



# FUEGOS Y ÁREAS PROTEGIDAS DE LA AMAZONIA COLOMBIANA: CAMBIO EN LOS MOTORES DE DEFORESTACIÓN

Dolors Armenteras\*<sup>1</sup>, Tania Marisol González<sup>1</sup>, Sebastián Barreto<sup>1</sup>

## RESUMEN

Las tasas de deforestación en Colombia han vuelto a aumentar desde el año 2016, época que coincide con la firma del tratado de paz y en la que hubo una movilización de personas asociadas a grupos armados que abandonaron las tierras alrededor de las áreas protegidas. El análisis de la información obtenida por teledetección de los últimos 6 años muestra que los incendios han aumentado respecto a la tendencia que tenían, particularmente en el inicio del año 2018. Estos incendios están asociados con el avance de actividades agrícolas y ganaderas y a la falta de claridad en la tenencia de la tierra, pero sobre todo al uso del fuego en la práctica de roza, tumba y quema y, a las malas prácticas de manejo del fuego que causan adicionalmente incendios forestales. El aumento de los incendios alrededor de las áreas protegidas de la Amazonia colombiana puede ser el resultado de un vacío o un cambio de gobernanza producto del desmantelamiento de organizaciones armadas que hacían presencia en esas áreas. La falta de gobernanza local y la problemática con la tenencia de la tierra son los motores actuales del aumento de los incendios (que es un proxy de deforestación en la Amazonia). Las tasas de deforestación proporcionan evidencia del patrón durante el conflicto, pero creemos que los datos de fuego son un mejor proxy para los cambios en el territorio post acuerdo de paz. Lejos de avanzar hacia la

sostenibilidad, el acuerdo de paz en Colombia ha cambiado e intensificado los factores de pérdida de bosques y está aumentando las presiones sobre la conservación de las áreas protegidas.

## Palabras clave:

Conflicto, impulsores de la deforestación, Amazonia colombiana, conservación, ecología del fuego.

## ABSTRACT

Deforestation rates in Colombia have increased again since 2016, a time that coincides with the signing of the peace treaty and in which there was a mobilization of people associated with armed groups that abandoned lands surrounding protected areas. The analysis of the information obtained by remote sensing during the last 6 years shows that fires have increased with regards to the previous trend, particularly at the beginning of 2018. These fires are associated with the development of agricultural and livestock activities and the lack of clarity in land possession, but above all, with the use of fire in the practice of clearing, slash-and-burn, and bad fire management practices that cause additional rainforest fires. The increase in fires around the protected areas of the Colombian Amazon region

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Ecología del Paisaje y Modelación de Ecosistemas-ECOLMOD, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Carrera 30 No. 45-03, Bogotá, Colombia. darmenterasp@unal.edu.co\*

may be the result of a vacuum or a change in governance resulting from the dismantling of armed organizations that were present in those areas. The lack of local governance and the problems with land tenure are the current drivers of the increase in fires (which is a proxy for deforestation in the Amazon region). Deforestation rates provide evidence of the pattern during the conflict, but we believe that fire data is a better proxy for changes in the post-peace agreement territory. Far from moving towards sustainability, the peace agreement in Colombia has changed and intensified the factors of rainforest loss and pressure for the conservation of protected areas is increasing.

### Key Words:

Conflict, deforestation drivers, Colombian Amazon region, conservation, fire ecology

## INTRODUCCIÓN

Una pregunta central para los científicos y los tomadores de decisiones es ¿cómo controlar las tendencias actuales de aumento de la deforestación en el trópico?, especialmente en países latinoamericanos. Además de los efectos negativos de la deforestación sobre la biodiversidad, la pérdida de bosques tropicales representa entre el 8 y el 15% de las emisiones de carbono de gases de efecto invernadero, lo que provoca el calentamiento del planeta y cambios en el sistema climático (Chazdon *et al.* 2016; Hanson *et al.* 2009; Houghton, Byers, and Nassikas 2015; Newbold *et al.* 2014). El conflicto armado se considera como un factor importante de deforestación (McSweeney *et al.* 2014), aunque los resultados de estudios que han analizado su impacto muestran resultados heterogéneos en particular en el trópico. Los conflictos violentos en áreas tropicales han afectado la cobertura forestal de muchos países de África, Asia y América Latina (Fjeldså *et al.* 2005; Hanson *et al.* 2009; McNeely 2003; Baumann and Kuemmerle 2016). En algunos casos, la violencia está asociada a un aumento en las tasas de deforestación (McNeely 2003; Hanson *et al.* 2009). Esto suele estar debido principalmente a los cambios en la tenencia de la tierra (Baumann and Kuemmerle 2016), y cambios en las prácticas agrícolas como son la expansión de



cultivos ilícitos (Baumann and Kuemmerle 2016; McNeely 2003). La deforestación también está asociada a la explotación incontrolada de los recursos forestales (McNeely 2003; Hanson *et al.* 2009) y la expansión de cultivos comerciales (Alvarez 2002; Dávalos *et al.* 2011). Otros estudios han mostrado lo contrario, por ejemplo en Colombia, la existencia de áreas dominadas por diferentes grupos armados resultó en la creación de una especie de barrera para las aéreas protegidas, con el objetivo de reducir la explotación insostenible de los recursos naturales (Dávalos 2001) En Nicaragua, McNeely (2003), reportó que el conflicto político impulsó la recuperación de la biodiversidad.

