libros consultados para la elaboración de este reportaje figuran en una lista en la versión *online* de la revista.

ANTROPOLOGÍA



VIDAS

Estudios etnográficos arrojan luz sobre las interpretaciones de pueblos amerindios como los yanomamis sobre las actividades oníricas

Christina Queiroz | PUBLICADO EN ENERO DE 2023



P

oco estudiados por la antropología hasta mediados de la década de 1990, los sueños han venido adquiriendo protagonismo. En los últimos años han aparecido nuevas interpretaciones de la actividad onírica de los pueblos amerindios, hasta hace poco escasamente conocidas. Los indígenas de la etnia Yanomami, por ejemplo, conciben los sueños como experiencias reales, que pueden causar efectos colectivos y modificar el rumbo de los acontecimientos. Esta concepción se opone a la del psicoanálisis, según la cual ese universo constituye una representación generada por el inconsciente psíquico individual. “Para los pueblos amerindios, la vida despierta y la onírica tienen la misma importancia. Investigaciones recientes apuntan a reflexionar sobre los sueños como acontecimientos repletos de consecuencias también en la vida de vigilia”, comenta el antropólogo Renato Sztutman, de la Universidad de São Paulo (USP), uno de los coordinadores de un dossier especial sobre el tema publicado en diciembre por la *Revista de Antropología*.

Según el investigador, la relevancia de los sueños para los indígenas americanos puede constataarse ya en las crónicas de los primeros expedicionarios europeos que arribaron a América en los albores de la colonización. Pese a ello, Sztutman dice que durante mucho tiempo, desde la antropología, los sueños fueron abordados en forma secundaria. “Por lo general, las investigaciones sobre las cosmologías indígenas pasan por la cuestión de los sueños, pero las etnografías específicas sobre sus universos oníricos aún son escasas”, subraya.

SOÑADAS

E

En los últimos años, sin embargo, este panorama se ha venido modificando y los sueños han ganado espacio en los estudios etnográficos, lo que ha hecho posible reanudar los debates al respecto de temas clásicos como la mitología y el chamanismo, que han pasado a ser indisociables de la actividad onírica. Para Sztutman, los nuevos estudios sobre las formas indígenas de soñar permiten ampliar las reflexiones propuestas por el médico neurólogo y creador del psicoanálisis Sigmund Freud (1856-1939) en *La interpretación de los sueños* (1900). En dicha obra, Freud realiza una revisión de la bibliografía sobre el tema partiendo de la Antigüedad y elabora su método de interpretación mediante el análisis de 50 sueños propios y cientos de otros relatos para arribar a la conclusión de que los sueños constituyen la realización disfrazada de deseos reprimidos.

Por otra parte, una idea en común subyacente en los diferentes artículos del dossier de la *Revista de Antropología*, según Sztutman, indica que, para los pueblos indígenas, la dimensión onírica no se entiende a partir de la teoría psicoanalítica, es decir como representación del deseo individual y como medio de acceso al inconsciente. “Los amerindios ven a los sueños como caminos hacia realidades inaccesibles durante la vigilia”, dice el investigador.

Esta idea forma parte de la manera en que los yanomamis conciben los sueños, según pudo detectar la antropóloga Hanna Limulja en su investigación doctoral defendida en 2019 en la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC) y publicada en el libro *O desejo dos outros: Uma etnografia dos sonhos yanomami* [El deseo de los otros. Una etnografía de los sueños yanomamis] (Ubu Editora, 2022). Interlocutora del chamán y cacique Davi Kopenawa e investigadora de este pueblo desde 2008, Limulja transcribió y analizó más de 100 relatos oníricos de niños, jóvenes, varones, mujeres y ancianos que soñaban con cacerías, fiestas, mitos, parientes fallecidos y ausentes, lugares lejanos y desconocidos. Los testimonios fueron recabados en la comunidad de Pya ú, en la región Toototopi, situada en la Tierra Indígena Yanomami, cerca de la frontera de Brasil con Venezuela. Durante su investigación de campo, realizada entre noviembre de 2015 y febrero de 2017, esa zona estaba conformada por 10 comunidades vinculadas por lazos de parentesco cuya población total era de

748 personas. Por entonces, la comunidad Pya ú, con 154 habitantes, era la más numerosa de la región.

El primer contacto de Limulja con los yanomamis se remonta a 2008, cuando formó parte de un proyecto de educación intercultural de la organización no gubernamental Comissão Pró-Yanomami y otras iniciativas de formación docente. En aquella época, le relataba sus propios sueños a Kopenawa, quien siempre tenía una explicación para ellos. En el libro *A queda do céu* [La caída del cielo] (Companhia das Letras, 2015), un testimonio autobiográfico y manifiesto chamánico del líder indígena, escrito en coautoría con el antropólogo Bruce Albert, Kopenawa muchas veces afirma que los blancos “solo sueñan consigo mismos”, que duermen en “estado de espectro”, como un “hacha en el suelo”. Esto significa que los blancos quedan “prisioneros de sus propias historias personales, no viajan lejos y no hacen del sueño un instrumento de conocimiento sobre el mundo”, según escribe la antropóloga en el libro. A diferencia de los blancos, Limulja explica que los yanomamis consideran que soñar es ver lo invisible.

