

TAPA

La danza de la lluvia


La escasez de agua que alarma a Brasil tiene relación íntima con las selvas

TEXTO **Maria Guimarães** FOTOS **Léo Ramos**

PUBLICADO EN DICIEMBRE DE 2014

Alteraciones en el volumen y en la periodicidad de las precipitaciones y un mal uso de los acuíferos se encuentran entre los factores que secan las cañerías en regiones de Brasil





La Amazonia no es solamente la mayor selva tropical que queda en el mundo. Esa vasta extensión de verde entrecortado por ríos serpenteantes de diversos tamaños y colores tampoco se ciñe a ser el hábitat de una increíble diversidad de flora y fauna. La selva amazónica también es un motor capaz de alterar el sentido de los vientos y una bomba que extrae agua del aire sobre el océano Atlántico y del suelo, haciéndola circular por América del Sur, provocando en lejanas regiones las lluvias que hoy anhelan los paulistas. Pero el funcionamiento de esa bomba depende de la conservación de la selva, cuya porción brasileña, hasta 2013, perdió 763 mil kilómetros cuadrados (km²) de su superficie original, el equivalente a tres estados de São Paulo. El investigador Antonio Donato Nobre, del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (Inpe, por sus siglas en portugués) no apunta hacia ningún culpable. Lo que importa, en su opinión, es revertir ese proceso, para lo cual no sólo hay que acabar con el desmonte, sino también recuperar la selva. En el informe *O futuro climático da Amazônia*, divulgado a finales del mes de octubre, Nobre deja en claro que el único motivo por el cual no se tomaron medidas inmediatas para reducir el desmonte es el desconocimiento de lo que sabe la ciencia. Para él, el camino consiste en la concientización de la población. “Ahora es un buen momento porque los grifos se están secando”, afirma.

En el informe, elaborado a partir del análisis de alrededor de 200 trabajos científicos, el investigador revela que cada día, la selva de la cuenca amazónica transpira 20 mil millones de toneladas de agua (20 billones de litros). Es una cifra mayor que las 17 mil millones de toneladas que vierte diariamente el río Amazonas en el Atlántico. Ese río vertical es el que alimenta a las nubes y ayuda a alterar la ruta de los vientos. Nobre explica que los mapas de los vientos sobre el Atlántico muestran que, en el hemisferio sur y a bajas alturas, el aire se desplaza hacia el noroeste en dirección hacia el ecuador. “En la Amazonia, la selva desvía ese orden”, dice. “En determinada parte del año, los vientos alisios cargados de humedad llegan desde el hemisferio norte y convergen hacia el oeste/sudoeste, internándose en América del Sur”.

Esa circulación viola un paradigma meteorológico que sostiene que los vientos deberían soplar desde las regiones con superficies más frías hacia aquellas con superficies más cálidas. “En la Amazonia, durante todo el año circulan desde zonas cálidas –el Atlántico ecuatorial– hacia zonas frías, en este caso, la selva”, explica. Un trabajo conjunto con los rusos Anastasia Makarieva y Víctor Gorshkov, del Instituto de Física Nuclear de Petersburgo, ha ayudado a explicar, desde el punto de vista físico, los fenómenos meteorológicos en la Amazonia. En un artículo publicado en febrero de 2014 en *Journal of Hydrometeorology*, los científicos afirman, basados en análisis teóricos confirmados por observaciones empíricas, que el desmonte altera los estándares de presión y puede ocasionar una disminución de los vientos cargados de humedad provenientes del océano hacia el continente. El grupo analizó los datos registrados en 28 estaciones meteorológicas de dos áreas de Brasil y observó que los vientos que provienen de la selva amazónica cargan más humedad y se asocian con mayores índices de lluvias que los vientos originados en áreas sin selva que llegan a una misma estación.

Eso ocurre, a juicio de los investigadores, a causa de la bomba biótica de humedad, una teoría propuesta por el dúo ruso en 2007 para explicar la dinámica de los vientos impulsados por las selvas. Dicha concepción completa la descripción realizada por el climatólogo José Antonio Marengo, por ese entonces investigador del Inpe, sobre cómo exporta lluvias la Amazonia hacia regiones más meridionales de Sudamérica. La teoría de la bomba biótica aplica una física heterodoxa a la meteorología y postula que la condensación del agua, favorecida por la transpiración de la selva, reduce la presión atmosférica que atrae a las corrientes de aire cargadas de agua desde el mar hacia la tierra.

