

La Amazonia en tres dimensiones

Mapas tridimensionales describen la estructura de la selva y facilitan el monitoreo de los impactos de la fragmentación en la vegetación nativa

Carlos Fioravanti, desde Manaus

PUBLICADO EN MARZO DE 2013



L

os árboles aparecen en rojo, amarillo u otros colores brillantes, como si cada uno de ellos hubiera sido pintado a mano, en los mapas adosados junto a los artículos científicos e invitaciones a seminarios en la galería del edificio del Proyecto Dinámica Biológica de Fragmentos Forestales (PDBFF) en el Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonia (Inpa), en Manaus. La técnica que

posibilitó la elaboración de los mapas –LiDAR (Light Detection and Ranging), que registra la variación de la luz reflejada por los árboles– está facilitando bastante el trabajo de los científicos del más antiguo programa de monitoreo de selvas tropicales de Brasil y uno de los más antiguos del mundo. El programa, que se inició en 1979 con el propósito de conocer el impacto ocasionado por la construcción de carreteras y el avance agropecuario sobre la selva amazónica, controla la evolución de 11 áreas de selvas fragmentadas, además de las áreas continuas adyacentes que sirven como control, para efectos comparativos, sumando mil kilómetros cuadrados (km²) de selva con árboles de hasta 55 metros de altura.

Hasta hace pocos años, la única forma de obtener información exhaustiva sobre la composición y los cambios en la selva consistía en viajar varias horas por caminos de tierra y afrontar lluvias, calor, mosquitos y hongos hasta arribar a las áreas de estudio, algunas ubicadas a 80 kilómetros de Manaus. “Evidentemente, esta nueva técnica no resolverá todos nuestros problemas, ni evitará los reconocimientos de campo,

La selva, vista desde la Estación Espacial Internacional: 150 kilómetros del río Amazonas, sus afluentes, las numerosas lagunas y las tierras inundables que lo circundan

Un mosaico de paisajes

Un programa estudia la dinámica de las poblaciones de plantas y animales en 23 áreas de selva cercanas a Manaus

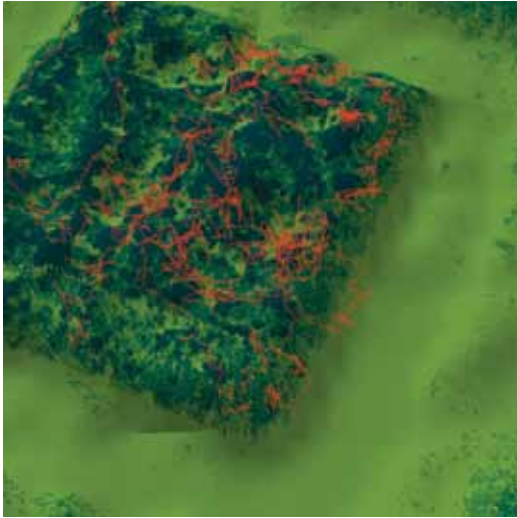


pero está ayudando bastante”, dice el ecólogo paulista José Luís Camargo, coordinador científico del PDBFF, un programa actualmente financiado por el Instituto Smithsonian y por el Inpa, en conjunto con agencias y fundaciones de apoyo a la investigación científica de Brasil y Estados Unidos. Mientras que las imágenes satelitales son bidimensionales, las del LiDAR son tridimensionales. Y se forman a partir de la luz reflejada por las copas de los árboles, que es captada por aviones que sobrevuelan las áreas en estudio. “Podemos mapear claros en la selva, que son importantes para el funcionamiento de la misma, y adquirir una buena noción del relieve que es el basamento de la vegetación”, dice Camargo.

