

TAPA

LOS VIGÍAS DE LA SELVA

Múltiples sistemas de monitoreo vía satélite rastrean el desmonte en la Amazonia y hacen su aporte para alcanzar la meta de deforestación cero en 2030

Marcos Pivetta

El 9 de noviembre, por 36ª vez en la historia, el gobierno brasileño reiteró un gesto esperado por la sociedad brasileña y la comunidad internacional: divulgó la tasa oficial anual de deforestación en la llamada Amazonia Legal, un área de unos 5 millones de kilómetros cuadrados (km²), correspondiente al 58,9 % del territorio nacional. La noticia fue alentadora.

Según las estimaciones del Programa de Monitoreo Satelital de la Deforestación en la Selva Amazónica Brasileña (Prodes), una iniciativa del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (Inpe), la extensión de la superficie deforestada entre agosto de 2022 y julio de este año fue de 9.001 km², un 22,3 % menor que la del período anterior.

Entre 2019 y 2022, el índice nunca había sido inferior a los 10.000 km².

Creado en 1988, el sistema Prodes es la primera y la más antigua iniciativa destinada a efectuar la teledetección mediante imágenes satelitales de la deforestación en la Amazonia brasileña, que alberga a la mayor selva tropical del planeta. Sus datos, reconocidos en acuerdos internacionales suscritos por el país y citados en casi 1.600 artículos científicos, revelan que en las últimas décadas ha sido talada aproximadamente una quinta parte de la selva amazónica.

Desde 2004, el Sistema de Detección del Desmonte en Tiempo Real (Deter), también del Inpe, pasó a funcionar y a operar como complemento al trabajo del Prodes. El Deter emite alertas diarios sobre los fragmentos de la selva que están perdiendo



La central hidroeléctrica de Jirau, en el río Madeira, en el estado Rondônia, muestra polígonos de deforestación en su margen derecha

IMAGEN COORDINACIÓN GENERAL DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA/ INPE

do su cobertura vegetal. Los avisos se envían a los organismos de inspección ambiental que utilizan esta información para combatir la deforestación.

“Tenemos una amplia experiencia en teledetección, un área en la que hacemos un trabajo de primer nivel”, comenta el ingeniero y experto en geoprocésamiento Gilberto Câmara, director general del Inpe entre 2006 y 2013, quien en la actualidad se desempeña como consultor en el área. “En la década de 1970, Brasil fue el tercer país en utilizar las imágenes suministradas por los satélites Landsat, después de Estados Unidos y Canadá.

Luego del Prodes y el Deter, otros proyectos coordinados por organizaciones científicas de la sociedad civil, como MapBiomás y el Instituto del Hombre y el Medio Ambiente de la Amazonia (Imazon), empezaron a monitorizar la dinámica y la evolu-

ción de la deforestación en la Amazonia brasileña mediante el análisis de las imágenes de satélites.

Si bien tienen puntos en común con las iniciativas pioneras del Inpe, cada sistema apunta a objetivos un tanto diferentes y adopta sus propias metodologías para producir sus datos. Pueden, por ejemplo, utilizar distintos satélites, con resolución espacial y tiempos de revisita diferentes con relación a cada punto de la Amazonia. También pueden analizar las imágenes obtenidas en forma automática, únicamente empleando un *software*, o bien con la ayuda del ojo entrenado de un experto. No obstante, todos divulgan algún tipo de cálculo de la deforestación mensual o anual en la Amazonia (véase el gráfico de la página 8 con la evolución anual del desmonte según los distintos sistemas).

Estas particularidades conducen necesariamente a resultados que no suelen coincidir totalmente con los informes del Prodes y el Deter. Los especialistas no consideran preocupantes a estas divergencias, siempre y cuando el escenario general de deforestación que retrata cada iniciativa sea similar e indique tendencias análogas, como el aumento o la disminución de la supresión de la vegetación.

“El sistema público de monitoreo de la deforestación en la Amazonia es bueno y razonablemente robusto”, dice el físico Ricardo Galvão, presidente del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq). “Las propuestas de la sociedad civil son bienvenidas y desempeñan una labor complementaria muy importante”. El país ha asumido un compromiso internacional de deforestación cero en la Amazonia para 2030.