En Colombia, la pérdida de bosques ha sido impulsada por múltiples fuerzas (Armenteras, Espelta, *et al.* 2017; Wassenaar *et al.* 2007), con algunas variaciones intrarregionales, la pérdida de bosques en Colombia está impulsada por la expansión de la frontera agrícola (Armenteras *et al.* 2013; Etter *et al.* 2006; Armenteras and Retana 2012) el aumento de los cultivos ilícitos (Dávalos *et al.* 2011), la tala ilegal (Armenteras *et al.* 2006), y la transformación del bosque en pastos para la ganadería (Armenteras, Rodríguez, and Retana 2013). Otras causas locales reportadas de deforestación son la minería (Chadid *et al.* 2015) we examine the conversion of forests to pastures and coca crops (illicit activity, la creación

de caminos (Dávalos, Sanchez, and Armenteras 2016; Armenteras, Barreto, *et al.* 2017) y el establecimiento de asentamientos humanos (Armenteras *et al.* 2013; Armenteras *et al.* 2011). En el presente trabajo argumentamos que, en casos como el de Colombia, donde el conflicto limitaba el acceso de las personas al bosque, la interrupción del conflicto ha provocado consecuencias no deseadas, como el aumento de las tasas de deforestación. Las negociaciones de paz y los tratados, como el que se llevó a cabo en Colombia, podrían abrir la puerta a una explotación no planificada de aquellas áreas que anteriormente se consideraban inaccesibles (McNelly 2003).

## DEFORESTACIÓN E INCENDIOS

Los patrones del fuego en regiones tropicales de Latinoamérica son estacionales. La temporada de incendios en Colombia suele ser entre diciembre y febrero, mientras que en Perú y Brasil entre mayo y julio (Chuvieco *et al.* 2008; Armenteras, Barreto, *et al.* 2017; Armenteras-Pascual *et al.* 2011a; Armenteras and Retana 2012). A pesar de las diferencias en la temporalidad de los incendios entre los países de América Latina, los incendios están fuertemente influenciados por el clima en todos los países (Fernandes *et al.* 2011).

Los cultivos tradicionales y el desmonte del bosque para la ganadería están también comúnmente relacionados con la deforestación en el trópico (Nepstad *et al.* 2001; Lima *et al.* 2012; Philip M Fearnside and Barbosa 2004; Kirby *et al.* 2006; Philip Martin Fearnside *et al.* 2009; Armenteras, Gibbes, *et al.* 2017a; Armenteras and Retana 2012). En Colombia la deforestación está asociada en muchos casos, con el uso del fuego para la agricultura y el manejo de pastos (Armenteras, Gibbes, *et al.* 2017b; Armenteras and Retana 2012; Armenteras, Barreto, *et al.* 2017; Armenteras, González, and Retana 2013). La presencia de incendios también se ha asociado con la tenencia y adquisición de la tierra (Dávalos *et al.* 2014) pero adicionalmente tienden a ocurrir con mayor frecuencia en bosques previamente fragmentados (Armenteras, González, and Retana 2013). Esto sucede en particular en la Amazonia, donde al igual que en Brasil, los incendios están relacionados en gran medida con la deforestación y con el

aumento de los bordes de los bosques (Cochrane & Laurance 2002; Cochrane 2001).

Cuando se dan condiciones climáticas anormales tales como el aumento de las sequías, se combinan con las demandas de tierra para la agricultura, los procesos de deforestación se exacerbaban (Flannigan *et al.* 2009; Aragao *et al.* 2008; Malhi *et al.* 2008) y ocurren más incendios en la medida en que las condiciones climáticas son más secas (Armenteras-Pascual *et al.* 2011; Armenteras and Retana 2012). Para Colombia, estudios previos han demostrado que el vínculo entre los incendios y la deforestación, está frecuentemente mediado por el acceso de los colonos y agricultores a nuevas áreas (Armenteras and Finlayson 2012; Armenteras, Rodríguez, and Retana 2013). Asimismo, los incendios forestales también están aumentando dado el incremento de bosques degradados más susceptibles a perturbaciones, particularmente en condiciones más secas, y al ser impulsados por incendios que se escapan de forma intencional o no de áreas agrícolas adyacentes (Armenteras, Gibbes, *et al.* 2017b).

## DEFORESTACIÓN Y POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN

Existe un esfuerzo de restringir la deforestación tropical a través de iniciativas Internacionales tales como ONU REDD+, mecanismo del cual Colombia hace parte. A pesar de esto, para el 2016, Colombia, informó que se deforestaron 178.000 has (IDEAM 2017), y para 2017 se ha reportado que la deforestación fue de 219.973 has (IDEAM 2018), y se espera que en 2018 las cifras de pérdida de bosque sean iguales o mayores. Una de las estrategias para la protección de los ecosistemas naturales, es la creación de áreas protegidas que se ha considerado a nivel mundial como una barrera efectiva para detener la deforestación (Leverington *et al.* 2010; Geldmann *et al.* 2013; Nolte *et al.* 2013). En Colombia la creación de áreas protegidas ha sido central en las políticas de conservación, con resultados generalmente positivos como lo demuestra la eficacia documentada de las áreas protegidas para frenar la pérdida de bosques y la ocurrencia de incendios (Armenteras, Rodríguez, and Retana 2009; Rodríguez, Armenteras, and Retana 2013). A inicios de la década, se estimaba

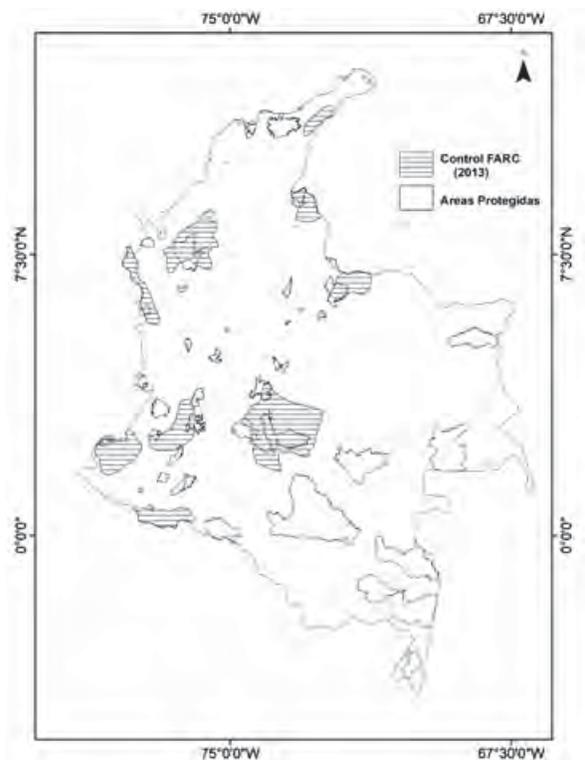
que la ubicación espacial de las áreas protegidas también podía explicar su éxito como estrategia de conservación y las áreas protegidas más remotas en la Amazonia se consideraban con bajas amenazas de deforestación precisamente por su poca accesibilidad (Forero-Medina and Joppa 2010). Esta situación de menor accesibilidad, entre otras razones, las hicieron muy atractivas para el establecimiento de los grupos armados. La Figura 1 muestra las áreas que en 2013 permanecían bajo control o la influencia de grupos armados de guerrilla y su relación con la ubicación de las áreas protegidas en la Colombia Amazonia. Esta Figura se utilizó recientemente para mostrar el potencial de nuevas áreas disponibles para la investigación (Wade 2018) en Colombia. A pesar de que muchos de esos grupos han abandonado esas regiones, parecen surgir nuevos patrones de deforestación como los que se reportan para los tres Parques Nacionales Macarena, Tinigua y Picachos con una estimación de deforestación para 2018 que se prevé al interior de estas áreas en 13200 ha (Armenteras *et al* 2018)