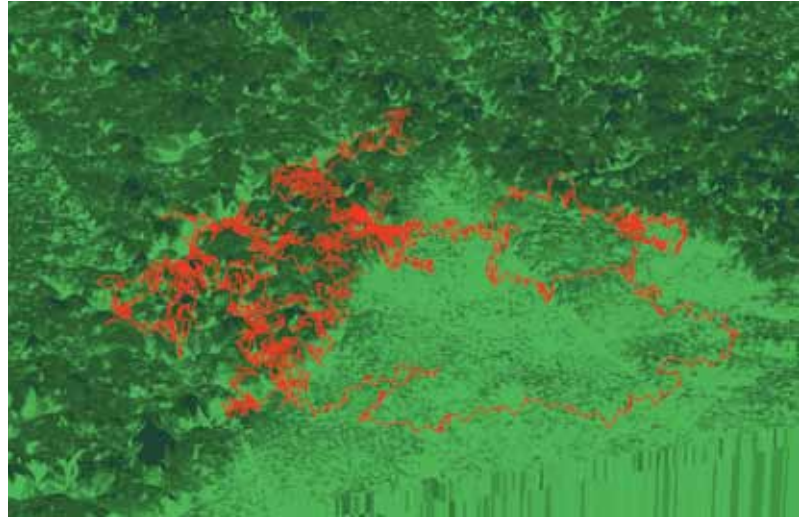
La técnica LiDAR, sola o combinada con otras técnicas de monitoreo remoto, puede aportar información detallada sobre la altura, la concentración y la distribución de árboles, e indicar qué grupos de animales habitan allí. Cuanto más enmarañada –o de estructura compleja, tal como dice Camargo– sea una selva, menor es la posibilidad de cobijar grupos específicos de aves y murciélagos, por ejemplo. En un estudio recientemente concluido en una de las áreas del proyecto, el biólogo brasileño Karl Mokross, de la Universidad del Estado de Louisiana, Estados Unidos, comprobó que las aves que habitan el sotobosque – la región ubicada debajo de la copa de los árboles – buscan insectos con los que alimentarse preferentemente en la selva primaria y raramente en la selva secundaria, también denominada en portugués *capoeira* [vegetación rozada o quemada para cultivo].

Además de las imágenes tridimensionales, el equipo del Inpa tomó prestada de la química una técnica de identificación de compuestos químicos denominada espectrografía por infrarrojo cercano, para clasificar a las plantas. Esta técnica se basa en el hecho de que las uniones químicas entre determinadas moléculas poseen frecuencias específicas de vibración, que son registradas por un dispositivo y expresadas en forma de gráfico. Utilizando este método, la bióloga Flávia Machado Durgante y otros investigadores del Inpa examinaron 159 hojas de 10 especies de árboles recogidas en un área de selva preservada cercana a Manaus y de las áreas de estudio del PDBFF, resguardadas en la colección del programa, que actualmente cuenta con 54 mil muestras de hojas y estructuras reproductivas (flores y frutos) de los árboles monitoreados. Luego obtuvieron lo que se denomina una firma espectral de cada especie y determinaron que esa técnica representa un método sencillo y poco costoso de identificación de las especies de plantas y de diferenciación de especies muy próximas, incluso cuando no se cuenta con las estructuras reproductivas tales como flores y frutos, que facilitan su reconocimiento por botánicos y ecólogos. En ese trabajo, que será publicado en marzo en la revista *Forest Ecology and Management*, el porcentaje de acierto promedio fue de un 96,6%. La bióloga Carla Lang comenzó a analizar las firmas

En pocos días, Lovejoy obtuvo la aprobación de los directores del Inpa y de la Suframa para comenzar el trabajo



Las bandadas de aves (en rojo) prefieren la selva primaria de un fragmento de 10 hectáreas (arriba) y raramente visitan la *capoeira* (en verde claro, ampliada a la derecha). Los verdes más oscuros representan la vegetación más alta



espectrales de hojas de árboles y de plántulas de una misma especie para establecer si existe coherencia entre ellas y, de haberla, esto facilitará el de por sí bastante difícil trabajo de identificar plántulas y prever la distribución de las especies en la selva.