Los principios de la influencia de la condensación sobre los vientos fueron presentados en un artículo publicado en 2013 por Makarieva y Gorshkov, en un trabajo conjunto con Nobre y otros colaboradores, en la revista *Atmospheric Chemistry and Physics*, una de las más importantes del sector. Valiéndose de una serie de ecuaciones, los científicos revelan que el vapor de agua arrojado a la atmósfera por la transpiración de la selva

genera, al condensarse, un flujo capaz de impulsar a los vientos a grandes distancias. De acuerdo con Nobre, la nueva física de la condensación que postularon generó, incluso durante la revisión del artículo, una controversia con los meteorólogos, que debatieron furiosamente el tema en los *blogs* científicos con la intención de refutar la principal ecuación del trabajo. No lo consiguieron y el trabajo fue publicado. El investigador del Inpe explica esa polémica. “Se trata de una física que le adjudica a la condensación, un fenómeno básico y central en el funcionamiento atmosférico, un efecto opuesto al que ostentaba”, dice. “Habrá que reescribir los manuales del área”.

Para brindar una dimensión de la dificultad del diálogo entre físicos teóricos y meteorólogos, Nobre recuerda que la física desarrolla una comprensión de los fenómenos atmosféricos a partir de las leyes fundamentales de la naturaleza, mientras que la meteorología lo hace, en gran medida, basándose en la observación de patrones climáticos del pasado, cuya estadística alimenta modelos matemáticos. Tales modelos representan adecuadamente las fluctuaciones climáticas observadas, pero presentan fallas cuando surgen alteraciones significativas en el modelo.

Eso es lo que sucede ahora, cuando un nuevo contexto –causado por el desmonte, alteraciones globales del clima u otros factores– genera fenómenos climáticos inesperados para ciertas regiones, tales como lluvias más torrenciales y sequías más prolongadas. La teoría física acierta donde las extrapolaciones del pasado se equivocan, por eso es necesaria, a su juicio, la construcción de nuevos modelos climatológicos que reubiquen a la física en el centro de los desvelos de la meteorología.

El momento actual es crucial, pues el clima amazónico está modificándose. Sequías importantes en esa región signaron los años 2005 y 2010. “Antes la Amazonia tenía una estación húmeda y otra más húmeda, ahora hay una estación seca”, dice Nobre. Los daños causados por esas sequías en la selva no la aniquilaron porque ésta logra regenerarse, pero la progresiva acumulación de daños erosiona dicha capacidad. Un efecto importante que ya se percibe, previsto hace 20 años por los modelos climáticos, es una prolongación de la estación seca, que ha perjudicado la producción agrícola en ciertos sectores del estado de Mato Grosso. Lo que preocupa enormemente es que se llegue a un punto sin retorno, en el cual la selva ya no logre producir lluvia suficiente ni siquiera para abastecerse a sí misma. Los pronósticos que tienen en cuenta el clima y la vegetación indican que ese punto se alcanzará cuando se pierda el 40% del área original de la selva, una cifra sobre la cual no existe un consenso. Según el informe

de Nobre, el 20% de la selva ya ha sido talada y otro 20% fue alterado a punto tal de haber perdido parte de sus propiedades.

Si la teoría de la bomba biótica estuviera en lo cierto, los efectos causados por ese punto sin retorno serían más graves que la sabanización propuesta por el climatólogo Carlos Nobre, hermano mayor de Antonio. “Si la selva perdiera la capacidad de atraer la humedad del océano, las lluvias en la región pueden cesar por completo”, dice el menor de los Nobre. Sin agua como para sostener una sabana, el resultado podría derivar en una desertificación de la Amazonia. Si eso llegara a ocurrir, el escenario que él avizora para el sur y sudeste del país podría ser similar al de otras regiones ubicadas en la misma latitud: transformarse en un desierto.