## La superposición de incendios con las áreas protegidas en el post-acuerdo

Además de tener conocimiento de las zonas usadas por los grupos guerrilleros y la ubicación de las áreas protegidas, se sabe muy poco sobre los impactos que el tratado de paz en Colombia está teniendo en términos de la transformación de la tierra, aunque se empiezan a ver señales que no coinciden con algunas de las expectativas planteadas (Baptiste *et al.* 2017). Preguntas sobre como la forma en que la desmovilización ??? de los grupos armados afectará el acceso y el uso de la tierra empiezan a ser respondidas de forma muy incipiente. Sin duda, las implicaciones para la conservación durante los períodos de guerra y del post-conflicto siguen siendo en gran parte desconocidas (Alvarez 2002). También es incipiente los avances en tratar de entender cómo los conflictos armados y sus consecuencias han afectado la cobertura forestal en áreas protegidas o reservas con algún tipo de manejo especial, tales como parques nacionales y/o reservas naturales. El Parque Nacional Natural La Macarena fue, en el pasado, involuntariamente protegido por la guerrilla de las FARC, en gran parte a través de la prohibición de actividades agrícolas alrededor de sus campamentos en la región sur del Parque (McNeely 2003). La

presencia de las fuerzas armadas y el conflicto en muchas regiones de Colombia actuaron como un freno a las actividades asociadas con el control de la tenencia de la tierra y en el aumento de las actividades agrícolas, lo que resultó en una reducción en el uso del fuego (Dávalos 2001). La situación actual es diferente; en este documento sostenemos que el tratado de paz firmado en Colombia ha creado nuevas condiciones socio-ecológicas alrededor de las áreas protegidas que impulsan la deforestación. La falta de presencia institucional después de la desmovilización de los grupos guerrilleros ha abierto nuevas posibilidades de tenencia de la tierra, lo que está llevando a la conversión de bosques en tierras agrícolas, y es aquí donde la evidencia muestra que el uso del fuego está asociado con tales patrones.

Para probar este punto, este trabajo presenta los resultados de un estudio de patrones de incendios detectados en la Amazonia por el instrumento VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) a bordo del satélite Suomi National Polar-Orbiting Partnership. Se colectaron datos diarios detectados por este instrumento desde enero del



**FIGURA 1.** ÁREAS PROTEGIDAS Y PRESENCIA DE GRUPOS GUERRILLEROS EN EL TERRITORIO AL AÑO 2013. FUENTE: ADAPTADO DE WADE 2018.

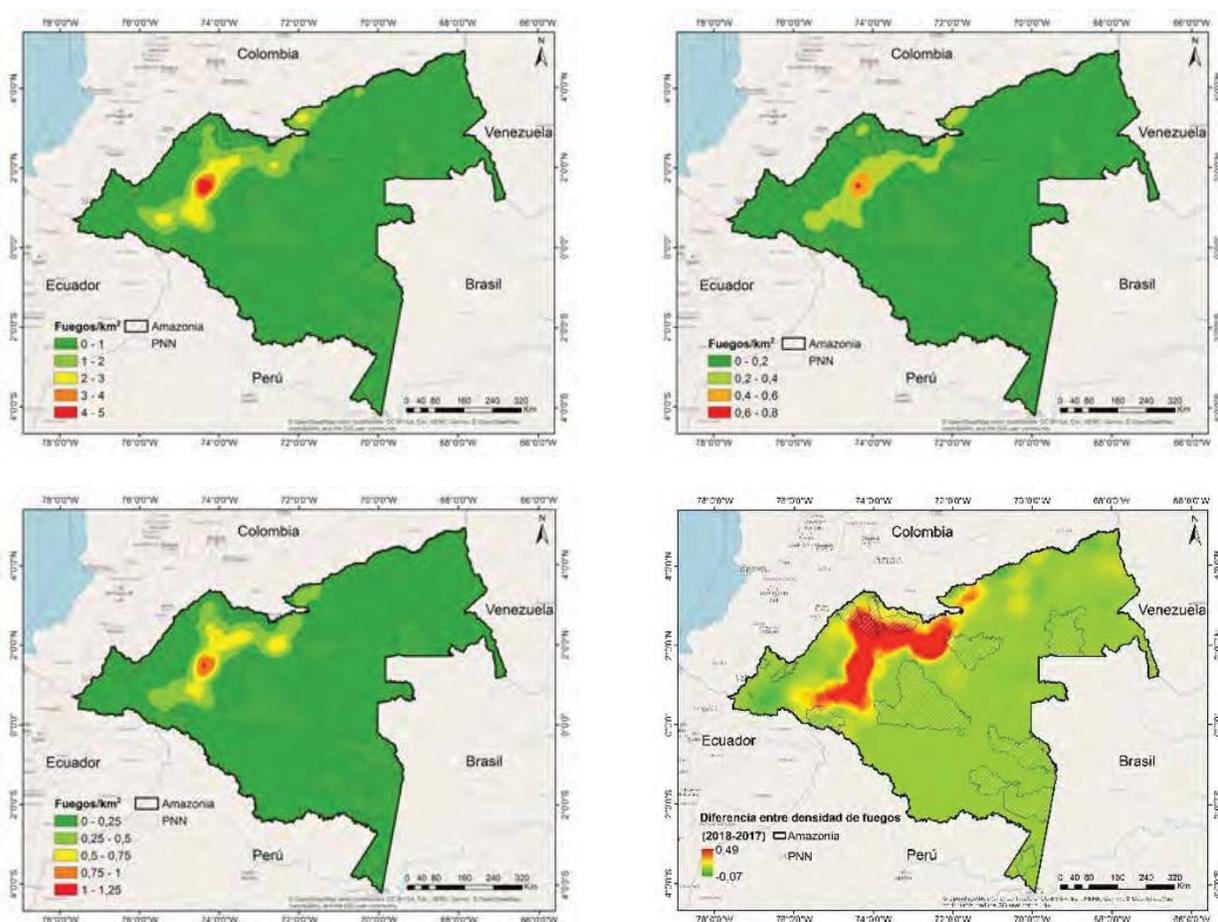
2012 a septiembre del 2018, descargados a partir de la base de datos FIRMS (Fire Information for Resource Management System). Se utilizaron técnicas de análisis espacial para analizar los patrones de ocurrencia dentro y fuera de las áreas protegidas de la región. Para estandarizar los datos de ocurrencia de fuegos se emplearon medidas de densidad de eventos (número de eventos por km<sup>2</sup>) y también se analizó la ocurrencia de incendios con respecto a la distancia en “buffers” de 1 km hasta 10 km desde el límite oficial de las áreas protegidas.

