



Nota científica

EL SUMIDERO DE CARBONO EN LOS BOSQUES PRIMARIOS AMAZÓNICOS ES UNA OPORTUNIDAD PARA LOGRAR LA SOSTENIBILIDAD DE SU CONSERVACIÓN

Edgar VICUÑA MIÑANO¹, Timothy R. BAKER², Karina BANDA-R²,
Eurídice HONORIO CORONADO³, Abel MONTEAGUDO⁴, Oliver L. PHILLIPS²,
Dennis DEL CASTILLO TORRES³, William FARFAN RIOS⁵, Gerardo FLORES³,
David HUAMAN¹, Keysa HUAMAN TANTTE¹, Gabriel HIDALGO PIZANGO³,
Eva LOJAS ALEMAN¹, Joana B. MELO², Georgia C. PICKAVANCE², Marcos RIOS³,
María ROJAS³, Norma SALINAS⁶, Rodolfo VASQUEZ MARTINEZ⁴

1 Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado-MINAM, Lima, Perú.
evicuna@sernanp.gob.pe

2 School of Geography, University of Leeds, Leeds LS2 9JT, UK. T.R.Baker@leeds.ac.uk

3 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú

4 Jardín Botánico de Missouri, Oxapampa, Perú

5 Department of Biology, Wake Forest University, USA

6 Departamento Académico de Ciencias, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

RESUMEN

Los bosques primarios intactos de la Amazonía peruana se comportan como sumideros de carbono: un servicio ecosistémico clave a nivel mundial. Este sumidero fue cuantificado en $0.52 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (1990-2017) para los bosques amazónicos intactos de las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) de Perú y las zonas de amortiguamiento. En otras palabras, la conservación de bosques intactos en ANPs ayudó a remover 9.7 millones de toneladas de carbono de la atmósfera por año, lo cual equivale aproximadamente al 86% de las emisiones de la quema de combustibles fósiles del país durante el 2012. Este servicio de remoción de CO_2 atmosférico es necesario incluirlo en el inventario nacional de gases de efecto invernadero, y en los compromisos nacionales de reducción de emisiones, por dos razones. Primero, debido a ser un flujo importante, nos ayudaría a tener una aproximación más real del balance de carbono en Perú. Segundo, fortalecería la necesidad de mantener la integridad de estos bosques por los servicios de almacenamiento (evitar emisiones) y sumidero de carbono

(remoción de emisiones) y por la diversidad biológica que albergan. La provisión del servicio de sumidero solo se asegurará con una gestión efectiva y adaptativa de las ANPs. El reporte de este servicio ambiental a nivel nacional debe ser implementado a través del monitoreo a largo plazo de la dinámica del carbono y el impacto del cambio climático vía la red de parcelas forestales permanentes de RAINFOR (Red Amazónica de Inventarios Forestales) y el proyecto MonANPerú. El establecimiento de este sistema de monitoreo permitirá el desarrollo de los mecanismos financieros para cerrar la brecha y lograr la sostenibilidad de la conservación de los bosques en las ANPs de Perú.

PALABRAS CLAVE: Áreas protegidas, Servicios de los ecosistemas, Secuestro de carbono, Protección de bosques, Amazonía

THE CARBON SINK IN INTACT AMAZONIAN FORESTS IS AN OPPORTUNITY TO ACHIEVE SUSTAINABLE CONSERVATION

ABSTRACT

The primary intact forests of the Peruvian Amazon act as a carbon sink: a key ecosystem service of international importance. This sink has been quantified as $0.52 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ (1990-2017) for the intact Amazonian forest in the protected areas and associated buffer zones of Peru. In other words, the conservation of intact forests in protected areas has helped to remove 9.7 million tonnes of carbon from the atmosphere per year, which is equivalent to approximately 86% of the emissions from fossil fuel combustion in Peru during 2012. It is necessary to include this carbon sink in the national inventory of greenhouse gas emissions for two reasons. Firstly, because it is an important flux, it would help for estimating the carbon balance of Peru more accurately. Secondly, it would strengthen the need to maintain the integrity of these forests, for their role both as a stock and sink of carbon and for their biological diversity. The provision of this service as a sink can only be assured with effective and adaptive management of the protected areas of Peru. Reporting of this environmental service at a national level should be implemented through long-term monitoring of the carbon dynamics and impact of climate change on these forests via the RAINFOR (Amazon Forest Network) network of permanent forest plots and the MonANPerú project. The establishment of this monitoring system would allow the development of the financial mechanisms to close the funding gap and achieve sustainable conservation of the forests of the protected area network of Peru.