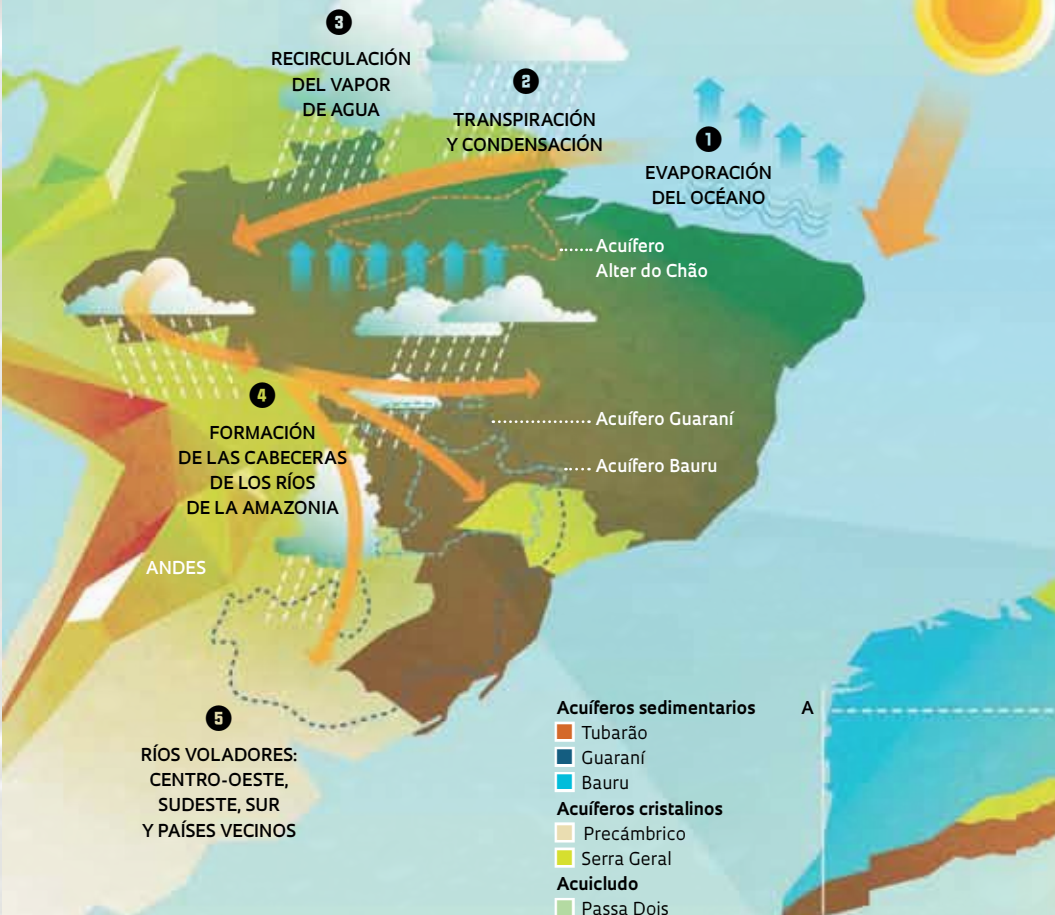
Antonio Nobre no se anima a hablar demasiado con respecto a São Paulo. “Mi informe se refiere a la Amazonia”. Pero considera que la sequía registrada aquí no es independiente de lo que ocurre en el norte. Y opina que fue posible devastar buena parte del bosque atlántico sin que se note una reducción en las lluvias porque la Amazonia era capaz de suplir la falta de agua en la atmósfera local. Pero eso parece que ya no sucede, y aprovecha la ocasión para sugerir que no sólo la selva amazónica, sino también la que cubría el litoral de casi todo Brasil necesita recuperarse inmediatamente. Si no fuera por otro motivo, al menos el agotamiento al que llegaron las represas que surten a buena parte de la población paulista debería bastar como argumento.

La exportación de agua desde la Amazonia hacia otras regiones de Brasil, sobre todo hacia el sudeste y el sur, constituye una realidad basada en el fenómeno denominado ríos voladores. Un indicio de esa conexión directa fueron las intensas lluvias en el sudoeste de la Amazonia al comienzo de 2014, prácticamente el doble del volumen habitual, mientras São Paulo atravesaba el peor momento de una sequía histórica. “La lluvia quedó restringida a los estados de Rondônia, Acre y la vecina Bolivia, a causa de un bloqueo atmosférico, algo similar a una burbuja de aire que impedía el paso de la humedad. Eso generó una estabilidad atmosférica, inhibiendo la formación de lluvias y elevando las temperaturas”, comenta Marengo, actualmente investigador del Centro Nacional de Monitoreo y Alerta de Desastres Naturales (Cemaden). Él es coautor de un artículo liderado por Jhan Carlo Espinoza, del Instituto Geofísico de Perú, que está en proceso de publicación en *Environmental Research Letters* y forma parte de los resultados del programa Green Ocean (GO) Amazon, que cuenta con apoyo de la FAPESP.