En agosto de 2019, Galvão fue destituido de su cargo al frente del Inpe tras haber defendido públicamente la corrección y la rectitud de los datos producidos por el Inpe al respecto de la deforestación en la Amazonia frente a las críticas infundadas vertidas por el entonces presidente Jair Bolsonaro y sus ministros.

En aquel momento, la tasa de deforestación anual calculada por el Prodes había superado los 10.000 km², algo que no ocurría desde 2008. El gobierno federal cuestionó la veracidad de las cifras y amenazó con contratar a una empresa privada para que hiciera el trabajo del Inpe. El caso ganó repercusión mundial y la idea de tercerizar el trabajo de monitoreo no prosperó.

El hecho de contar con varios sistemas dedicados a observar y dimensionar el proceso de supresión de la vegetación autóctona de la Amazonia permite que los datos oficiales puedan ser confirmados, depurados o incluso refutados por la sociedad civil. Si algún día, por cualquier motivo, el Prodes y el Deter llegaran a fallar, hay otras alternativas disponibles. “Estos sistemas alternativos también pueden funcionar como respaldo, una copia de seguridad de los servicios que presta el Inpe”, dice el experto en teledetección Carlos Souza Jr., de Imazon.

Para entender las similitudes y las diferencias entre los sistemas, *Pesquisa FAPESP* elaboró un resumen de las características principales de las cinco iniciativas que monitorean el desmonte en la Amazonia, cuatro de ellas nacionales y una extranjera.

EL PRODES

El especialista en teledetección Cláudio Almeida, coordinador del Programa de Monitoreo de la Amazonia y Demás Biomas del Inpe, narra una historia interesante sobre los proyectos que precedieron y generaron la experiencia que permitió la implementación del Prodes. En la década de 1970, en el contexto de las políticas públicas oficiales destinadas a estimular la ocupación de la Amazonia y la puesta en marcha de grandes proyectos agropecuarios, una de las preocupaciones del gobierno federal consistía en contar con los medios para cerciorarse de que sus incentivos se estaban empleando correctamente.

“Por entonces, el monitoreo de la Amazonia mediante imágenes satelitales se pensó como una forma de asegurarse de que los proyectos realmente estaban siendo implementados, es decir, que había áreas de la selva que estaban siendo taladas con el objetivo de ganar espacio para la agricultura y la ganadería”, dice Almeida.

Los cuestionamientos a esta concepción dominante de progreso comenzaron a arreciar a partir de los años 1980, con el ascenso movimiento ambientalista. Como poseedor de la mayor selva tropical del planeta, Brasil empezó a ser interpelado internacionalmente por el destino de la Amazonia que, más allá de su exuberante biodi-

versidad, desempeña un rol importante en la regulación del clima mundial. Fue en ese contexto, opuesto al que había predominado en la década anterior, que se creó el Prodes en 1988.