KEYWORDS: Protected areas, Ecosystem services, Carbon sequestration, Forest protection, Amazonia

INTRODUCCIÓN

Los bosques primarios intactos brindan servicios ambientales significativos a nivel mundial como el secuestro y almacenamiento de carbono, la regulación y abastecimiento de agua y la conservación de la biodiversidad. Por estas razones, la conservación y la restauración de la integridad de los bosques son una prioridad en los actuales esfuerzos para detener la crisis de la biodiversidad, mitigar el cambio climático y lograr objetivos de desarrollo sostenible (Watson *et al.*, 2018).

Uno de los servicios ecosistémicos más importantes de los bosques intactos tropicales es que son importantes reservorios de carbono a nivel mundial ('stock' de carbono; p.e. Saatchi *et al.* 2011, Aguilar-Amuchastegui *et al.* in review). En el Perú, se estima que existen 6.9 mil millones de toneladas de carbono almacenadas arriba del suelo en los bosques, de los cuales un 26% se encuentra almacenado en bosques al interior de 174 áreas naturales protegidas de administración nacional, regional y privada (Carnegie Institute & MINAM, 2015). Mientras tanto, también, se conoce que los bosques primarios intactos *han actuado como sumideros de carbono durante las últimas décadas* (Phillips *et al.*, 1998, Baker *et al.*, 2004, Lewis *et al.*, 2009, Brienen *et al.*, 2015, Qie *et al.*, 2017, Phillips & Brienen, 2017). Este sumidero ha ocurrido porque la cantidad almacenada de carbono ha aumentado con el tiempo: es decir, el cambio en el stock de carbono ha sido positivo, lo cual ocurre cuando los flujos que agregan carbono al stock, como el crecimiento de los árboles, son más altos que los flujos que disminuyen el stock, como la mortalidad.

La presencia de este sumidero de carbono demuestra claramente el importante rol de la conservación de las ANP al contribuir preservar el stock de carbono en los bosques, pero también para la mitigación del cambio climático. En el Perú,

basándose en datos de 70 parcelas de monitoreo permanente instaladas al interior del bosque amazónico en áreas naturales protegidas y zonas de amortiguamiento (Fig. 1), se ha estimado un sumidero promedio de 0.52 toneladas de carbono $\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ (1990-2017; Fig. 2). Este valor representa un sumidero de 9.7 millones de toneladas de carbono por año en los bosques intactos de las áreas naturales protegidas equivalente a 86% de lo que el país emitió por la quema de combustibles fósiles en 2012 (MINAM, 2016a). Sin embargo, este sumidero de carbono no está considerado en el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel nacional. Según el inventario nacional de GEI elaborado por el MINAM para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), el sector uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (USCUISS), contribuyó con el 51% de las emisiones nacionales de CO_2 en el 2012 (MINAM, 2016a). En esta categoría se incluye las emisiones debido a la deforestación y las remociones de CO_2 debido al crecimiento de los bosques secundarios y las plantaciones. Mientras tanto, la remoción de los bosques primarios no está incluida: los bosques primarios están considerados con un flujo neto cero de carbono (MINAM, 2016a).

Es importante incluir la cuantificación de la remoción —el sumidero de carbono en los bosques intactos— en los inventarios de carbono por dos razones. Primero, nos ayudaría a tener una aproximación más real del balance de carbono en el país y diseñar políticas para cumplir con el compromiso de Perú de disminuir en 20% las emisiones de GEI con recursos propios y un 10% adicional condicionado a cooperación internacional (MINAM, 2016). Segundo, fortalecería la necesidad de mantener la integridad de estos bosques tanto por el servicio de almacenamiento de carbono (evitar emisiones) como el servicio de sumidero (remoción de emisiones).