## RESULTADOS

En la Figura 2 se muestra la distribución de la densidad de incendios en la Amazonia colombiana desde el año 2012 hasta 2018 (Figura 2A), utilizando los datos de incendios activos detectados por VIIRS. Los datos muestran una densidad promedio para

la Amazonia de 0,324 incendios por km<sup>2</sup>. Fuera de áreas protegidas la densidad de fuegos es de aproximadamente 0,382 fuegos por km<sup>2</sup>, es decir cuatro veces más que el promedio detectado de incendios dentro de áreas protegidas (0,083 incendios / km<sup>2</sup>). La Figura 2 también muestra la densidad de incendios en los años 2017 (Figura 2B) y 2018 (Figura 2C) y la diferencia en ocurrencia del año 2018 respecto al 2017 (Figura 2D).

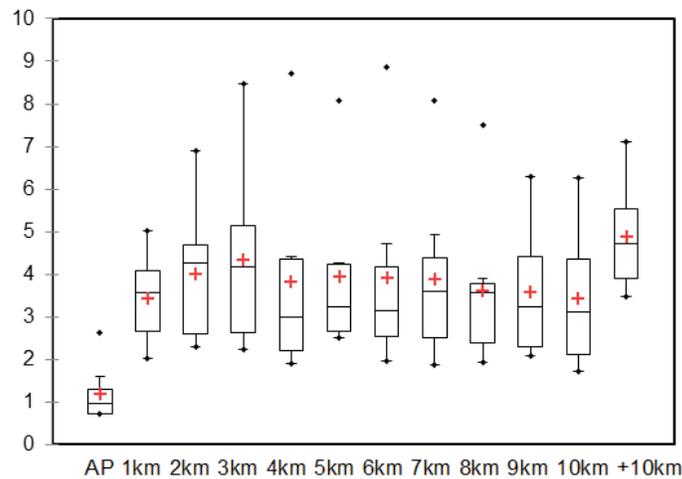
Al observar de cerca los patrones de incendios en Colombia, vemos cómo la ubicación de los incendios se concentra en las áreas protegidas y alrededor de ellas. Durante el período de enero a febrero del 2018 (temporada de quemas), la cantidad de incendios en Colombia casi se duplicó (1,84 veces) en comparación con los incendios en el mismo período en el año 2017. Este patrón es ligeramente mayor en las áreas de amortiguamiento de las áreas protegidas (2,05 veces) y dentro de las áreas protegidas



**FIGURA 2.** DENSIDAD DE FOCOS ACTIVOS DETECTADOS POR VIIRS EN EL PERIODO 2012-2018 (A), 2018 (B), 2018 (C) Y CAMBIO EN LA OCURRENCIA DE 2018 SOBRE 2017 (D).