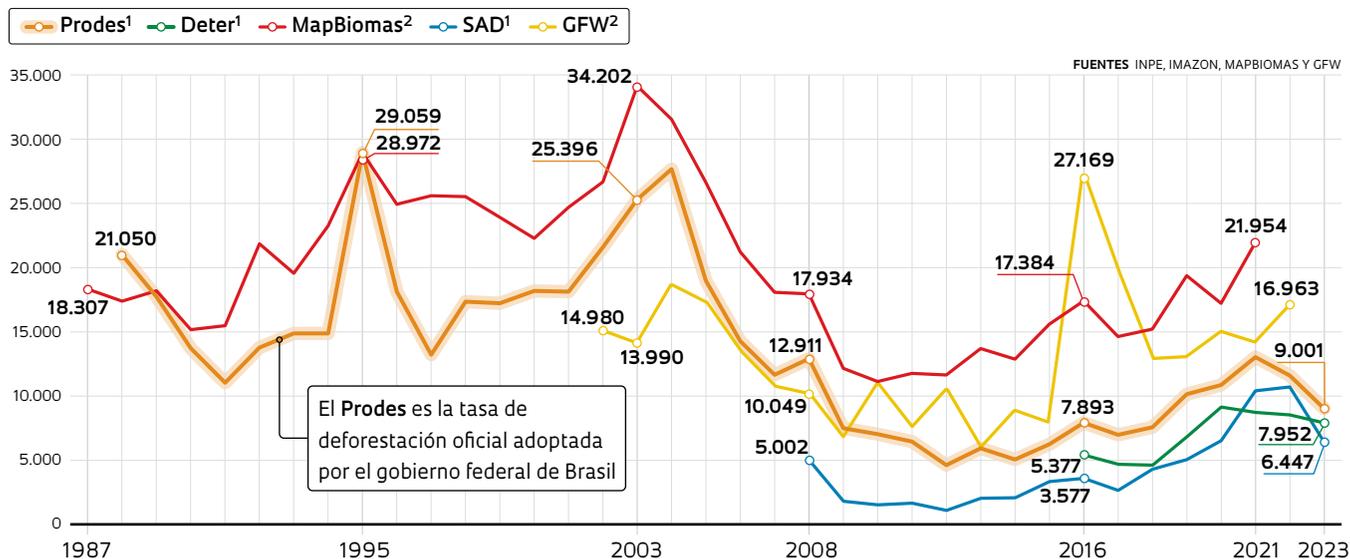
Su objetivo es simple: estimar la tasa anual de deforestación del bosque nativo en la Amazonia Legal. Cabe destacar que la Amazonia Legal – una denominación establecida en 1953 con el propósito de estimular el desarrollo económico en una región que se extiende por nueve estados– abarca la totalidad del bioma amazónico en territorio brasileño, el 37 % del Cerrado y el 40 % del Pantanal.

En Brasil, el bioma de la Amazonia, que alberga a la selva tropical, abarca un área de casi 4,2 millones de km², aproximadamente el 49 % del territorio nacional. Hay una diferencia de unos 800.000 km², más del 9 % de la superficie nacional, entre la extensión de la Amazonia Legal y el bioma Amazonia. “Hay que tener cuidado de no comparar las cifras de deforestación de toda la Amazonia Legal con las del bioma Amazonia”, comenta Almeida.

La tasa anual del Prodes exhibe una peculiaridad temporal. Se rige por el denominado calendario del desmonte, que suele intensificarse durante la época más seca del año. El año Prodes comienza en agosto, con el advenimiento de la sequía, y finaliza en julio del año siguiente. La tasa de 2023 recientemente divulgada corresponde al período que va de agosto de 2022 a julio de este año.