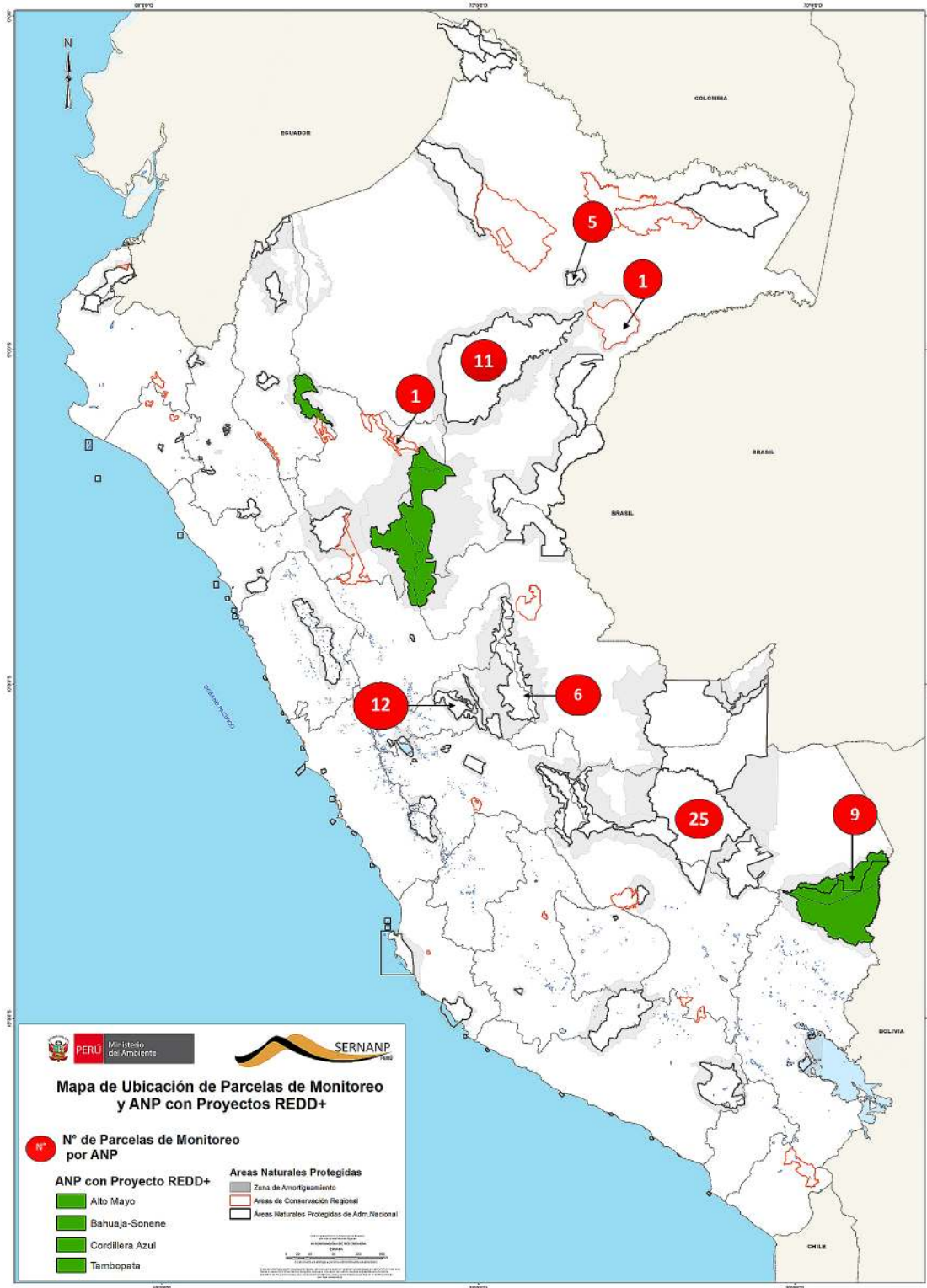


Figura 1. Distribución de las parcelas permanentes con más de una medición al interior del bosque amazónico en áreas naturales protegidas y zonas de amortiguamiento en la región Andino-Amazónica del Perú. Las ANP con un proyecto REDD+ se muestran en verde.