Sin embargo, no es posible afirmar cuánto de esa relación determina la sequía paulista. “Toda-

Recorridos hasta el grifo

Fuentes aéreas, superficiales y subterráneas se suman para el abastecimiento



RÍOS VOLADORES

La selva amazónica se extiende sobre una inmensa cantidad de agua, el acuífero Alter do Chão. Su vegetación absorbe la humedad del subsuelo y del océano y la expulsa en forma de vapor hacia la atmósfera, generando corrientes aéreas que exportan lluvias lejos

ACUÍFEROS DE SÃO PAULO

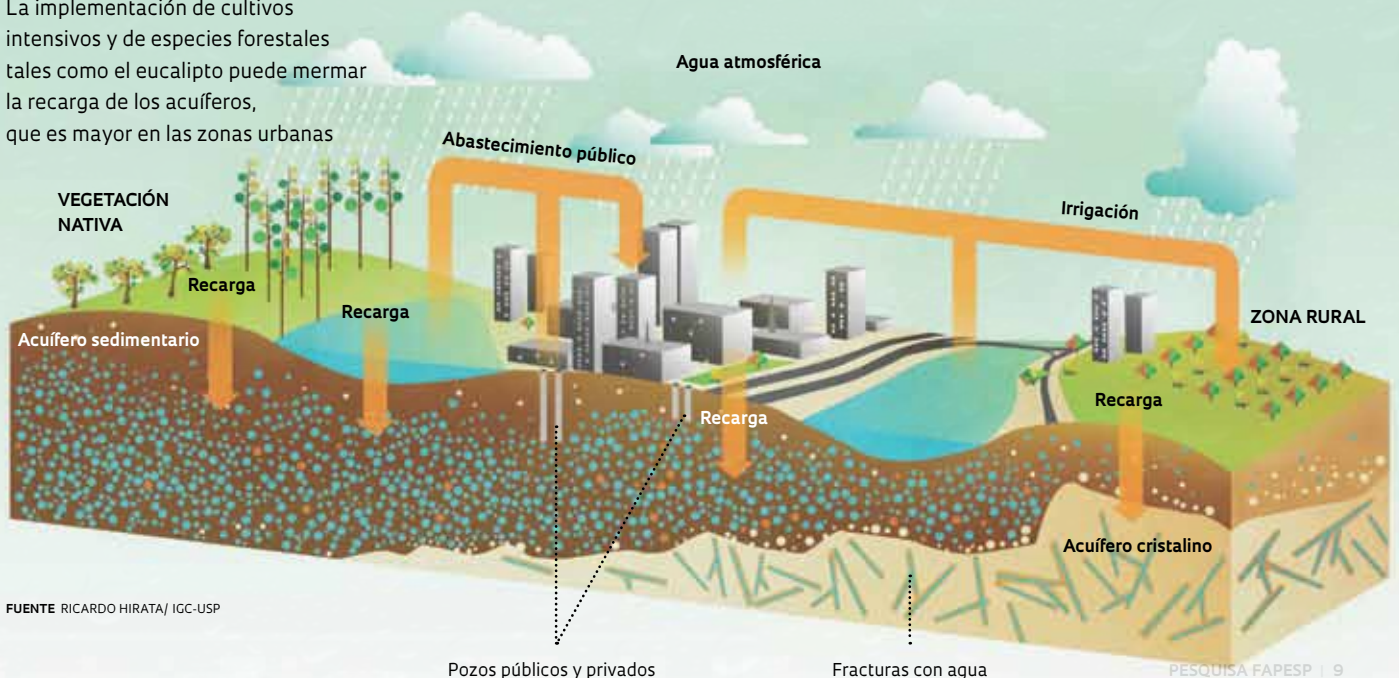
La superposición de fuentes subterráneas en el estado constituye un ejemplo de la complejidad del sistema, utilizado como fuente total o parcial de agua en el 75% de los municipios



- Acuíferos sedimentarios**
 - Tubarão
 - Guaraní
 - Bauru
- Acuíferos cristalinos**
 - Precámbrico
 - Serra Geral
- Acuicludo**
 - Passa Dois

EN EL CAMPO Y EN LAS CIUDADES

La presencia de selva nativa resulta esencial para la salud de los manantiales. La implementación de cultivos intensivos y de especies forestales tales como el eucalipto puede mermar la recarga de los acuíferos, que es mayor en las zonas urbanas



FUENTE RICARDO HIRATA/ IGC-USP



vía no se ha logrado calcular que porcentaje de las lluvias del sudeste provienen de la Amazonia ni cuánto llega aquí proveniente de los frentes fríos del sur, a través de la humedad transportada por la brisa marina o por la evaporación local”, dice. En su opinión, la deforestación podría tener un impacto a largo plazo, pero aún es imposible determinar si está relacionada con la sequía actual. “Puede que el sudeste no se convierta en un desierto”, pondera, “pero los extremos climáticos podrían tornarse más intensos”. Los estudios que utilizan los modelos climáticos elaborados por el grupo de Marengo ya preveían una redistribución del total de lluvias, con un volumen muy grande en pocos días y sequías más prolongadas, algo que ya se ha observado en el sudeste y en el sur del país en los últimos 50 años.