En la obra, la antropóloga relata que una de las formas del conocimiento yanomami pasa por el sueño, y explica que cuando un yanomami sueña, su cuerpo físico permanece echado en la hamaca, pero el *pei utupë*, una especie de imagen vital, se desprende y viaja por lugares que el soñador recorrió durante el día o por sitios desconocidos. En los sueños, ellos entienden que la imagen vital del individuo puede contactarse con parientes cercanos, lejanos y muertos, y todo lo que vivencian se considera como algo que sucedió o que puede llegar a suceder, con efectos en la vida de toda la comunidad.

“Los yanomamis saben que lo que vivencian en sueños es distinto a lo que viven en estado de vigilia. No obstante, aquello que experimentan soñando se considera tan importante como las experiencias de la vida despierta. Son formas complementarias de estar en el mundo y de relacionarse con este”, sostiene la antropóloga. Por ello, subraya Limulja, para esta etnia los sueños están relacionados con las otras personas y no con el propio yo. “Del mismo modo que el mundo está dotado de elementos que no podemos ver a simple vista, como por ejemplo el los esqueletos de los insectos o las estructuras microscópicas de una hoja, los ya-



Arriba y en las páginas precedentes, imágenes de la serie *Sonhos yanomami*, de Claudia Andujar, producida tan pronto como se demarcaron las tierras pertenecientes a este pueblo, en la década de 1990, y presentada en forma completa por primera vez en 2021

nomamis consideran que los sueños permiten ver mundos invisibles”, relaciona, y recuerda que los chamanes también logran tener acceso a otros universos mediante el uso de sustancias psicoactivas. También según Limulja, cada vez que se indagaba a los indígenas acerca de sus sueños, hacían referencia a mitos, lo que la llevó a establecer relaciones entre ambos. “Todos los mitos son soñados por ellos”, sostiene.

La antropóloga Manuela Carneiro da Cunha, de la Universidad de Chicago y de la USP, considera que la obra de Limulja puede leerse como una adenda del libro *A queda do céu*, de Kopenawa y Albert. “El libro de Limulja revela el costado doméstico y cotidiano de una aldea yanomami, al mostrar cómo sueñan y qué sueñan las personas comunes que no han entrado a la exigente carrera chamánica. El mundo de las mujeres y de los niños ocupa un lugar con más relieve que el habitual y, en ese sentido, este trabajo constituye un complemento al relato de Helena Valero, una niña raptada por los yanomamis en la década de 1930 que vivió tres décadas entre ellos, período en el cual se casó y tuvo hijos”, comenta. La antropóloga también cita como ejemplar y didáctico el trabajo realizado por la autora para describir su propio itinerario y su experiencia de investigación. “La labor comienza con un tema un tanto vago e impreciso. Luego va cobrando forma, a medida que ella deja de lado las preguntas directas y va elaborando otras formas fructíferas para que los yanomamis hablen del tema, hasta llegar a una etapa en la que la convivencia se disfruta sin obstinarse en el tema central”, dice.

“Mientras que Freud sostenía que los sueños representaban deseos reprimidos, Limulja argumenta que los sueños yanomamis son acontecimientos

que manifiestan el deseo de los otros. Dicho de otra manera, cuando se sueña, una parte de la persona, su “doble”, se sale y se encuentra con seres que pueblan otros mundos que hasta entonces permanecían invisibles. Esto representa una inversión de las concepciones psicoanalíticas”, analiza Szutman, de la USP. Según él, el trabajo de Limulja forma parte de un campo floreciente de los estudios recientes sobre los sueños que no se circunscribe solamente a la antropología. En este movimiento, destaca los textos del líder indígena y filósofo Ailton Krenak, así como los trabajos del neurocientífico Sidarta Ribeiro, de la Universidad Federal de Rio Grande do Norte (UFRN). Asimismo, menciona la investigación que llevó a cabo la antropóloga francesa Nastassja Martin, especializada en los pueblos aborígenes del extremo norte, entre ellos el pueblo Even, que habita en la península de Kamchatka, en Siberia, cuyos integrantes sueñan con la naturaleza en forma de personas y consideran que el universo onírico brinda acceso a una “dimensión anímica del mundo”. La investigadora francesa estudia los sueños de esas poblaciones para identificar, por ejemplo, cómo perciben el cambio climático. “Tal como sostienen Kopenawa y Limulja, es necesario dejar de soñar solamente con uno mismo para poder viajar más lejos y abrirse a múltiples mundos”, culmina el antropólogo. ■

Libro

LIMULJA, H. *O desejo dos outros: Uma etnografia dos sonhos yanomami*. São Paulo: Ubu Editora, 2022.

Dossier

SHIRATORI, K. *et al.* (comp.). Novas perspectivas sobre os sonhos ameríndios: Uma apresentação. *Revista de Antropologia*. 65(3). nov. 2022.



PUBLICADO EN MARZO DE 2023

Una mirada diferente sobre los árboles

Si pudiéramos ver la luz en el rango infrarrojo del espectro luminoso, a los árboles los veríamos así: rojos. Pero no todos ellos son iguales. En la imagen captada en la isla de Cardoso, frente a la costa del estado de São Paulo, en Brasil, el manglar se ve más grisáceo mientras que la flora de la restinga aparece en colores más vivos. Esto refleja, en parte, la densidad de la organización de las hojas. El grupo del oceanógrafo Luis Americo Conti utiliza imágenes obtenidas por un dron con alta capacidad de resolución, en las que cada pixel mide unos dos centímetros, para analizar la estructura de la vegetación de distintos puntos de la costa del país. Es una forma de monitorear las características y la degradación de estos ecosistemas.

Imagen enviada por Luis Americo Conti, de la Escuela de Artes, Ciencias y Humanidades de la Universidad de São Paulo