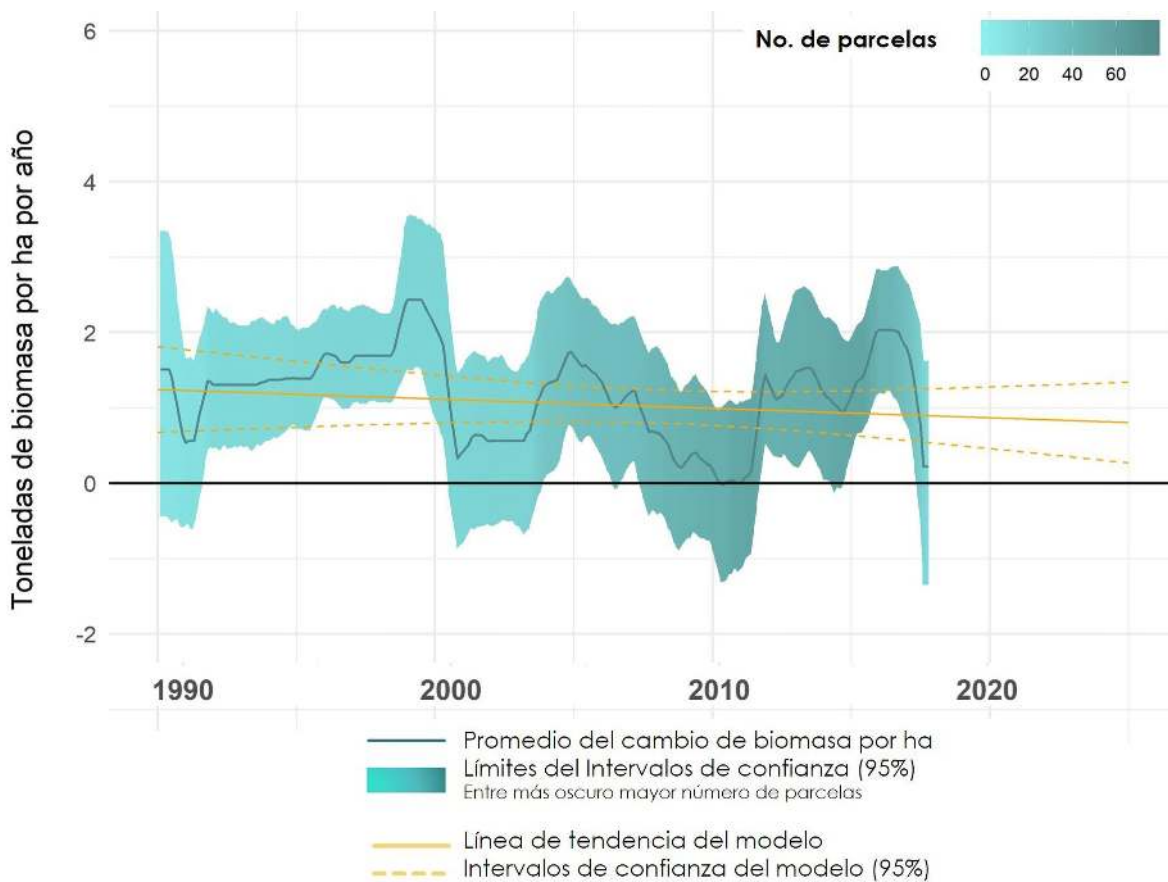


Figura 2. Tasa promedio del cambio en la biomasa de 70 parcelas permanentes en las ANP de la región Andino-Amazonica del Perú, durante el periodo 1990-2017. La biomasa se calcula por todos los árboles vivos de ≥ 10 cm de diámetro por cada censo de las parcelas (Brienen et al. 2015), incluyendo una corrección para su biomasa subterránea (MINAM 2015). Se expresa el biomasa en términos de carbono usando un factor de corrección de 0.47 (MINAM 2015).