Más allá de ese efecto a distancia, a escala nacional, la relación entre la vegetación y los recursos hídricos también ocurre en el plano local, según el ingeniero agrónomo Walter de Paula Lima, docente de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) de la Universidad de São Paulo (USP) y coordinador científico del Programa Cooperativo de Monitoreo Ambiental en Microcuencas (Promab) del Instituto de Investigaciones y Estudios Forestales. En sus estudios sobre el efecto de las selvas (o su remoción) en microcuencas hidrográficas, De Paula Lima reveló que la selva ribereña o bosque en galería que acompaña los cursos de agua ayuda a mantener saludables los pequeños ríos. “El sistema Cantareira, que abastece a São Paulo, está integra-

do por miles de microcuencas”, relata. “Aquellas que se encuentran más degradadas no aportan al manantial”. No obstante, tal análisis carece de datos experimentales concretos. Según De Paula Lima, para conocer exactamente el efecto de los bosques en galería sobre los manantiales sería necesario estudiar una microcuenca experimental donde se pueda medir las propiedades de los cursos de agua con y sin la protección de la selva, sin que haya otros factores implicados. Un escenario prácticamente inalcanzable.

El biólogo Ricardo Ribeiro Rodrigues, de la Esalq, experto en recuperación de bosques nativos, relata un experimento práctico que refuerza la importancia de preservar las selvas ribereñas para el mantenimiento de los recursos hídricos. Cuenta que hace 24 años, el agua desapareció de la microcuenca de Iracemápolis, una localidad del interior paulista. La gobernación buscó ayuda en la Esalq, y el grupo de Ribeiro Rodrigues implementó un proyecto de conservación del suelo de la microcuenca y de recuperación del bosque en galería que debería hallarse ahí. “Hace poco fui y me llevé una sorpresa”, comenta el investigador. El nivel de la represa se encuentra algo más bajo, pero cuenta con agua suficiente como para continuar abasteciendo a Iracemápolis, cuya población se triplicó durante el período. “Toda la región padece problemas por falta de agua, pero Iracemápolis no”.

Las selvas afectan la salud de los recursos hídricos debido a su influencia sobre las lluvias, pero también reviste importancia su relación con

Ríos voladores: las corrientes de vapor de agua que se forman sobre la selva amazónica exportan lluvias hacia la región sur de Brasil

Las selvas tienen efectos sobre los recursos hídricos debido a su influencia en las lluvias y en la recarga de las napas subterráneas

las aguas subterráneas. El ingeniero Edson Wendland, docente del Departamento de Hidráulica y Saneamiento de la USP de São Carlos, estudia precisamente lo que ocurre con la recarga del acuífero Guaraní cuando se sustituye al cerrado por pasturas o cultivos tales como caña de azúcar, cítricos o eucalipto. El trabajo se llevó a cabo en la cuenca del Ribeirão da Onça, en el municipio de Brotas, del interior paulista, que se encuentra en estudio desde los años 1980.

Valiéndose de pozos de monitoreo y estaciones climáticas, la idea consiste en describir, antes que ahí no quede vegetación autóctona del cerrado, cómo se produce la recarga del acuífero Guaraní bajo diferentes regímenes de utilización del suelo. “No se puede administrar lo que no se conoce”, dice Wendland al respecto de una de las fuentes de agua subterránea más importantes de Brasil. El acuífero es un estrato poroso de rocas en el cual se infiltra el agua de las lluvias, que luego se libera lentamente hacia los ríos. Esa diferencia de tiempo entre el abastecimiento y la descarga, como consecuencia del lento desplazamiento del agua en el medio subterráneo, es lo que le garantiza la permanencia a los ríos, que dependen de esa economía hídrica.

El grupo de Wendland ha demostrado, por ejemplo, que la disponibilidad de agua disminuye cuando se sustituyen los pequeños árboles retorcidos del cerrado o sabana, adaptados a la vida bajo estrés hídrico, por eucaliptos, que consumen bastante agua y en pocos años alcanzan el tamaño de corte. Mediciones efectuadas entre 2004 y 2007 revelan que los índices de recarga exhiben una relación íntima con la intensidad de las precipitaciones y el tamaño de los cultivos agrícolas en esa región donde el cerrado se encuentra prácticamente extinto, según se informa en un artículo aceptado para su publicación en *Anais da Academia Brasileira de Ciências*.