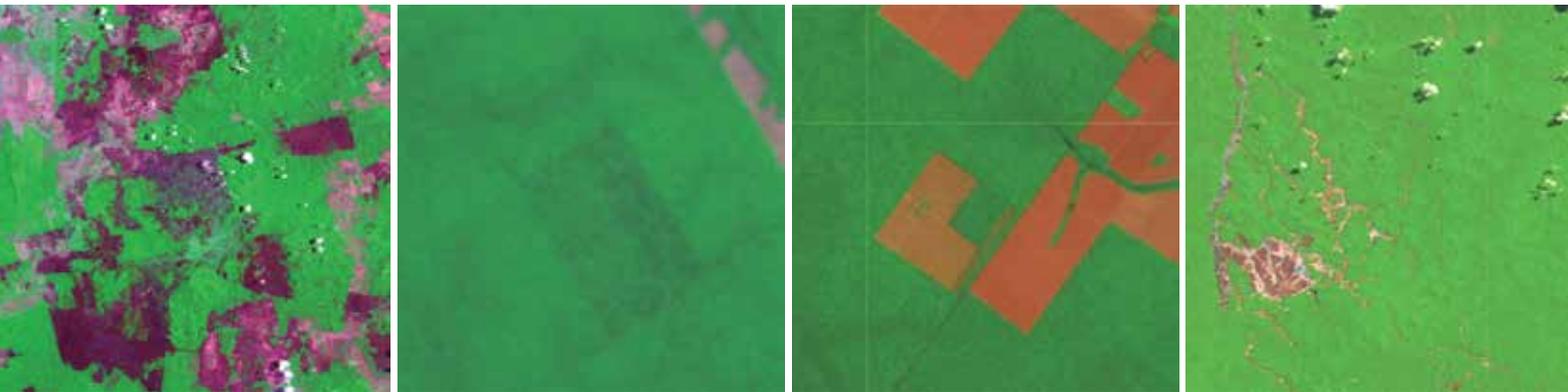
TODAS LAS CIFRAS DEL DESMONTE

Superficie deforestada anual en km² según los cinco sistemas



(1) DATOS CORRESPONDIENTES A LA AMAZONIA LEGAL ENTRE AGOSTO Y JULIO DEL AÑO SIGUIENTE

(2) DATOS CORRESPONDIENTES AL BIOMA AMAZONIA DE ENERO A DICIEMBRE



Patrón de la deforestación causada por diferentes actividades (de izquierda a derecha): quemas, área degradada, desmonte y minería

El Prodes registra la deforestación por tala rasa, también llamada tala por clareo, una práctica que se traduce en la eliminación completa de la cubierta forestal de un año a otro. Por lo general, esto sucede para dar paso a la implementación de actividades agropecuarias o al establecimiento de áreas urbanas, o bien a proyectos de centrales hidroeléctricas.

Desde 2022, el Prodes también mide la deforestación que se produce como resultado de la degradación progresiva de la vegetación. Este proceso es lento, más difícil de detectar vía satélite y puede durar varios años. Está asociado a la tala para la extracción selectiva de madera y a las quemas.

Solamente se incluyen en el cálculo de la tasa anual los fragmentos de selva talada que alcanzan el tamaño mínimo de un polígono de 6,25 hectáreas (ha), o sea, 62.500 metros cuadrados (m²). Esta superficie equivale al tamaño de algo más de seis canchas de fútbol. Algunos críticos consideran que el tamaño de este polígono es demasiado grande, una limitación que, en teoría, podría estar omitiendo parte del proceso de deforestación.

“En la Amazonia, la deforestación se concreta para establecer grandes propiedades, zonas dedicadas al monocultivo de soja o a la cría de ganado. La apertura de áreas pequeñas no es rentable, porque es un proceso muy costoso y arduo”, explica Câmara, quien no considera una limitación importante cambiar el tamaño del área monitoreada por el Prodes. “Los polígonos de 6,25 ha detectan la mayor parte de la deforestación”. En la actualidad, el Prodes ya supervisa polígonos de deforestación de 1 ha (10.000 m²), pero no los incluye en el cálculo de su tasa anual. Es probable comience a hacerlo en breve.

El sistema utiliza imágenes de cinco satélites: Landsat 8 y 9, de la agencia espacial estadounidense (Nasa) y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS); Sentinel, de la Agencia Espacial Europea (ESA, y los CBERS 4 y 4A, un proyecto conjunto de Brasil y China.

Las imágenes de los Landsat constituyen la base de datos principal del sistema. Se necesitan 229 imágenes de satélite de la familia Landsat para cubrir toda la Amazonia Legal. Cada ima-

gen, también llamada escena, cubre una inmensa área de 32.400 km², algo más de cuatro veces el tamaño del Área Metropolitana de São Paulo.

En los sectores de la Amazonia que están cubiertos por nubes cuando son registrados por los Landsat, se utilizan imágenes de los CBERS y del Sentinel para cubrir estas brechas en los registros. En promedio, cada área es observada por un satélite utilizado por el Prodes cada 16 días. En la práctica, el intervalo entre dos registros puede oscilar entre 5 y 26 días.

El punto más pequeño con información dentro de una imagen Landsat equivale a un cuadrado de 30 por 30 metros (0,09 ha o 900 m²), algo más grande que dos canchas de baloncesto. Por eso los expertos en teledetección dicen que la resolución espacial (píxel) del Landsat es de 30 metros (m). Por lo tanto, el polígono mínimo de deforestación que toma en cuenta el Prodes, de 6,25 ha, se compone de 69,4 píxeles. Los píxeles de los CBERS y el Sentinel pueden registrar áreas todavía más pequeñas. En los satélites sino-brasileños, la resolución espacial es de 20 metros. En el proyecto europeo, es de 10 metros.