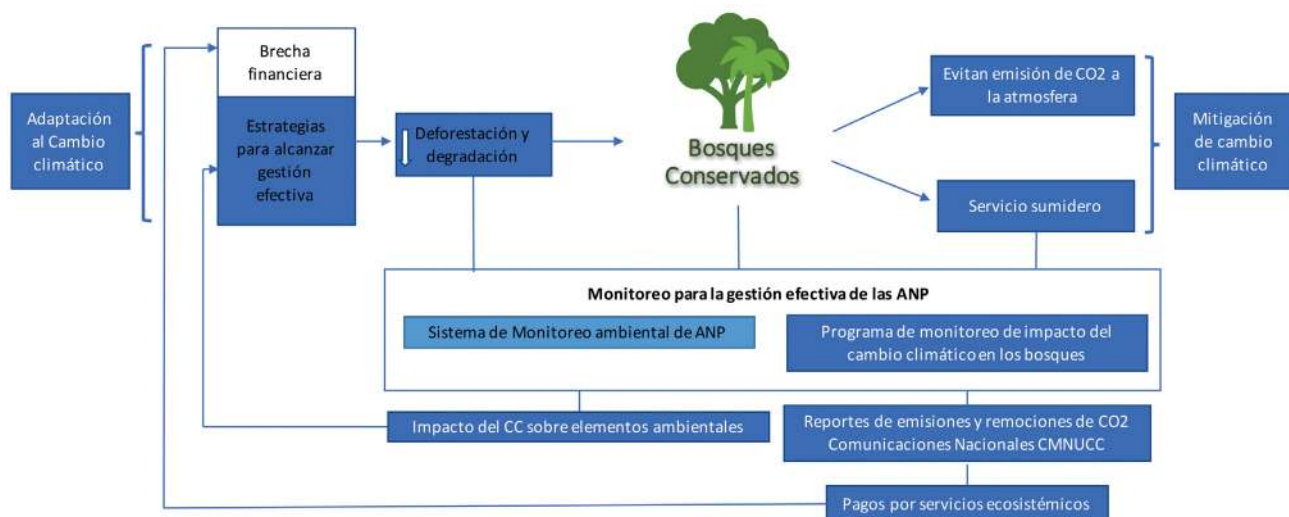


Figura 3. Modelo conceptual para la inclusión del monitoreo de la dinámica de los bosques tropicales para lograr su conservación.

EL PAPEL DEL SUMIDERO DE CARBONO DE LOS BOSQUES INTACTOS EN LOS PAGOS POR SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (PSE)

Si el sumidero de carbono de los bosques intactos de Perú sería reconocido, podría abrir nuevas oportunidades para el financiamiento de la conservación a través de mecanismos de redistribución por servicios ecosistémicos basado en carbono (Baker *et al.*, 2010). Estos mecanismos buscan la mitigación del cambio climático a través de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero producidos por la deforestación o degradación evitada (Grassi *et al.*, 2017). Estas iniciativas podrían ser una fuente clave para cubrir la brecha financiera que el SERNANP requiere para alcanzar una gestión efectiva que garantice la conservación de los bosques dentro de las ANPs (Fig. 3).

Los diferentes sistemas de pagos por retribución de servicios ecosistémicos basados en carbono, comparten dos características claves: la necesidad de incluir incentivos y la condicionalidad de los pagos por resultados (Somerville *et al.*, 2009, Baker *et al.*, 2010). Por ejemplo, el programa de Reducciones de Emisiones de Deforestación y Degradación (REDD+), que el CMNUCC aprobó en 2013, es un mecanismo de mitigación del cambio climático que busca reconocer y proveer incentivos positivos a los países en desarrollo a fin de que se reduzca las emisiones de carbono por deforestación y degradación. El SERNANP cuenta con tres proyectos de reducción de REDD+ en cuatro ANPs del bioma amazónico: los Parques Nacionales Cordillera Azul y Bahuaja Sonene, la Reserva Nacional de Tambopata y el Bosque de Protección del Alto Mayo (Fig. 1). Estos proyectos han logrado evitar la deforestación de 84,693 hectáreas y la emisión de 29.9 millones de toneladas de carbono a la atmósfera, a través del desarrollo de actividades de conservación y