Con todo, esto no significa que los eucaliptos sean absolutos villanos. El impacto de los árboles de gran porte depende, en parte, de la profundidad del acuífero en el punto en que están plantados. A juicio de De Paula Lima, los más de 20 años de monitoreo continuo realizado por el Pro-mab demostraron que la relación entre especies forestales y el agua no es constante. “Allí donde la disponibilidad es crítica, un nuevo elemento podría secar las microcuencas”, explica. “Pero donde el balance hídrico y climático es bueno, la merma del agua no se siente”. Tales conclu-

siones dejan en claro que se necesita determinar las zonas donde se puede plantar y donde esa práctica resultaría nociva, una planificación que no existe en Brasil.

Para Wendland, la importancia de comprender la relación entre el cerrado y los acuíferos resulta crucial, pues las cabeceras de la mayoría de las grandes cuencas hidrográficas del país se encuentran en los dominios de ese bioma. Más allá de su relevancia como recurso hídrico, algunas de esas cuencas –del Paraná, del Tocantins, del Parnaíba y del São Francisco– son las principales proveedoras de agua para la generación de energía eléctrica en Brasil.

En poco más de medio siglo, la mitad del área del cerrado fue talada, cediéndole su lugar a las actividades agrícolas. Para evaluar el efecto de dicha alteración en el uso del suelo sobre la disponibilidad hídrica, el doctorando Paulo Tarso de Oliveira, del grupo de São Carlos, efectuó un estudio utilizando los datos del monitoreo remoto en toda el área que ocupa el bioma. Por medio de los sensores, se puede evaluar no sólo la alteración de la vegetación, sino también calcular las precipitaciones, los índices de evapotranspiración por las plantas y estimar la variación en el almacenamiento del agua. Según un artículo publicado en septiembre de 2014 en la revista *Water Resources Research*, los datos indican una reducción del escurrimiento a causa de actividades agrícolas intensivas.

El desmonte y el uso agrícola del suelo son importantes, pero Wendland sostiene que el mayor problema actual para la recarga del acuífero es la disminución de las lluvias. “El acuífero suple la falta de precipitaciones durante dos o tres años, luego ya no logra mantener el escurrimiento básico en los ríos”, dice. En los últimos años, las precipitaciones de la estación lluviosa se ubicaron por debajo del promedio, lo cual confirma los resultados observados. También explica, según él, fenómenos alarmantes tales como el agotamiento de la cabecera principal del río São Francisco, que se secó durante un lapso de alrededor de tres meses y recién volvió a manar al final de noviembre.

El desafío de administrar las aguas subterráneas, que representan un 98% del agua dulce del planeta, presenta otras particularidades en las zonas urbanas, donde puede llegar a ser un recurso crucial. Según el geólogo Ricardo Hirata, del Instituto de Geociencias (IGC) de la USP, un 75% de los municipios paulistas se abastece en parte o completamente con esas aguas. Eso incluye a importantes ciudades del estado, entre las que se destaca Ribeirão Preto, donde surten al 100% de los más de 600 mil habitantes. A escala nacional, otras ciudades que se abastecen