LAS PRIMERAS ALIANZAS

Las técnicas de trabajo ahora disponibles representan cierto confort merecido para los investigadores del programa de estudios de la Amazonia, que comenzó a ser diseñado a mediados de la década de 1970 por dos biólogos estadounidenses, Thomas Lovejoy y David Conway Oren, ambos con varios años de experiencia en investigaciones de campo en la región. En aquella época el gobierno promovía la ocupación de las selvas del norte de Manaos con la ganadería. “Entonces le avisé a Lovejoy al respecto de la excepcional oportunidad de conversar con los propietarios, ingresar en la selva antes del desmonte y elaborar inventarios biológicos, algo que no se había hecho en Panamá”, recuerda Oren, un ornitólogo que trabajó en el Inpa, en el Museo Goeldi y en la Universidad Federal de Pará (UFPA), en Belém, y actualmente es coordinador de biodiversidad del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MCTI). Los biólogos no olvidaban que la construcción del canal de Panamá, finalizada en 1914, había aislado zonas de una selva tropical de la que sabían muy poco. A Lovejoy le agradó la idea y dijo que buscaría financiación.

Lovejoy se convirtió en portavoz del programa y una de las mayores autoridades mundiales en biodiversidad, siendo actualmente profesor de ciencia y política ambiental en la Universidad George Mason, en Estados Unidos. Un recorte de una página del periódico *A Província do Pará*, fechado el 7 de enero de 1979 y pegado en la galería de la sede del PDBFF, se refiere al entonces denominado Programa de Tamaño Mínimo Crítico de la Amazonia, con un costo anual previsto de

500 mil dólares y el apoyo del Inpa, del Instituto Brasileño de Desarrollo Forestal (IBDF), del cual surgió el Ibama, y de la Superintendencia de la Zona Franca de Manaos (Suframa). La definición del área mínima capaz de preservar efectivamente una selva, constituía una preocupación del gobierno brasileño y, asimismo, “un problema mundial”, argumentaba Lovejoy, entonces ligado al Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), la primera institución internacional en financiar ese trabajo.

Constituyó la época dorada del Inpa, bajo la dirección de Warwick Kerr. En sólo uno o dos días obtuve la aprobación del director y del jefe del Departamento de Ecología del Inpa, Herbert Schubart, y de la Suframa, que también se mostró consustanciada. Los propietarios rurales también colaboraron”, relató Lovejoy, recordando la creación de ese programa de investigaciones en la Amazonia. “Lo que hice fue, básicamente, acompañar a Rob [Richard Bierregaard, biólogo y primer coordinador científico del PDBFF, actualmente en la Universidad de Carolina del Norte, en Estados Unidos]: lo presenté ante la gente de Manaos y lo dejé trabajar. Rob trabó amistad con los propietarios rurales, que estaban satisfechos por participar en un trabajo que concitaba la atención de los medios”.

El programa preveía el aislamiento de áreas de selva con tamaños variables y el mapeo y monitoreo de árboles, insectos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. El objetivo consistía en observar cuáles especies perecen y cuáles sobreviven a medida que la selva merma. Era una forma de determinar el impacto de la fragmentación sobre la selva y los organismos que la constituyen. Aún hoy, la reducción del área de vegetación nativa, como resultado de la expansión de las carreteras, de la agricultura o de la ganadería, es una de las principales causas de pérdida de la biodiversidad en la Amazonia, la mayor selva tropical del mundo.

UNA BASE DE DATOS AMAZÓNICA

El trabajo de campo realizado a lo largo de 33 años, completados en 2012, resultó en una monumental base de datos sobre árboles y aves. Actualmente los investigadores vigilan el crecimiento de 45.376 árboles grandes y 178.295 árboles pequeños (con tronco menor a 10 cm de diámetro a la altura del pecho) en 55 hectáreas de selva continua y 39 hectáreas de selva fragmentada. “Estamos monitoreando una selva con una de las más diversas comunidades arbóreas del mundo”, dice Camargo. Además de los árboles, recientemente comenzaron a contabilizar las lianas. En el marco de un estudio recién terminado en 69 hectáreas, marcaron 33.154 lianas. “Generalmente, las lianas no son el objetivo de los estudios forestales, pero representan una porción importante de la biomasa y de la diversidad de una selva”.

