

¿Podría originarse una futura pandemia en el Amazonas?

La ciencia y la política de la prevención de
pandemias en el Amazonas

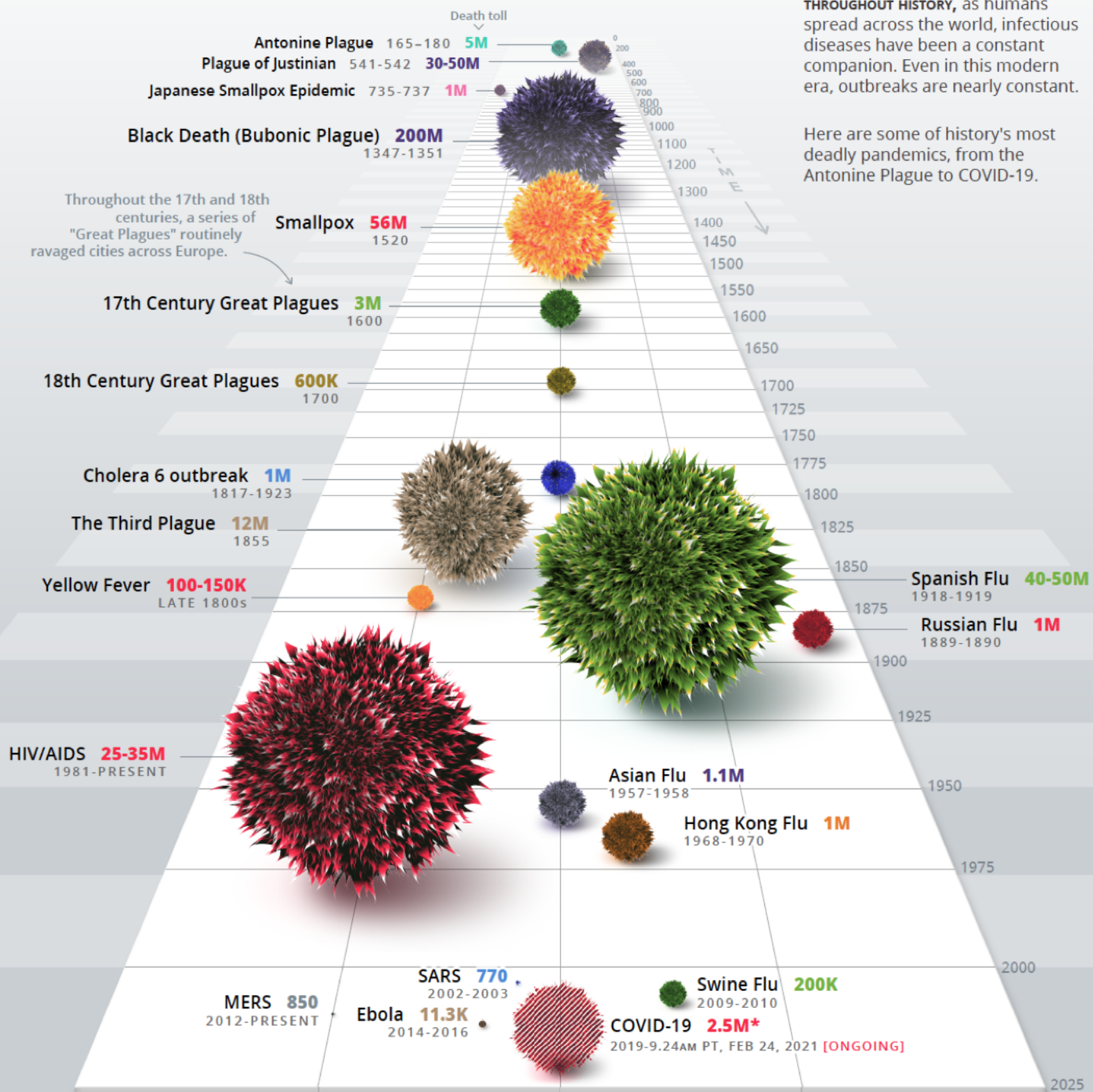


HISTORIA DE LAS PANDEMIAS

PAN•DEM•IC (of a disease) prevalent over a whole country or the world.

THROUGHOUT HISTORY, as humans spread across the world, infectious diseases have been a constant companion. Even in this modern era, outbreaks are nearly constant.

Here are some of history's most deadly pandemics, from the Antonine Plague to COVID-19.