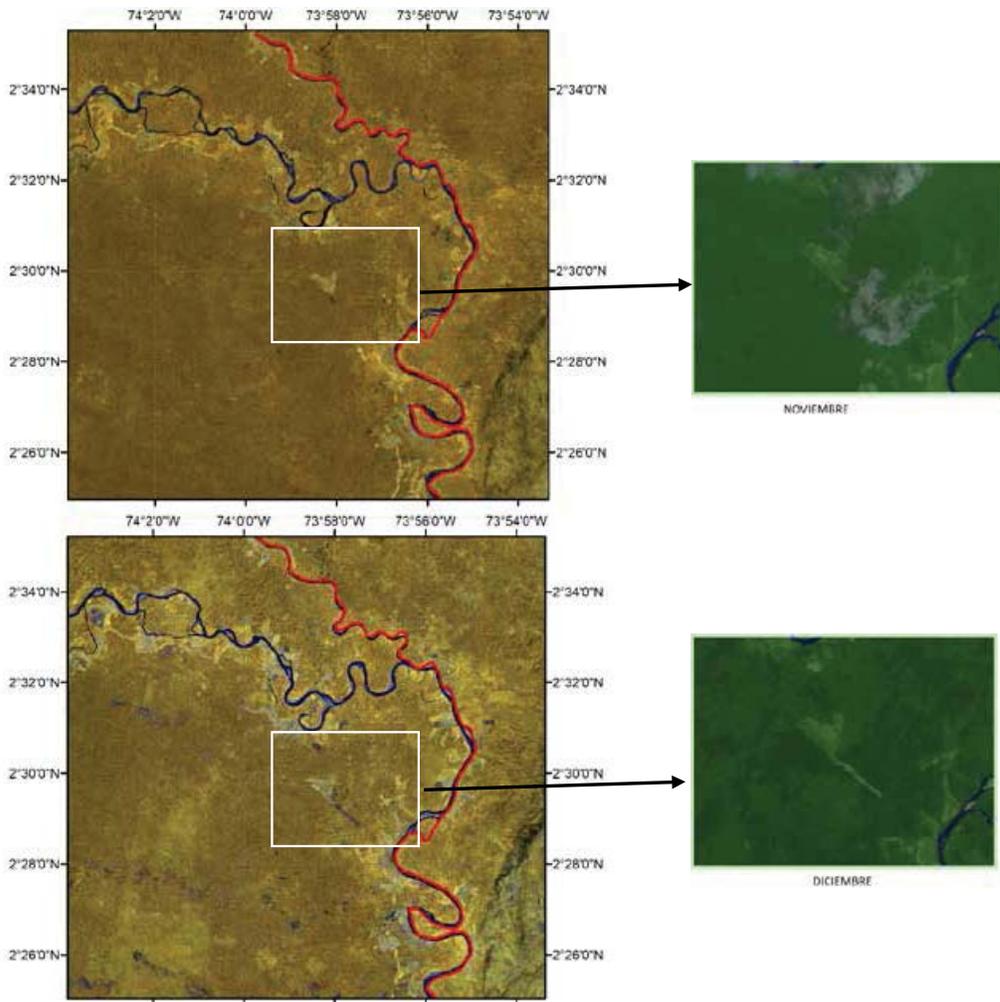
se ha triplicado (2,78 veces). El aumento actual de los incendios no está impulsado por las condiciones climáticas, si ese fuera el caso, el aumento de incendios debería ocurrir en toda la región. Además, la ocurrencia de incendios para el 2018 muestra que las áreas protegidas y las áreas de amortiguamiento experimentaron mayor incremento relativo de incendios que el resto del país. Los resultados de la ocurrencia de incendios en las áreas de amortiguación de las áreas protegidas muestran que los 3 km alrededor de las áreas protegidas están sufriendo una densidad elevadísima de incendios en el 2018, casi tan alta como el promedio más allá de los 10 km de la zona de amortiguamiento (Figura 3).

Una mirada detallada a la Amazonia indica que los incendios en los tres parques nacionales más afectados de la región muestran los siguientes resultados: a) Sierra de La Macarena (2,5 veces más incendios en el 2018 vs el 2017), b) Tinigua (4,7 veces) y Cordillera los Picachos (4,6 veces). El aumento de los incendios es significativo y más elevado que el promedio nacional, además, estos tres Parques Nacionales Naturales se encuentran ubicados en áreas que fueron muy controladas por las FARC durante el conflicto y con las proyecciones de deforestación mencionadas con anterioridad para 2018 (Armenteras *et al* 2018). En diciembre 2017 se detecta dentro del Parque Tinigua una posible pista



**FIGURA 3.** DENSIDAD DE FUEGOS PARA EL PERIODO 2012-2018 DENTRO DE ÁREAS PROTEGIDAS, A DISTANCIAS DE 1 A 10 KM DEL LÍMITE DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS Y MÁS ALLÁ DE 10 KM, EN EL RESTO DEL TERRITORIO.





**FIGURA 4.** IMÁGENES LANDSAT DE FEBRERO 2017 (SUPERIOR) Y FEBRERO 2018 (INFERIOR) PARA UN ÁREA DEL ESTE DEL PARQUE NACIONAL TINIGUA (LÍMITE EN ROJO). EN EL ACERCAMIENTO SE APRECIA QUE LA CONSTRUCCIÓN DE LA ZONA POSIBLE DE PISTA OCURRIÓ EN DICIEMBRE 2017.

de aterrizaje (Figura 4 ) Otro ejemplo es el Parque Nacional Nukak, sobre todo en el frente oeste, en el cuál las tierras que rodean el Parque se utilizaron para cultivos ilícitos en el pasado (Armenteras, Rodríguez, and Retana 2009).

## DISCUSIÓN

### Vacío institucional y débil gobernanza forestal

La diferencia en el número de incendios detectados antes y después de la firma del tratado de paz es evidencia de un aumento de la transformación de los

bosques a tierras agrícolas y pastos. El fin del conflicto creó la oportunidad de adquirir y usar nuevas tierras para la agricultura, y los territorios protegidos tienen poco efecto en evitar la acaparamiento de tierras y la deforestación. Los datos respaldan nuestra afirmación de que el acuerdo de paz ha intensificado la ocurrencia de incendios y la deforestación alrededor de las áreas protegidas, lo que puede explicar la densidad de fuego para el año 2018.

Consideramos que un aumento tan dramático en los incendios alrededor de las áreas protegidas puede estar asociado con un aumento en las tasas de deforestación. Los impulsores de esa deforestación están relacionados con el acceso a la tierra. El acceso y los nuevos mercados de tierras son el resultado de que



muchas de las áreas previamente controladas por los grupos guerrilleros ahora experimenten una falta de gobernabilidad. El control institucional por parte del Estado colombiano es deficiente y debe fortalecerse. La historia de las áreas protegidas podría explicarse como: 1) durante las décadas del conflicto (1990s-2015s), las áreas protegidas y sus áreas de amortiguamiento actuaron efectivamente contra la deforestación y la ocurrencia de incendios. Esto ya no está ocurriendo, un aumento en los incendios en el año 2018 no puede atribuirse a las condiciones climáticas porque sigue un patrón diferente al nacional, pero si al efecto de la adquisición de tierras en el post-acuerdo. La causa de esta nueva ola de deforestación puede estar relacionada con la movilización de grupos guerrilleros de esas áreas, disidentes y la apertura de tierras para la agricultura y otros proyectos de desarrollo o de colonización no controlada. La guerra fue buena para la conservación, aunque a un costo social muy alto. Desde el acuerdo de paz, el desarme y la movilización eliminaron las barreras que beneficiaban a la biodiversidad (Alvarez 2002; McNeely 2003) y lamentablemente lo que se observa utilizando el fuego como proxy de cambios en el territorio, es una alerta temprana de mayores tasas de deforestación y conflictos de uso de la tierra.