Para calcular la tasa anual de deforestación, el Inpe cuenta con unos 25 técnicos en su sede de la localidad de São José dos Campos que comparan “manualmente” en una computadora las mejores imágenes disponibles de cómo era una zona antes del inicio y al final del año Prodes en curso.

Estos expertos delimitan los nuevos polígonos de deforestación directamente en la pantalla del ordenador. Siguen un patrón de cambio en la cobertura forestal basándose en elementos perceptibles en las imágenes, tales como la tonalidad, la forma, la textura y el contexto de las áreas deforestadas. “Nuestra mano de obra está compuesta por muchos becarios del CNPq. Necesitamos contar con más personal contratado de manera estable”, comenta Almeida.

EL DETER

El Deter fue creado 16 años después del Prodes, en un momento de crecimiento de las tasas de deforestación en la Amazonia Legal, como una

herramienta de ayuda en la lucha contra la supresión de la vegetación casi en tiempo real. Emite alertas diarios de deforestación que se envían automáticamente a los organismos ministeriales y a las secretarías estatales de medio ambiente que se encargan de combatir los desmontes.

También se publican en internet, normalmente los viernes, con una semana de retraso. El Deter publica totales de deforestación, mensuales y anuales, conforme al calendario del año Prodes. Estas cifras suelen mostrar la misma tendencia de deforestación que el Prodes, pero son diferentes debido a disparidades metodológicas.

Su metodología se ha ido mejorando y perfeccionando con el tiempo. De 2004 a 2015, utilizó datos de los satélites Terra, de la Nasa, y CBERS-2b (Brasil-China), con una resolución espacial de 250 m. Con estas imágenes era posible emitir alertas de deforestación para superficies de al menos 25 ha. Sin embargo, no permitían diferenciar entre los sectores totalmente deforestados y los que mostraban una degradación progresiva.

A partir de 2015 comenzó a utilizar imágenes de los satélites CBERS-4 y CBERS-4A (Brasil-China) y Amazonia-1, diseñados y operados por el Inpe, con una resolución espacial de entre 56 y 64 metros. “Hoy en día solamente utilizamos satélites con tecnología nacional para proporcionarle imágenes al Deter”, comenta Almeida. Este cambio ha permitido reducir la superficie mínima de los alertas registrados a 3 ha y separarlos en dos tipos: deforestación y degradación. Cada uno o dos días, uno de los tres satélites sobrevuela cada franja de la Amazonia. Esta periodicidad garantiza una vigilancia continua de la región y la emisión de alertas de desmontes casi en tiempo real.

La supresión total o parcial de la vegetación autóctona en una zona sin registro previo de disminución de la cobertura vegetal se considera como un nuevo desmonte. Aunque no sea posible determinar el día exacto en el que se produjo la tala de un fragmento de la selva, la fecha en que

se generó la imagen satelital queda asociada al evento en los registros del sistema.

La identificación de nuevas áreas se hace a diario manualmente, como en el Prodes, pero interviene otro equipo de expertos. Diez técnicos del Deter trabajan en la unidad del Inpe en Belém [capital del estado de Pará] y analizan las imágenes en la pantalla de la computadora. Los alertas de deforestación se separan en las categorías de tala rasa, deforestación con vegetación, y deforestación por actividades de minería. Los alertas de degradación se clasifican como tala selectiva geométrica, tala selectiva desordenada y cicatrices de incendios forestales.

Merced a este tipo de abordaje, el sistema es capaz de diferenciar las perturbaciones naturales de las provocadas por acciones humanas. Las del primer tipo suelen presentar formas irregulares y no lineales, mientras que las del segundo exhiben contornos geométricos y lineales.

EL SAD

Con sede en Belém, el Imazon creó en 2008 el Sistema de Alerta de Desmontes (SAD). Su propósito es monitorear mensualmente la supresión de la vegetación autóctona y la degradación forestal en la Amazonia Legal para entender su dinámica y sus tendencias. “El hecho de contar con sistemas alternativos al Prodes/Deter brinda seguridad y autonomía a la sociedad civil si se produjera una falla o una discontinuidad en estas iniciativas del Inpe”, comenta Carlos Souza Jr., del Imazon.