promoción de actividades económicas sostenibles con las poblaciones locales (SERNANP, 2016). Mientras tanto, estos proyectos, como todas las iniciativas de REDD+ y los niveles de referencia nacionales de GEI del sector forestal sometidos al CMNUCC por los países con bosques tropicales (p.e. MINAM 2015), no incluyen el sumidero de carbono en los bosques intactos.

La capacidad de los bosques intactos de funcionar como sumideros de carbono podría ser integrada dentro de los cálculos de emisiones evitadas, si el sumidero esta monitoreado e integrado en el cálculo de la línea base del proyecto. La inclusión del sumidero de carbono en los bosques intactos aumentaría el impacto de un proyecto REDD+ en términos de reducciones de emisiones de GEI, porque la conservación de un área de bosque intacto incorporaría no solo el mantenimiento del stock de carbono, sino también su capacidad de aumentar en el futuro. Mientras esta remoción de emisiones, no esté incluida en los proyectos REDD+, de todas maneras, cuantificar y monitorear el sumidero de carbono en los bosques intactos aumentaría las posibilidades, a través de sistemas de PSE, de generar capacidades técnicas y financieras para cubrir la brecha hoy en día en la gestión de las ANPs de Perú.

UN SISTEMA DE MONITOREO PARA APOYAR EL DISEÑO DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

La inclusión de la cuantificación del sumidero en el reporte del inventario nacional de GEI del país implicaría el mantenimiento de un sistema de monitoreo para cuantificarlo, usando parcelas forestales permanentes. El entender como los bosques están ayudando a mitigar el cambio climático también ayudaría al diseño e implementación de medidas de adaptación

para beneficiar a las poblaciones locales. Estas poblaciones son altamente vulnerables a los cambios en los ecosistemas boscosos ya que los recursos que son su medio de subsistencia pueden verse impactados por el cambio climático.

Enfrentar este reto, permitiría contar con información para la implementación de medidas de adaptación. Por ejemplo, conocer la sensibilidad al cambio climático de una especie como la palmera de aguaje (*Mauritia flexuosa* L. f.), permite ajustar la cuota de cosecha de sus frutos para mantener la sostenibilidad del recurso frente al cambio climático, o diseñar nuevos modelos de actividades productivas alternativas. Conocer los tipos de bosque (p.e. los bosques montanos o los bosques en la zona baja) que son más afectados por los cambios actuales en el clima, permitiría enfocar las actividades de adaptación para reducir amenazas como la fragmentación en las zonas más afectadas. Conocer que ecorregiones del país están teniendo un mayor impacto como resultado del cambio climático, permitiría introducir actividades para aumentar la conectividad de las ANPs en estas zonas. Sin embargo, la planificación frente al cambio climático aún no cuenta con información precisa sobre los procesos que están afectando los bosques, para responder a estas necesidades. Un sistema de monitoreo del sumidero de carbono no solo permitiría cuantificar el papel del bosque en la mitigación del cambio climático, sino que también aportaría información necesaria para el diseño de actividades de adaptación (Fig. 3).

LOS PRÓXIMOS PASOS

El monitoreo del sumidero de carbono solo es posible utilizando una red de parcelas forestales permanentes. En el país, el SERNANP lidera una red de parcelas permanentes en alianza con la Universidad de Leeds del Reino Unido, el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), el Jardín Botánico de Missouri (JBM-Oxapampa),