La falta de medios para controlar el acceso a nuevos agricultores u otras personas para deforestar es un problema importante. La conversión ilegal de bosques a tierras agrícolas podría ser el primer paso para un mayor acaparamiento de tierras por parte de

las agroindustrias. La acaparación de tierras podría resultar en un futuro en proyectos de desarrollo a gran escala, sin planificación, esto tendrá un enorme costo en términos de recursos naturales, la deforestación aumentará y las comunidades locales también se verán afectadas. La necesidad de una gobernanza local fortalecida que se articule con la política estatal podría brindar la posibilidad de una transformación de la tierra que beneficie a la población local y evite que grandes extensiones de bosques previamente protegidos se vean afectados o que grandes intereses económicos sean los que empujen las decisiones y cambios territoriales. La debilidad, falta de capacidad de las instituciones públicas, poco involucramiento del sector privado y la falta de concienciación sobre el valor de los ecosistemas presentes en estas áreas, podrían resultar en condiciones ideales para una nueva ola ilegal de conversión de bosques dentro y alrededor de las áreas protegidas.

## CONCLUSIONES

### Retos para sostener la biodiversidad en Colombia

El desarrollo e implementación de políticas que reduzcan la deforestación es siempre un desafío. La deforestación solo se puede controlar si todas las partes que tienen un interés en el proceso están tomando decisiones al respecto. Eso es raro

en regiones como Colombia, donde el conflicto parece ser la constante. Las áreas protegidas han funcionado como barreras. El desarrollo de alternativas para que los pobladores locales utilicen la tierra y que al mismo tiempo mantengan la biodiversidad es una necesidad de largo plazo para la sostenibilidad del país. El nuevo gobierno colombiano tiene el tremendo desafío de poner en un primer plano cómo se debe abordar la conservación y la forma en que las comunidades locales deben participar e involucrarse, balanceando esto con el desarrollo económico. El ejemplo presentado aquí muestra cómo la conservación de áreas protegidas, ya sea a través de una fuerte presencia del estado u otros tipos de control, no es efectiva por mucho tiempo ya que pueden actuar intereses escondidos de terratenientes, especulaciones de tierra u otros. La pregunta ahora es si las áreas protegidas serán suficientes para mitigar las crecientes amenazas ambientales después del acuerdo de paz, o si seguirán siendo parques de papel bajo nuevas amenazas nacidas en parte por la falta de gobernanza y capacidad de respuesta de las instituciones. Es necesario avanzar en la planificación del territorio y la construcción de acuerdos multisectoriales que permitan una mejor comprensión de este proceso, esencial, para anticipar cómo podría mitigarse la deforestación por medio de reformas indispensables en la política de tierras.



## AGRADECIMIENTOS

A Laura Schneider por sus aportes e ideas en su estancia 2017-18 Fulbright Distinguished Chair Biodiversity and Sustainable Development de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá en el grupo ECOLMOD del Departamento de Biología de la sede Bogotá

A la financiación de USAID a través de NAS Subaward Letter No 2000007526

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, MD. 2002. "Illicit Crops and Bird Conservation Priorities in Colombia." *Conservation Biology* 421 (4): 1086–96. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1523-1739.2002.00537.x/full>.
- Aragao, L. E. O.C, Yadvinder Malhi, Nicolas Barbier, Andre Lima, Yosio Shimabukuro, Liana Anderson, and Sassan Saatchi. 2008. "Interactions between Rainfall, Deforestation and Fires during Recent Years in the Brazilian Amazonia." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363 (1498): 1779–85. doi:10.1098/rstb.2007.0026.
- Armenteras-Pascual, Dolors, Javier Retana-Alumbrosos, Roberto Molowny-Horas, Rosa María Roman-Cuesta, Federico Gonzalez-Alonso, and Mónica Morales-Rivas. 2011. "Characterising Fire Spatial Pattern Interactions with Climate and Vegetation in Colombia." *Agricultural and Forest Meteorology* 151 (3). Elsevier B.V.: 279–89. doi:10.1016/j.agrformet.2010.11.002.
- Armenteras, Dolors, Juan Sebastian Barreto, Karyn Tabor, Roberto Molowny, and Javier Retana. 2017. "Changing Patterns of Fire Occurrence in Proximity to Forest Edges, Roads and Rivers between NW Amazonian Countries." *Biogeosciences Discussions*, January, 1–29. doi:10.5194/bg-2016-532.
- Armenteras, Dolors, Edersson Cabrera, Nelly Rodríguez, and Javier Retana. 2013. "National and Regional Determinants of Tropical Deforestation in Colombia." *Regional Environmental Change* 13 (6): 1181–93. doi:10.1007/s10113-013-0433-7.
- Armenteras, Dolors, Josep María Espelta, Nelly Rodríguez, and Javier Retana. 2017. "Deforestation

Dynamics and Drivers in Different Forest Types in Latin America: Three Decades of Studies (1980–2010).” *Global Environmental Change* 46 (June). Elsevier Ltd: 139–47. doi:10.1016/j.gloenvcha.2017.09.002.

Armenteras, Dolors, and Max Finlayson. 2012. “Chapter 5. Biodiversity.” In *Global Environmental Outlook 5*, 133–66.

Armenteras, Dolors, Cerian Gibbes, Jesús A. Anaya, and Liliana M. Dávalos. 2017a. “Integrating Remotely Sensed Fires for Predicting Deforestation for REDD+.” *Ecological Applications* 27 (4): 1294–1304. doi:10.1002/eap.1522.

Armenteras, Dolors, Cerian Gibbes, Jesús A. Anaya, and Liliana M. Dávalos. 2017b. “Integrating Remotely Sensed Fires for Predicting Deforestation for REDD+.” *Ecological Applications*, February. doi:10.1002/eap.1522.