El sistema registra la tala rasa de la selva y la degradación de la vegetación natural en zonas mayores que 1 ha. Utiliza imágenes de los satélites estadounidenses Landsat 8 y 9 y de los europeos Sentinel 1A y 1B (ambos con píxeles de 20 m) y Sentinel 2A y 2B (con píxeles de 10 m). Cada punto de la Amazonia es escaneado por alguno de los satélites con un intervalo de 5 a 8 días.

El análisis de las imágenes se hace inicialmente en forma automática mediante la plataforma Google Earth Engine, pero luego es validado por expertos antes del registro de los datos. El SAD publica estadísticas mensuales de deforestación para toda la Amazonia y los estados que la com-

Evolución de la deforestación en una región de la Amazonia brasileña a lo largo de casi 20 años

100 km



LOS SISTEMAS QUE MONITOREAN LA SELVA

Cinco de las principales iniciativas que producen datos sobre la deforestación en la Amazonia

	Prodes – Inpe	Deter – Inpe	SAD – Imazon	MapBiomias	GFW
 Creación	1988	2004, con un cambio de la metodología en 2016	2008	2015	1997
 Objetivo principal	Estimación de la tasa anual oficial de desmonte del bosque nativo en la Amazonia Legal. Calcula la deforestación entre el 1º de agosto y el 31 de julio del año siguiente	Divulgación diaria, casi en tiempo real, de alertas de desmonte con el propósito de orientar las acciones de inspección ambiental	Monitoreo mensual del desmonte y la degradación forestal para entender su dinámica y sus tendencias	Mapeo anual del uso y la cobertura del suelo y, a partir de estos datos, estimación de la deforestación	Realiza un monitoreo de los cambios en el uso del suelo por desmontes y quemas, especialmente en las selvas tropicales
 Tipo de deforestación medida	Tala rasa, eliminación completa de la cobertura forestal de un año a otro. Desde 2022 contabiliza oficialmente la degradación progresiva de la vegetación primaria, un proceso más lento que también conduce a la pérdida de los bosques	Tala rasa y degradación progresiva	Tala rasa y degradación de la vegetación	Supresión del bosque primario y secundario	Registra el dosel por encima de los 5 metros. También detecta incendios sin tala
 Superficie mínima monitoreada	1 hectárea (ha), pero a los fines del cálculo de la tasa de deforestación, solamente se contabilizan los polígonos de más de 6,25 ha	3 ha	1 ha	1 ha	0,09 ha
 Fuente de las imágenes	Satélites Landsat 8 y 9, de la Nasa, Sentinel 2, de la ESA, y CBERS 4 y 4A, de Brasil/China. Los Landsat constituyen la base del sistema. Su píxel es de 30 metros (m). El del CBERS es de 20 m, y el del Sentinel, de 10 m	Satélites CBERS-4 y 4A y Amazonia-1 (Brasil), con una resolución espacial de 56 a 64 m. Cada uno o dos días, uno de los tres satélites sobrevuela cada franja de la Amazonia	Satélites Landsat 8 y 9 y Sentinel 1A y 1B (píxel de 20 m) y Sentinel 2A y 2B (píxel de 10 m). Cada franja de la Amazonia es registrada por alguno de los satélites con un intervalo de entre 5 y 8 días	Landsat, con una resolución espacial de 30 m, para el cálculo de la deforestación	Familia de satélites Landsat
 Metodología	Los técnicos del Inpe comparan por computadora las mejores imágenes disponibles de un área antes del comienzo y al final del año Prodes. Delimitan los nuevos polígonos de desmonte en la pantalla del ordenador. La tasa estimada es publicada entre finales de noviembre y diciembre	La supresión total o parcial de la vegetación autóctona en un área sin registro previo se considera como desmonte nuevo. La detección de las áreas se hace diariamente en forma manual. El sistema distingue las perturbaciones naturales de las provocadas por el hombre	Procesamiento automático de las imágenes, pero validado por expertos antes de cerrar los datos. Divulga datos de deforestación mensuales	Procesamiento automático de las imágenes en Google Earth. Divulga datos anuales del desmonte	Procesamiento automático de las imágenes. Divulga una vez al año los datos consolidados de deforestación
 Limitaciones	Las nubes suelen impedir la producción de buenas imágenes en el 5 % de las áreas. No mide la supresión del bosque secundario, un tipo de vegetación que crece espontáneamente en las áreas deforestadas abandonadas	Las mismas del Prodes	Las nubes dificultan la captación de imágenes y no mide la desaparición de la vegetación secundaria	El trabajo totalmente automatizado es proclive a incurrir en errores de clasificación	El trabajo automatizado es susceptible de incurrir en errores de clasificación. No diferencia si la caída de un árbol fue por un proceso natural o antrópico