La base de datos contiene información sobre 60 mil aves de 400 especies que habitan en el sotobosque, la región intermedia entre la copa de los árboles y el suelo. Cada ave recibió un anillo (anilla) con un número que permite a los biólogos, cuando las capturan en las denominadas redes de neblina, saber por dónde merodearon. “Ese banco de datos permite formular preguntas más complejas, que sólo surgen luego de décadas de seguimiento, y sirven para establecer políticas públicas y colaborar en la resolución de nuevos problemas, tales como el impacto de los cambios del clima sobre la Amazonia”, dice Camargo. “Muchos investigadores vienen a trabajar aquí

porque contamos con un largo camino recorrido, y no necesitan comenzar de cero. Ese conocimiento constituye un patrimonio nacional”.

Varias de las conclusiones del PDBFF habrían sido inviábiles con un estudio de menor duración, de acuerdo con una de las conclusiones expresadas en un artículo publicado en enero de 2011 en la revista *Biological Conservation* con una síntesis de 32 años de trabajo de campo. El artículo está firmado por 16 biólogos de instituciones de Brasil, Estados Unidos, Australia y México ligadas al PDBFF, y su primer autor es el biólogo estadounidense William Laurance, quien vivió cinco años en Manaus y actualmente trabaja en Australia. La vulnerabilidad de los árboles de gran porte ante la fragmentación y los efectos de eventos efímeros tales como El Niño y las tempestades, sostienen, sólo quedaron en evidencia luego de décadas de monitoreo. Según concluyeron, cuando sucumben, los árboles pueden formar claros, que desvían la humedad de los árboles cercanos y alteran la luminosidad y la temperatura (vea la ilustración). La fragmentación puede reducir la circulación de agua, limitar el territorio de muchas especies de aves, que no logran atravesar grandes áreas deforestadas, mermar la población de abejas, avispas, coleópteros y hormigas, y aumentar las de sapos y arañas, provocando una pérdida acumulativa de biodiversidad y una reducción de las reservas de agua.

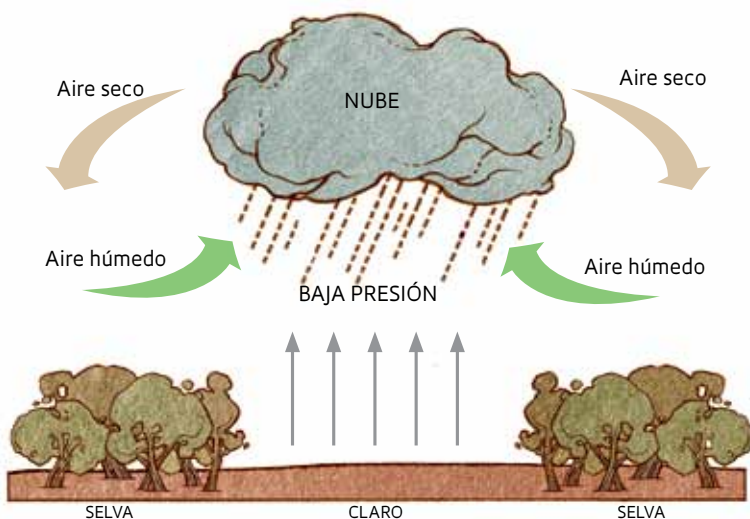
SELVA FRÁGIL

Las simulaciones de comportamiento de la selva, con base en los datos del PDBFF, sugirieron que incluso fragmentos de 10 hectáreas requieren al menos un siglo para recuperar la diversidad biológica y la biomasa previa a su formación. Una vez constituidos, tales fragmentos sufren una reorganización profunda de sus comunidades de árboles, palmeras, enredaderas y animales. “Como regla general, cuanto menor sea el área, más profundos serán los efectos de la fragmentación”, dice Camargo. Quien recorre las áreas en estudio nota la diferencia: los fragmentos menores, con una hectárea, perdieron parte de su estructura forestal original y se asemejan a un bosque arrasado que resiste con dificultad, mientras que los mayores, principalmente los de 100 hectáreas, todavía albergan especies de árboles que crecen con poca luz y elevada humedad, tal como en una típica selva amazónica. Las áreas menores son muy frágiles “y padecen más con las sequías muy intensas, tales como las que ocurrieron en 2005 y 2010”, añade Camargo.