CRÉDITO: VISUAL CAPITALIST

Resumen ejecutivo

Sí, la próxima pandemia bien podría venir del Amazonas. Las pandemias han surgido aproximadamente cada 20 años durante el último siglo y medio. El Amazonas tiene características (alta diversidad de reservorios de virus en la vida silvestre y tasas de deforestación en aumento) comúnmente asociadas a zonas con alta probabilidad de futuras enfermedades emergentes. Sin embargo, en la actualidad, el Amazonas se considera un área de baja circulación. En este informe, sugerimos acciones clave para mantener la circulación baja en el Amazonas y reducir el riesgo de que la cuenca sea la fuente de futuras pandemias.

Las pandemias generalmente son causadas por virus de la vida silvestre, especialmente de roedores, aves y murciélagos, que se transmiten a los seres humanos. Los bosques tropicales son la fuente más rica de virus que causan pandemias, y la deforestación y fragmentación hacen que las personas y la vida silvestre tengan contacto cercano. Con su asombrosa diversidad de vertebrados, especialmente murciélagos, combinados con tasas de deforestación en aumento el Amazonas es una fuente potencial de futuras pandemias.

Las pérdidas económicas mundiales en decenas de billones de dólares, la pérdida de millones de vidas y la interrupción social incalculable como resultado de la COVID-19 sugieren que invertir miles de millones de dólares en la prevención de pandemias es una inversión sólida. El Amazonas, gran parte del cual sigue siendo una región de alta cobertura forestal y baja circulación, ofrece oportunidades rentables para reducir la deforestación y, al mismo tiempo, ayudar a cumplir con los Objetivos de desarrollo sostenible para las personas de toda la región, restaurar el respeto por las tierras indígenas y las áreas protegidas, y proteger el clima regional. Los beneficios regionales de estas acciones merecen inversiones nacionales, que deben complementarse con fondos internacionales para ayudar a prevenir la próxima pandemia. El Amazonas debe tener alta prioridad en cuanto a los esfuerzos globales para prevenir futuras pandemias.

Recomendaciones respecto de políticas:

- **Establecer políticas de control de deforestación sólidas y coordinadas entre los países del Amazonas**
- **Fortalecer los derechos de las tierras indígenas**
- **Terminar con las incursiones ilegales en el bosque amazónico**
- **Mejorar las prácticas de salud, higiene y desarrollo en áreas de alta población**
- **Desalentar el comercio de la vida silvestre**
- **Comprometer la financiación adecuada**

¿Podría originarse una futura pandemia en el Amazonas?

Mariana M. Vale (1), Pablo A. Marquet (2), Derek Corcoran (2), Carlos A. de M. Scaramuzza (3), Lee Hannah (4), Andrew Hart (5), Jonah Busch (4), Alejandro Maass (5), Patrick R. Roehrdanz (4), Jorge X. Velasco-Hernández (6)

1 Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil

2 Pontificia Universidad Católica de Chile

3 Instituto Internacional de Sustentabilidad, Río de Janeiro, Brasil

4 Conservation International

5 Centro de Modelamiento Matemático (CMM), Universidad de Chile

6 Instituto de Matemáticas UNAM-Juriquilla

Derechos de autor: Conservation International

El contenido de esta investigación es propiedad exclusiva de los autores y no puede reproducirse sin su permiso.

Identificador de objeto digital (Digital Object Identifier, DOI): 10.5281/zenodo.4632522

Índice

Resumen ejecutivo	1
Orígenes de las pandemias	2
El Amazonas y las pandemias	3
Modelos de origen de las pandemias	5
Lecciones para el Amazonas	6
Recomendaciones respecto de políticas	8
Costos y financiamiento	10

Orígenes de las pandemias

Las pandemias modernas son causadas por virus y están en aumento. La mayoría de los virus que causan pandemias provienen directa o indirectamente de la vida silvestre, llegan a las personas y luego se transmiten de un ser humano a otro. Los virus que causan pandemias son zoonóticos, lo que significa que provienen de un huésped animal (Woolhouse y Gowtage-Sequeria, 2005), y se descubren nuevos patógenos a una tasa de tres a cuatro especies por año (Woolhouse y Antia, 2008). Este proceso de aparición de enfermedades ya ha causado numerosas pandemias, incluidas las de COVID-19 y VIH/SIDA. A medida que las personas se desplazan cada vez más adentro de los bosques tropicales, aumentan las oportunidades de contacto entre las personas y los animales tropicales (y de que los virus pasen de los animales a las personas).