y la Universidad Wake Forest, que fue establecida en ANPs en la región Andino-Amazónica dentro de la iniciativa de RAINFOR (Red Amazónica de Inventarios Forestales) y el proyecto MonANPerú (“Monitoreando las áreas naturales protegidas en el Perú para aumentar la resiliencia de los bosques ante el cambio climático”). MonANPerú da continuidad al monitoreo de la dinámica de la vegetación que cuenta con datos históricos desde 1974. Esta línea base es clave para entender cómo los bosques han sido afectados por el cambio climático a largo plazo. Por ejemplo, datos de estas parcelas han permitido determinar que la composición florística de los bosques amazónicos ha variado como efecto de las sequías que azotaron la Amazonía recientemente (Esquivel-Muelbert *et al.*, 2018). No obstante, para entender que variables climáticas estarían afectando a los bosques (p.e. el aumento en la temperatura, las sequías, e inundaciones) y sus efectos sobre las especies para luego establecer acciones de adaptación prioritarias, es necesario fortalecer el monitoreo de esta red de parcelas permanentes en tres aspectos.

Primero, sería importante aumentar la representatividad ecológica del sistema. Actualmente el sistema de parcelas forestales está representado principalmente por el bioma amazónico (selva alta y selva baja) siendo necesario abarcar los bosques altoandinos, los bosques de manglares y los bosques secos, porque son claves para poder entender los efectos del cambio climático. Segundo, sería importante incrementar el número de parcelas permanentes para reducir la incertidumbre ($\pm 53\%$) en las estimaciones del sumidero de carbono. Actualmente, se cuenta con 70 parcelas con al menos una remediación (Fig. 1) y 20 parcelas nuevas establecidas por el proyecto MonANPerú, dentro de áreas protegidas. Estimamos que para lograr una incertidumbre de $\pm 35\%$ es necesario un mínimo de 160 parcelas, siendo necesario que el país mantenga las 90

parcelas existentes y además se instalen por lo menos 70 parcelas nuevas en las ANPs. Tercero, sería importante incluir en el diseño del sistema de monitoreo datos actuales e históricos del clima proporcionados por el SENAMHI con el fin de evaluar si los cambios en la dinámica de la vegetación están relacionados a la variabilidad o al cambio climático.

Resulta estratégico implementar y fortalecer la red de parcelas permanentes dentro de las ANPs ya que el estatus legal de las mismas permite asegurar la existencia de las parcelas a largo plazo y por ende la sostenibilidad de la iniciativa. Además, la red de parcelas permanentes continuará produciendo datos sobre el balance de carbono (sumidero y stock) que podrían ser ingresados a la plataforma INFOCARBONO del MINAM, y utilizados en los reportes nacionales del país ante la CMNUCC. La red a su vez, contribuye a entender la dinámica de las poblaciones de especies económicamente importantes, información que fortalece los planes de manejo y asegura los beneficios a las poblaciones locales. Todo ello es una oportunidad para establecer mecanismos financieros que darán la sostenibilidad financiera y ecológica a las acciones de conservación de los bosques tropicales de las ANPs frente al cambio climático durante las siguientes décadas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al SERNANP por otorgarnos el permiso de investigación No 026-2017 SERNANP-DGANP para realizar el trabajo de campo del proyecto MonANPerú (Monitoreo de áreas naturales protegidas en el Perú para incrementar la resiliencia de los bosques ante el cambio climático). Este trabajo de campo y la síntesis presentada en este manuscrito fueron

financiados por La Fundación Gordon and Betty Moore. Agradecemos a G. Chipana, L. Ruck & J. Ramírez del SERNANP por su apoyo durante el desarrollo del proyecto y a R. Brienens, K. García, Y. Malhi, M. Silman y J. Terborgh por su trabajo en el establecimiento y mantenimiento de la red de parcelas en Perú. Los datos históricos de las parcelas de RAINFOR colectados durante los últimos tres décadas fueron obtenidos de ForestPlots.net. Para una lista completa de los agradecimientos de RAINFOR, ver Brienens *et al.* (2015).