IMÁGENES NASA / LANDSAT INFOGRAFÍA ALEXANDRE AFFONSO / REVISTA PESQUISA FAPESP



ponen y también permite calcular una tasa de deforestación anual. “Normalmente, nuestros datos representan del 70 % al 80 % de las cifras registradas por el Prodes, un resultado que consideramos muy bueno dadas las diferencias metodológicas”, comenta Souza Jr.

LA RED MAPBIOMAS

En 2015, la red MapBiomias comenzó a producir mapas y datos sobre la evolución del uso de la tierra en Brasil (vegetación existente, actividades agropecuarias o estructura urbana) basados en imágenes obtenidas por teledetección analizadas automáticamente en la plataforma Google Earth Engine. A partir de este trabajo, pudo calcularse una tasa anual de deforestación para todos los biomas nacionales, incluida la Amazonia.

Hace cuatro años, la red –una iniciativa del Observatório do Clima, una organización no gubernamental (ONG) que agrupa a universidades, empresas tecnológicas y entidades de la sociedad civil brasileña– lanzó un proyecto específico para realizar un seguimiento de la supresión de la vegetación nativa en todo el territorio nacional. Se trata del MapBiomias Alerta, que ratifica y perfecciona los alertas de deforestación emitidos por otros sistemas, como el Deter y el SAD, y elabora un dictamen público de cada área con su vegetación suprimida.

Estos datos son publicados semanalmente por MapBiomias Alerta y, una vez al año, se recopilan en el *Relatório do desmatamento* (RAD) [Informe de la deforestación]. “A pesar de su nombre, el MapBiomias Alerta no es un sistema que alerte sobre la deforestación en curso”, explica el geógrafo Marcos Rosa, coordinador técnico del MapBio-

mas. “Lo que hace es confirmar con imágenes de alta resolución que en una zona determinada se han producido desmontes y coteja esta información con los datos públicos para clasificar a esta deforestación y elaborar un dictamen.”

Cuando existen evidencias suficientes de que la vegetación fue efectivamente eliminada, el MapBiomias utiliza imágenes de teledetección de la red satelital privada Planet. Según la empresa estadounidense, cualquier punto del planeta es registrado diariamente por alguno de sus 200 satélites, cuya resolución espacial es de tan solo 3,7 m. En otras palabras, el área más pequeña visible en una imagen Planet abarca aproximadamente 14 m², el tamaño de una habitación de una casa.

Cada alerta validado y perfeccionado produce un informe con imágenes en alta resolución, previas y posteriores al desmonte. El sistema del MapBiomias también permite comparar la información geográfica de la zona con vegetación eliminada con los datos de diversas bases de datos públicas, tales como el Catastro Ambiental Rural (CAR) y el Sistema de Gestión Territorial (Sigef). “De esta manera, podemos incluir en el dictamen información sobre el área deforestada e inferir indicios de ilegalidad”, comenta Rosa.

GFW

Existen proyectos internacionales que también divulgan datos regularmente acerca del desmonte en la Amazonia brasileña. La iniciativa de mayor impacto es probablemente Global Forest Watch (GFW), coordinada por investigadores de la Universidad de Maryland (EE. UU.). Con financiación del World Resources Institute (WRI), una organización no gubernamental con sede en la capital estadounidense, GFW realiza un seguimiento del uso del suelo y la eliminación de zonas arboladas desde 1997, particularmente en selvas tropicales, como en el caso de la Amazonia.

La iniciativa utiliza los registros de teledetección de los Landsat y adopta como superficie mínima de deforestación registrada la resolución espacial mínima de estos satélites: 1 píxel de una imagen Landsat, de 0,09 ha. El procesamiento de la información está automatizado.