La deforestación es una de las principales causas de las pandemias (Loh et al., 2015) (**Figura 1**), vinculada a más del 30 % de las nuevas enfermedades informadas desde 1960 (IPBES 2020), incluidas las siguientes: Ébola en África, Nipah en Malasia y Hendra en Australia (Looi y Chua, 2007; Plowright et al., 2015; Leendertz et al., 2016; Rulli et al., 2017; Olivero et al., 2017; Castro et al., 2019). La transmisión de patógenos no solo depende del aumento de la tasa de contacto entre la vida silvestre y los seres humanos, sino también de la abundancia de huéspedes silvestres potencialmente infectados (Faust et al., 2018). La mayor parte de la zoonosis surge de mamíferos con una proporción particularmente alta en roedores, murciélagos y primates (Han et al., 2016, Olival et al., 2017, Johnson et al., 2020). Además, la probabilidad de circulación es mayor en especies asociadas con hábitats alterados (Gibb et al., 2020).



Figura 1. **La deforestación impulsa las pandemias.** Los paisajes saludables con bosques intactos tienen una baja circulación de virus, mientras que los paisajes muy modificados han simplificado los ecosistemas que favorecen a las especies que pueden transmitir virus a las personas.

RIQUEZA DE ESPECIES DE MAMÍFEROS

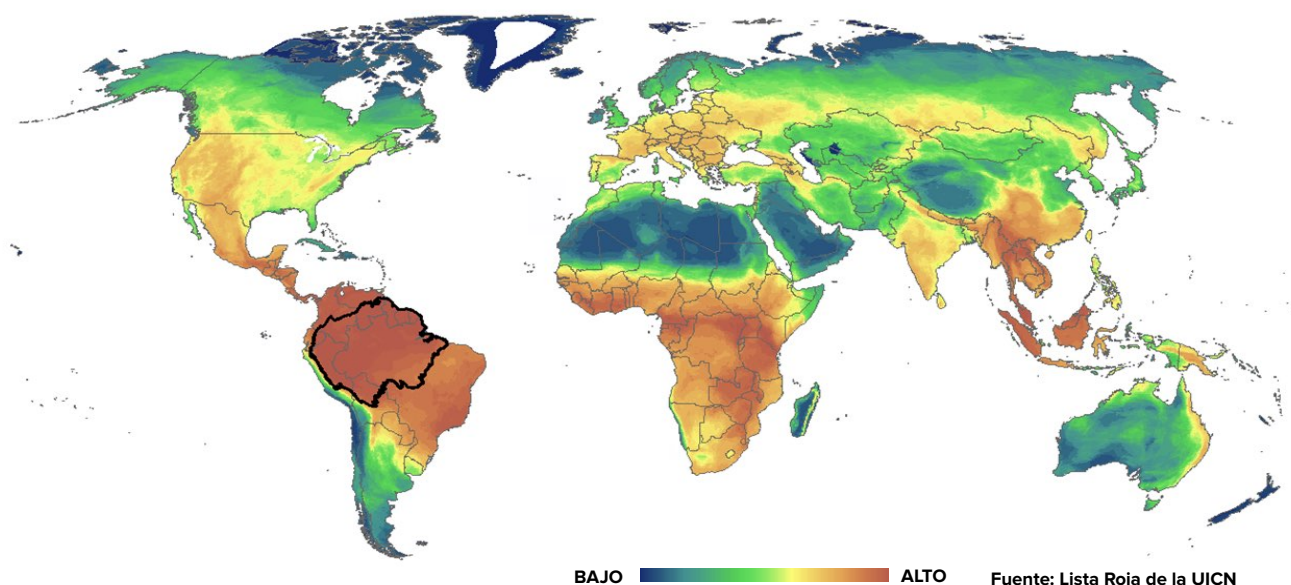


Figura 2. **Diversidad de posibles huéspedes mamíferos.** El Amazonas es particularmente rico en mamíferos (parte superior), especialmente murciélagos, que han estado implicados en el surgimiento de numerosos virus mortales en todo el mundo. El modelo de circulación en este estudio simula la transmisión de virus en función de la diversidad de murciélagos y otros factores.

El Amazonas encapsula estos problemas globales apremiantes, ya que combina una alta diversidad de huéspedes animales, áreas de bosques muy intactos y ligeramente poblados donde la circulación es baja, y áreas de alta deforestación donde la circulación aumenta rápidamente. Las leyes de protección del medio ambiente y de los bosques amazónicos de Brasil y su aplicación han demostrado que el desarrollo y la reducción de la deforestación (y el riesgo de pandemias) no son mutuamente excluyentes. Es el tipo de desarrollo lo que determina tanto los beneficios del desarrollo como el riesgo de aparición de la enfermedad en la región.