Armenteras, Dolors, Tania Marisol González, and Javier Retana. 2013. “Forest Fragmentation and Edge Influence on Fire Occurrence and Intensity under Different Management Types in Amazon Forests.” *Biological Conservation* 159 (March): 73–79. doi:10.1016/j.biocon.2012.10.026.

Armenteras, Dolors, and Javier Retana. 2012. “Dynamics, Patterns and Causes of Fires in Northwestern Amazonia.” Edited by Ben Bond-Lamberty. *PloS One* 7 (4): e35288. doi:10.1371/journal.pone.0035288.

Armenteras, Dolors, Nelly Rodríguez, and Javier Retana. 2009. “Are Conservation Strategies Effective in Avoiding the Deforestation of the Colombian Guyana Shield?” *Biological Conservation* 142 (7). Elsevier Ltd: 1411–19. doi:10.1016/j.biocon.2009.02.002.

———. 2013. “Landscape Dynamics in Northwestern Amazonia: An Assessment of Pastures, Fire and Illicit Crops as Drivers of Tropical Deforestation.” Edited by Dorian Q Fuller. *PLoS ONE* 8 (1). Public Library of Science: e54310. doi:10.1371/journal.pone.0054310.

Armenteras, Dolors, Nelly Rodríguez, Javier Retana, and Mónica Morales. 2011. “Understanding Deforestation in Montane and Lowland Forests of the Colombian Andes.” *Regional Environmental Change* 11 (3): 693–705. doi:10.1007/s10113-010-0200-y.

Armenteras, Dolors, Guillermo Rudas, Nelly Rodríguez, Sonia Sua, and Milton Romero. 2006. “Patterns and Causes of Deforestation in the



Colombian Amazon.” *Ecological Indicators* 6 (2): 353–68. doi:10.1016/j.ecolind.2005.03.014.

Armenteras, Dolors, Laura Schneider, Liliana María Dávalos (2018) Fires in Protected Areas Reveal Unforeseen Costs of Colombian Peace. *Nature Ecology and Evolution (accepted, in press)*

Baptiste, Brigitte, Miguel Pinedo-Vasquez, Victor H. Gutierrez-Velez, Germán I. Andrade, Pablo Vieira, Lina M. Estupiñán-Suárez, Maria C. Londoño, William Laurance, and Tien Ming Lee. 2017. “Greening Peace in Colombia.” *Nature Ecology and Evolution* 1 (4). doi:10.1038/s41559-017-0102.

Baumann, Matthias, and Tobias Kuemmerle. 2016. “The Impacts of Warfare and Armed Conflict on Land Systems.” *Journal of Land Use Science* 11 (6). Taylor & Francis: 672–88. doi:10.1080/1747423X.2016.1241317.

Chadid, Maria, Liliana Dávalos, Jorge Molina, and Dolors Armenteras. 2015. “A Bayesian Spatial Model Highlights Distinct Dynamics in Deforestation from Coca and Pastures in an Andean Biodiversity Hotspot.” *Forests*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. doi:10.3390/f6113828.

Chazdon, Robin L., Eben N. Broadbent, Danaë M. A. Rozendaal, Frans Bongers, Angélica María Almeyda Zambrano, T. Mitchell Aide, Patricia Balvanera, et al. 2016. “Carbon Sequestration Potential of Second-Growth Forest Regeneration in the Latin American Tropics.” *Science Advances*

- 2 (5): e1501639–e1501639. doi:10.1126/sciadv.1501639.
- Chuvieco, E, S Opazo, W Sione, H Del Valle, Jesús a. Anaya, C Di Bella, I Cruz, *et al.* 2008. “Global Burned-Land Estimation in Latin America Using MODIS Composite Data.” *Ecological Applications* 18 (1): 64–79. <http://www.esajournals.org/doi/pdf/10.1890/06-2148.1>.
- Dávalos, Liliana M. 2001. “The San Lucas Mountain Range in Colombia: How Much Conservation Is Owed to the Violence?” *Biodiversity & Conservation* 10 (1): 69–78. doi:10.1023/A:1016651011294.
- Dávalos, Liliana M, Adriana C Bejarano, Mark A Hall, H. Leonardo Correa, Angelique Corthals, and Oscar J. Espejo. 2011. “Forests and Drugs: Coca-Driven Deforestation in Tropical Biodiversity Hotspots.” *Environmental Science & Technology* 45 (4): 1219–27. doi:10.1021/es102373d.
- Dávalos, Liliana M, Jennifer S Holmes, Nelly Rodríguez, and Dolores Armenteras. 2014. “Demand for Beef Is Unrelated to Pasture Expansion in Northwestern Amazonia.” *Biological Conservation* 170 (February): 64–73. doi:10.1016/j.biocon.2013.12.018.
- Dávalos, Liliana M, Karina M Sanchez, and Dolores Armenteras. 2016. “Deforestation and Coca Cultivation Rooted in Twentieth-Century Development Projects.” *BioScience* 66 (11): 974–82. doi:10.1093/biosci/biw118.
- Etter, A, Clive McAlpine, Kerrie Wilson, Stuart Phinn, and Hugh Possingham. 2006. “Regional Patterns of Agricultural Land Use and Deforestation in Colombia.” *Agriculture, Ecosystems & Environment* 114 (2–4): 369–86. doi:10.1016/j.agee.2005.11.013.
- Fearnside, Philip M, and Reinaldo Imbrozio Barbosa. 2004. “Accelerating Deforestation in Brazilian Amazonia: Towards Answering Open Questions.” *Environmental Conservation* 31 (1): 7–10. doi:10.1017/S0376892904001055.
- Fearnside, Philip Martin, Ciro Abbud Righi, Paulo Maurício Lima De Alencastro Graça, Edwin W H Keizer, Carlos Clemente Cerri, Euler Melo Nogueira, and Reinaldo Imbrozio Barbosa. 2009. “Biomass and Greenhouse-Gas Emissions from Land-Use Change in Brazil’s Amazonian ‘Arc of Deforestation’: The States of Mato Grosso and Rondônia.” *Forest Ecology and Management* 258 (9): 1968–78. doi:10.1016/j.foreco.2009.07.042.
- Fernandes, Katia, Walter Baethgen, Sergio Bernardes, Ruth DeFries, David G. DeWitt, Lisa Goddard, Waldo Lavado, *et al.* 2011. “North Tropical Atlantic Influence on Western Amazon Fire Season Variability.” *Geophysical Research Letters* 38 (12): n/a–n/a. doi:10.1029/2011GL047392.
- Fjeldså, Jon, María D. Álvarez, Juan Mario Lazcano, and Blanca León. 2005. “Illicit Crops and Armed Conflict as Constraints on Biodiversity Conservation in the Andes Region.” *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 34 (3): 205–11. doi:10.1579/0044-7447-34.3.205.
- Flannigan, Mike D, Meg a. Krawchuk, William J de Groot, B Mike Wotton, and Lynn M Gowman. 2009. “Implications of Changing Climate for Global Wildland Fire.” *International Journal of Wildland Fire* 18 (5): 483. doi:10.1071/WF08187.
- Forero-Medina, German, and Lucas Joppa. 2010. “Representation of Global and National Conservation Priorities by Colombia’s Protected Area Network.” *PloS One* 5 (10): e13210. doi:10.1371/journal.pone.0013210.
- Geldmann, Jonas, Megan Barnes, Lauren Coad, Ian D. Craigie, Marc Hockings, and Neil D. Burgess. 2013. “Effectiveness of Terrestrial Protected Areas in Reducing Habitat Loss and Population Declines.” *Biological Conservation* 161. Elsevier Ltd: 230–38. doi:10.1016/j.biocon.2013.02.018.
- Hanson, Thor, Thomas M. Brooks, Gustavo A.B. Da Fonseca, Michael Hoffmann, John F. Lamoreux, Gary MacHlis, Cristina G. Mittermeier, Russell A. Mittermeier, and John D. Pilgrim. 2009. “Warfare in Biodiversity Hotspots.” *Conservation Biology* 23 (3): 578–87. doi:10.1111/j.1523-1739.2009.01166.x.
- Houghton, R. A., Brett Byers, and Alexander A. Nassikas. 2015. “A Role for Tropical Forests in Stabilizing Atmospheric CO<sub>2</sub>.” *Nature Climate Change* 5 (12): 1022–23. doi:10.1038/nclimate2869.
- Kirby, Kathryn R, William F Laurance, Ana K Albernaz, Götz Schroth, Philip M Fearnside, Scott Bergen, Eduardo M Venticinque, and Carlos da Costa. 2006. “The Future of Deforestation in the Brazilian Amazon.” *Futures* 38 (4): 432–53. doi:10.1016/j.futures.2005.07.011.