Una de las consecuencias de la fragmentación radica en el denominado efecto de borde: transformaciones causadas por la radiación solar, la luz y el viento en las áreas externas, en la periferia de una selva. Al hallarse más sujetos a los cambios en el microclima, los árboles cercanos a esos bordes

El efecto de los claros

Las áreas abiertas alteran la circulación del aire en la baja atmósfera y propician la formación de nubes y de lluvia



FUENTE ADAPTADO DE WALLACE ET AL 2012



Carreteras como ésta cercenan la unidad de la selva y generan fragmentos que limitan los desplazamientos de animales, reducen la biodiversidad e influyen en el clima

pueden caerse con mayor facilidad o secarse y morir de pie. Como consecuencia del efecto de borde y de la fragmentación de la selva, “la mitad de la fauna de aves y mamíferos del sotobosque puede comenzar a extinguirse localmente, a veces de modo irreversible”, alerta Camargo. Según el artículo de 2011, el desmonte para el establecimiento de pasturas suma cada año 32 mil kilómetros de nuevos bordes de selva y genera paisajes dominados por pequeños fragmentos, de menos de 400 hectáreas, con formato irregular, aumentando el efecto de la radiación solar y de los vientos sobre la vegetación nativa. “Si acá ocurre esto, en otras áreas podría ser peor, tal como en el arco de fuego, la región de Pará, Mato Grosso y Rondônia más sujeta al desmonte”.

“Hace dos días, el pasillo estaba abarrotado de maletas”, dijo Camargo en la mañana del 9 de noviembre de 2012. “Nuestro 21º curso de capacitación culminó ayer. Han salido ya 420 ecólogos”. Cada año, el curso de Ecología del Paisaje Amazónico –que se realiza normalmente en julio o agosto y excepcionalmente en octubre, tal como el año pasado– convoca a 20 estudiantes de posgrado y 15 profesores provenientes de universidades de todo el país. “La mayoría de los participantes nunca antes había pisado la Amazonia”, comenta Camargo. Los docentes del curso presentan los distintos ambientes de la región, de los humedales o vegas a los archipiélagos, tal como Anavilhanas, con el propósito de capacitar a profesionales calificados para comprender y colaborar en la resolución de los problemas de la región.

Otra forma de compartir los resultados de las investigaciones y ampliar el conocimiento sobre

la región son los cursos de tres semanas para estudiantes de grado. “Fui uno de los responsables de uno, dictado recientemente en la Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Rio Claro, en la Universidad Estadual de Minas Gerais y en la Universidad Federal de Amazonas”, relata Camargo. “Actualmente el PDBFF capacita a más investigadores de Brasil que de Estados Unidos”.

Hoy en día, según él, el Smithsonian y el Inpa cubren tan sólo un 20% de los gastos anuales y la mayor parte del presupuesto anual de 1,2 millones de reales proviene de donaciones o de agencias de financiación o fundaciones de Estados Unidos y de Brasil. “En la última década se hizo difícil conseguir financiación, pues las donaciones cambiaron de foco y el dinero migró de los estudios sobre fragmentación forestal a los estudios sobre cambios climáticos”, dice Camargo. “Otro gran problema que afrontamos es la devaluación del dólar. En algunos años, a causa del tipo de cambio, perdimos un tercio del presupuesto previsto”. Hay otras preocupaciones, tales como una posible redistribución de tierras próximas a las áreas en estudio, lo que podría modificar el uso de la tierra y ampliar los impactos negativos sobre los fragmentos. ■

Artículos científicos

DURGANTE, F.M. *et al.* Species spectral signature: Discriminating closely related plant species in the Amazon with near-infrared leaf-spectroscopy. *Forest Ecology and Management*. v. 291, 213. En prensa.

LAURANCE, W. *et al.* The fate of Amazonian forest fragments: a 32-year investigation. *Biological Conservation*. v. 144, n. 1, p. 56-67. 2011.

STARK, S.C. *et al.* Amazon forest carbon dynamics predicted by profiles of canopy leaf area and light environment. *Ecology Letters*. v. 15, n. 12, p. 1.406-14. 2012.