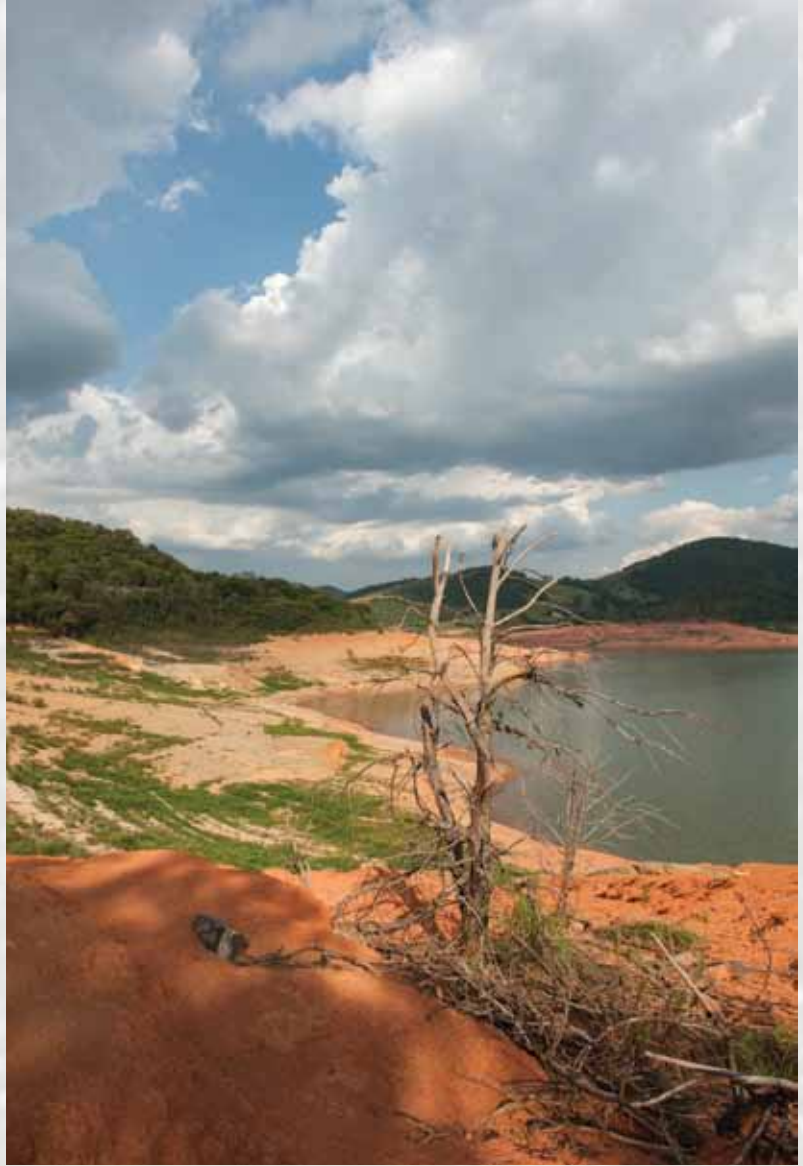
completamente mediante aguas subterráneas son Juazeiro do Norte, en el estado de Ceará, Santarém, en Pará, y Uberaba, en Minas Gerais, según informa el libro *Águas subterráneas urbanas no Brasil*, en proceso de publicación a cargo del IGc y del Centro de Investigaciones en Aguas Subterráneas (Cepas).

Lo sorprendente es que las pérdidas de agua en el abastecimiento público de las ciudades vayan a parar al acuífero. “La impermeabilización del suelo reduce la penetración del agua de lluvia, pero las pérdidas compensan y superan esa merma y el saldo es una recarga mayor donde hay ciudades, en comparación con otras áreas”, explica Hirata. “Si analizamos el agua de cualquier pozo en São Paulo, una mitad provendrá del acuífero y la otra, de la compañía de abastecimiento, la Sabesp”. Hirata estima que la capital paulista cuenta con casi 13 mil perforaciones, todas particulares, y muchas ilegales. “Hay leyes para la administración de ese recurso, pero no se cumplen”, comenta.

Un problema que se genera en las ciudades es la contaminación de los acuíferos con nitrato, debido a las pérdidas en el sistema de cloacas. Como el saneamiento es caro, los pozos afectados terminan abandonados. En las ciudades donde se los utiliza para el abastecimiento público, la solución consiste en mezclar agua contaminada con la de pozos limpios, para que la calidad final sea aceptable. “En Natal ya no hay agua suficiente para mezclar”, advierte Hirata. Las napas constituyen la fuente del 70% del agua en la capital del estado de Rio Grande do Norte.

Otro tipo de contaminación importante es la proveniente de la industria, tal como la que causan los solventes organoclorados. El geólogo Reginaldo Bertolo, también del IGc y director del Cepas, estudia cómo se comporta ese contaminante en el acuífero que se encuentra en el subsuelo de Jurubatuba, en la zona sur paulistana, una región industrial desde los años 1950. “Se trata de un contaminante con comportamiento complejo en el acuífero”, comenta. En esa roca dura, donde el agua se desplaza a través de fracturas, ese compuesto más denso que el agua se hunde y sólo se detiene cuando llega a un estrato impermeable. “Son productos tóxicos y carcinógenos”. La contaminación impide el uso del agua subterránea en una región donde existe una fuerte demanda.

En forma conjunta con científicos de la Universidad de Guelph, en Canadá, el grupo de Bertolo está mapeando esos contaminantes para comprender cómo se comportan y plantear estrategias para eliminarlo del acuífero. Para ello, el próximo paso consiste en la utilización de un sistema desarro-



llado por los canadienses para la extracción de muestras de la roca e instalación de perforaciones de monitoreo especiales. “Esos dispositivos permiten recoger agua en más de 20 fracturas diferentes en una misma perforación”, afirma. “Desarrollaremos un modelo matemático para reproducir lo que sucede y elaborar pronósticos”.