- Leverington, Fiona, Katia Lemos Costa, Helena Pavese, Allan Lisle, and Marc Hockings. 2010. "A Global Analysis of Protected Area Management Effectiveness." *Environmental Management* 46 (5): 685–98. doi:10.1007/s00267-010-9564-5.
- Lima, André, Thiago Sanna Freire Silva, Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão, Ramon Morais de Feitas, Marcos Adami, Antônio Roberto Formaggio, and Yosio Edemir Shimabukuro. 2012. "Land Use and Land Cover Changes Determine the Spatial Relationship between Fire and Deforestation in the Brazilian Amazon." *Applied Geography* 34 (May). Elsevier Ltd: 239–46. doi:10.1016/j.apgeog.2011.10.013.
- Malhi, Yadvinder, J Timmons Roberts, Richard a Betts, Timothy J Killeen, Wenhong Li, and Carlos a Nobre. 2008. "Climate Change, Deforestation, and the Fate of the Amazon." *Science (New York, N.Y.)* 319 (5860): 169–72. doi:10.1126/science.1146961.
- McNeely, Jeffrey A. 2003. "Conserving Forest Biodiversity in Times of Violent Conflict." *Oryx* 37 (2): 142–52. doi:10.1017/S0030605303000334.
- McSweeney, Kendra, Erik A. Nielsen, Matthew J. Taylor, David J. Wrathall, Zoe Pearson, Ophelia Wang, and Spencer T. Plumb. 2014. "Drug Policy as Conservation Policy: Narco-Deforestation." *Science* 343 (6170): 489–490. doi:10.1126/science.1244082.
- Nepstad, Daniel, Georgia Carvalho, Ana Cristina, Ane Alencar, Â Paulo, Josh Bishop, Paulo Moutinho, et al. 2001. "Road Paving , Fire Regime Feedbacks , and the Future of Amazon Forests." *Forest Ecology and Management* 154: 395–407.
- Newbold, Tim, Lawrence N Hudson, Helen R P Phillips, Samantha L L Hill, Sara Contu, Igor Lysenko, Abigayil Blandon, et al. 2014. "A Global Model of the Response of Tropical and Sub-Tropical Forest Biodiversity to Anthropogenic Pressures." *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 281 (1792): 20141371–20141371. doi:10.1098/rspb.2014.1371.
- Nolte, Christoph, Arun Agrawal, Kirsten M. Silvius, and Britaldo S. Soares-Filho. 2013. "Governance Regime and Location Influence Avoided Deforestation Success of Protected Areas in the Brazilian Amazon." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110 (13): 4956–61. doi:10.1073/pnas.1214786110.
- Rodríguez, Nelly, Dolores Armenteras, and Javier Retana. 2013. "Effectiveness of Protected Areas in the Colombian Andes: Deforestation, Fire and Land-Use Changes." *Regional Environmental Change* 13 (2): 423–35. doi:10.1007/s10113-012-0356-8.
- Wade, Lizzie. 2018. "Peace Dividend." *Science* 360 (6387): 368–73. doi:10.1126/science.360.6387.368.
- Wassenaar, T, P Gerber, P H H Verburg, M Rosales, M Ibrahim, and H Steinfeld. 2007. "Projecting Land Use Changes in the Neotropics: The Geography of Pasture Expansion into Forest." *Global Environmental Change* 17 (1): 86–104. doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.03.007.