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aguilar-Amuchastegui, N.; Funk, J.; Ashley-Cantello, W.; Evans, T.; Griffin, B.; Bush, J.; Chuvasov, E.; Harris, N.; Phillips, O. L.; Soares, M.; Van Der Hoff R.; Petersen, K. (in review) Securing the climate benefits of stable forests. *Climate Policy*.
- Baker, T.R.; Phillips, O. L.; Malhi, Y.; Almeida, S.; Arroyo, L.; Di Fiore, A. *et al.* 2004. Increasing biomass in Amazonian forest plots. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B: Biological Sciences*, 359: 353-365.
- Baker, T.R.; Jones, J.P.G.; Rendón Thompson, O.R.; Cuesta, R.M.R.; Del Castillo, D.; Aguilar, I. C.; Healey, J.R. 2010. How can ecologists help realise the potential of payments for carbon in tropical forest countries? *Journal of Applied Ecology*, 47: 1159-1165.
- Brienens, R.J.; Phillips, O.L.; Feldpausch, T.R.; Gloor, E.; Baker, T.R.; Lloyd, J. *et al.* 2015. Long-term decline of the Amazon carbon sink. *Nature*, 519: 344-348.
- Carnegie Institution for Science, MINAM. 2015. The High-Resolution Carbon Geography of Perú. 69pp.

- Esquivel-Muelbert, A; Baker, TR; Dexter, KG; Lewis, SL; Brienen, RJW; Feldpausch, TR. *et al.* (2018). Compositional response of Amazon forests to climate change. *Global Change Biology*. doi:10.1111/gcb.14413
- Grassi G., House J., Dentener F., Federici S., Elzen M.d. and Penman J. (2017) The key role of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation. *Nature Climate Change*, 7, 220-226.
- Lewis, S.L.; Lopez-Gonzalez, G.; Sonké, B; Affum-Baffo, K.; Baker, T.R.; Ojo, L.O. *et al.* 2009. Increasing carbon storage in intact African tropical forests. *Nature*, 477, 1003-1006
- Ministerio del Ambiente (MINAM). 2015. Presentación de Perú de un Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF) para reducir las emisiones por deforestación en la Amazonía peruana. 66pp.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). 2016a. El Perú y el Cambio Climático: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. 329pp. RBNP N.º 2016-04430
- Ministerio del Ambiente (MINAM). 2016b. La Contribución Nacional del Perú - iNDC: agenda para un desarrollo climáticamente responsable. 22pp. RBNP N.º 2016 - 05545
- Phillips O.L.; Brienen R.J.; RAINFOR 2017. Carbon uptake by mature Amazon forests has mitigated Amazon nations' carbon emissions. *Carbon Balance Management* 12:1
- Phillips, O.L.; Malhi, Y.; Higuchi, N.; Laurance, W.F.; Núñez, P.V.; Vásquez, R.M.; Laurance, S.G.; Ferreira, L.V.; Stern, M.; Brown, S.; Grace, J. 1998. Changes in the carbon balance of tropical forests: evidence from long-term plots. *Science*, 282: 439-442.
- Qie, L.; Lewis S.L.; Sullivan, M.J.; Lopez-Gonzalez, G.; Pickavance, G.C.; Sunderland, T.; Ashton P.; Hubau, W.; Abu Salim, K.; Aiba S.; Banin L.F.; Berry, N.; Brearley F.Q.; Burslem, D.F.R.P.; Dančák, M.; ...Phillips, O.L. 2017. A long-term carbon sink in Borneo's forests, halted by drought and vulnerable to edges. *Nature Communications*, 8. DOI10.1038/s41467-017-01997-0.
- Saatchi, S.S.; Harris, N.L.; Brown, S.; Lefsky, M.; Mitchard, E.T.; Salas, W. *et al.* 2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108: 9899-9904.
- Servicio Nacional de Areas Naturales Protegidas (SERNANP). 2016. Memoria institucional 2011-2016. 76 pp. RBNP N.º 2016 -09111
- Somerville, M.; Jones, J.P.G.; Milner-Gulland, E.J. 2009 A revised conceptual framework for payments for environmental services. *Ecology and Society*, 14(2): 34.
- Watson J.E.M.; Evans T.; Venter O.; Williams B.; Tulloch A.; Stewart, C. *et al.* 2018. The exceptional value of intact forest ecosystems. *Nature Ecology & Evolution*, 2: 599-610.

Recibido: 18 de mayo de 2018 **Aceptado para publicación:** 21 de agosto de 2018