El geólogo advierte que es importante mapear mejor las napas subterráneas y analizar su calidad, porque es un recurso que podría resultar complementario en las ciudades. “El agua subterránea es un recurso poco conocido”. La ingeniera Monica Porto, de la Escuela Politécnica de la USP, no cree que se pueda expandir demasiado el uso de esas napas en la Región Metropolitana de São Paulo. Y opina que, para rebasar los alrededor de 10 metros cúbicos por segundo (m^3/s) que se extraen de los miles de pozos existentes, se necesitarían miles de nuevas perforaciones. “Pero esos 10 m^3/s no pueden faltar, debemos cuidarlos”.

La ingeniera, quien ya ocupó la presidencia y todavía integra el consejo consultivo de la Asociación Brasileña de Recursos Hídricos, medita

Al final de noviembre, el sistema Cantareira tenía agua en la represa Paiva Castro (a la derecha), mientras la sequía era evidente en el Jacaré/ Jaguarí



maneras de garantizarle la seguridad hídrica a la población. La falta de agua es efectivamente una de las cosas más graves que pueden ocurrir en una ciudad. “Estamos obligados a trabajar con una probabilidad de fallo muy baja”. Según ella, en 2009 el gobierno paulista le encargó a una empresa consultora un estudio sobre lo que debería hacerse para garantizar el abastecimiento de agua. El estudio estuvo listo en octubre de 2013, cuando ya se padecía la más importante crisis hídrica de la historia del estado. Porto explica que resulta imposible contemplar al Gran São Paulo en forma aislada, porque ya no hay de dónde sacar agua sin disputarla con los vecinos. Por eso, el estudio abarca a la megametrópolis, que engloba más de 130 municipios y una población de 30 millones de personas.

Las obras necesarias para la mejora de la seguridad hídrica ya han comenzado, con la implementación de un sistema destinado extraer agua del río Juquiá, en Vale do Ribeira, que estará listo en 2018. La construcción de las represas de Pedreira y Duas Pontes, que abastecerán a la región de Campinas, atraviesa la etapa de obtención de permiso ambiental. “Manaos y Campinas son las únicas ciudades de Brasil con más de un millón de habitantes que no cuentan con reservorio de agua”, comenta Porto. No le hace falta a Manaos, a orillas del río Amazonas, pero sí a Campinas, que depende del sistema Cantareira. Ella, que en su hogar “hace de tripas corazón” para ahorrar agua, sostiene que la crisis actual es importante para concientizar a la población acerca de la necesidad de disminuir el consumo.

También subraya la importancia del conjunto de disposiciones que deberá revisarse con carácter de emergencia. “Tendremos que aprender mediante el padecimiento”, dice Porto, quien habitualmente bromea que es mejor que no llueva demasiado para que la instructiva crisis no quede en el olvido. “No obstante, si no llueve mucho, y pronto, voy a dejar de bromear: tiene que llover” ■

Proyectos

1. Comprensión de las causas de las tendencias que determinan el inicio de la estación lluviosa en la Amazonia sobre los modelos climáticos utilizando observaciones del GoAmazon y de las lluvias (nº 13/ 50538-7); **Investigador responsable** José Antonio Marengo Orsini (Cemaden); **Modalidad** Ayuda Regular al Proyecto de Investigación –GoAmazon; **Inversión** R\$ 57.960,00 (FAPESP).
2. Establecimiento de un modelo conceptual hidrogeológico y de transporte y destino de compuestos organoclorados en el acuífero fracturado de la región de Jurubatuba, São Paulo (nº 13/ 10311-3); **Investigador responsable** Reginaldo Antonio Bertolo (IGC-USP); **Modalidad** Ayuda Regular al Proyecto de Investigación; **Inversión** R\$ 502.715,27 (FAPESP).

Artículos científicos

- MAKARIEVA, A. M. *et al.* Why does air passage over forest yield more rain? Examining the coupling between rainfall, pressure and atmospheric moisture content. **Journal of Hydrometeorology**. v. 15, n. 1, p. 411-26. feb. 2014.
- MAKARIEVA, A. M. *et al.* Where do winds come from? A new theory on how water vapor condensation influences atmospheric pressure and dynamics. **Atmospheric Chemistry and Physics**. v. 13, p. 1039-56. 25 ene. 2013.
- ESPINOZA, J. *et al.* The extreme 2014 flood in South-western Amazon basin: The role of tropical-subtropical South Atlantic SST gradient. **Environmental Research Letters**. En prensa.
- WENDLAND, E. *et al.* Recharge contribution to the Guarani Aquifer System estimated from the water balance method in a representative watershed. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. En prensa.
- OLIVEIRA, P. T. S. *et al.* Trends in water balance components across the Brazilian Cerrado. **Water Resources Research**. v. 50, n. 9, p. 7100-14. sept. 2014.

> **Vea los videos**
en nuestro sitio web:
revistapesquisa.fapesp.br