“El sistema de observación se centra en las copas de los árboles que superan los 5 m. Capta la tala de árboles y también los incendios forestales sin tala”, dice el geógrafo Jefferson Ferreira, coordinador del programa forestal del WRI en Brasil. “Muestra la pérdida de la cubierta forestal, que puede deberse a los desmontes o no”. El GFW publica una tasa anual de la deforestación en la Amazonia, calculada entre enero y diciembre.

LAS LIMITACIONES DE LOS SISTEMAS

No existe un sistema de seguimiento de la deforestación perfecto. Los registros de teledetección

Áreas de selva preservada y deforestada cerca del río Capim, en el estado de Pará, en 2022





Una imagen satelital de 2018 que muestra la región adyacente al río Amazonas cubierta de nubes, característica que dificulta el mapeo de la selva por teledetección

2

suministrados por los satélites, que generalmente captan imágenes en las frecuencias del infrarrojo y de la luz visible, tropiezan con un problema habitual: una nube que se interpone entre el campo de visión de sus sensores en el momento de obtener una toma puede generar una imagen de escaso o ningún valor. De ahí la importancia de la redundancia de datos y de trabajar con imágenes de más de un satélite.

El uso de radares instalados en satélites, que trabajan con frecuencias del rango de las microondas, puede mitigar este problema. Su observación no se ve obstaculizada por la nubosidad y puede realizarse tanto de día como de noche. “El satélite CBERS 6 contará con tecnología de radar en su instrumental”, dice Galvão.

Aunque es más ágil y barato, el análisis totalmente automatizado de los polígonos de deforestación puede pasar por alto alguna forma de supresión de la vegetación que un ojo humano avezado advertiría, o generar alertas erróneas. Es importante conocer el contexto histórico y geográfico del lugar en el que se está produciendo la aparente deforestación”, comenta Câmara. “En ocasiones, los sistemas automáticos pueden interpretar la imagen de una vega fluvial en la Amazonia, tomada durante la época de crecidas, como un indicio de supresión de la vegetación. Pero se trata de una conclusión errónea”. La imagen de una llanura aluvial inundada se asemeja a la de un tramo de selva talada. Pero basta con observar una imagen posterior de la misma zona durante el período de sequía para constatar que la vegetación sigue estando allí.

Pese a su postura crítica, Câmara aboga por la adopción de técnicas de aprendizaje automático como ayuda para el trabajo de monitoreo por teledetección en la Amazonia. En 2014, obtuvo el

apoyo del programa eScience de la FAPESP para llevar adelante un proyecto de investigación sobre el uso de megadatos de satélites para la clasificación del uso y la cobertura del suelo con la ayuda de métodos de aprendizaje automático.

Con base en este proyecto, el experto en teledetección consiguió financiación de otras fuentes para el desarrollo del *software* libre *Sits* (*satellite image time series analysis*, o análisis de series temporales de imágenes satelitales), actualmente en su etapa final de pruebas para, eventualmente, sustituir al Prodes. Según Câmara, la adopción de métodos en el estado del arte del campo del aprendizaje profundo permite obtener una concordancia del 95 % entre la interpretación visual de las imágenes y la realizada por los algoritmos.

Nunca hubo tanta información sobre la dinámica de la deforestación en la Amazonia, un elemento necesario para la implementación de políticas públicas a favor de la gestión y la preservación de la selva. “Todo sistema de monitorización lleva a que los gestores y la sociedad en su conjunto miren el problema de una manera diferente. Hoy en día somos conscientes de la magnitud de los desmontes, dónde se están produciendo y a qué ritmo. A veces incluso podemos identificar quiénes están deforestando”, comenta la geógrafa Ane Alencar, directora de ciencia del Instituto de Investigaciones Ambientales de la Amazonia (Ipam). El gran desafío reside en entender el nivel de ilegalidad del desmonte y emprender acciones más ágiles en materia de inspección, embargo e incluso restricciones de acceso al crédito [para quienes eliminan la vegetación autóctona]”. ■

El proyecto consultado para la elaboración de este artículo figura en la versión *online* de la revista.