El Amazonas y las pandemias

El Amazonas tiene altos niveles de diversidad de mamíferos y murciélagos (**Figura 2**), que han sido implicados como reservorios fuente de vida silvestre en muchos virus infecciosos emergentes mortales en otros lugares, como el virus del Ébola, el SARS-CoV, el MERS-CoV, el virus Nipah, el virus Hendra y, más recientemente, el SARS-CoV-2 (Han et al., 2015; Platto et al., 2021; Zhou et al., 2020). En el Amazonas, existe un vínculo bien establecido entre la deforestación y el aumento de las enfermedades transmitidas por vectores como la fiebre amarilla, la fiebre de Mayaro, la fiebre de Oropouche y la malaria (Vasconcellos et al., 2001; Vittor et al., 2006; Vasconcelos y Calisher, 2016; Chaves et al., 2018; MacDonald y Mordecai, 2019; Castro et al., 2019; Ellwanger et al., 2020). El Amazonas sigue siendo la región menos estudiada del mundo acerca de la prevalencia de patógenos en la vida silvestre (Olival et al., 2017). Sin embargo, un único estudio aisló al menos 187 especies diferentes de virus en vertebrados amazónicos, dos tercios de los cuales se ha confirmado que son patógenos para los seres humanos (Vasconcellos et al., 2001).

Brasil ha demostrado que es posible reducir la deforestación sin sacrificar los objetivos de desarrollo. En 2004, se lanzó el Plan de Acción para la prevención y el control de la deforestación en la Amazonia Legal (PPCDAm) para reducir las tasas de deforestación y establecer las condiciones regionales para una transición hacia un modelo de desarrollo sostenible. Este conjunto de políticas públicas coordinadas y acciones públicas/privadas redujo la deforestación en el Amazonas brasileño en aproximadamente un 70 % entre 2005 y 2012 (Nepstad et al., 2014; Arima et al., 2014; Assunção et al., 2015; Cunha et al., 2016; Busch y Engelmann, 2017) (**Figura 3**). En el mismo período, el PIB en el Amazonas aumentó un 141 % (IBGE 2020) y la producción de soja creció un 70 % (Nepstad et al., 2014). Las políticas incluyeron la creación de áreas protegidas, el reconocimiento de tierras indígenas y las restricciones de mercado y crédito, embargos agrícolas y obstáculos administrativos en municipalidades con altas tasas de deforestación anual ilegal (Nepstad et al., 2014).

DEFORESTACIÓN ANUAL (MILES DE KM²)

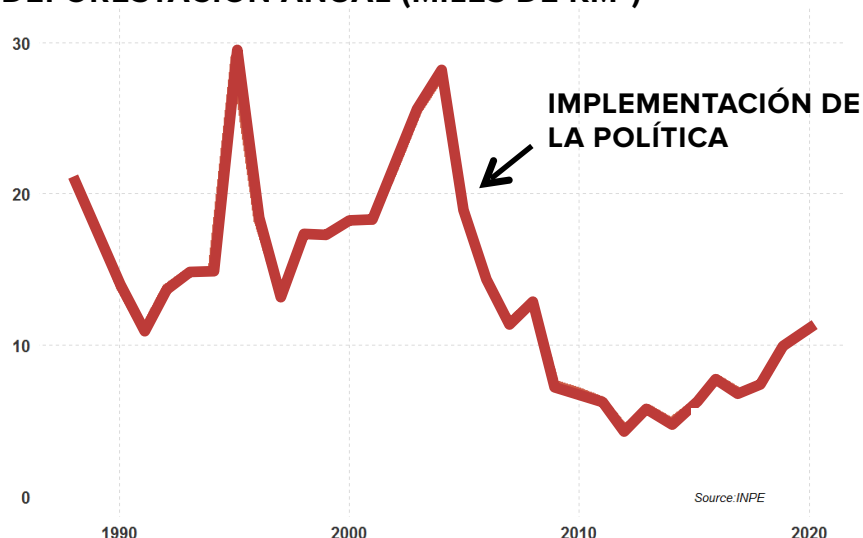


Figura 3. La deforestación en el Amazonas brasileño a través del tiempo.

La deforestación en el Amazonas brasileño disminuyó en 2005, como consecuencia del programa brasileño para el monitoreo y control de la deforestación en el Amazonas (PPCDAm) lanzado en 2004, pero ha ido en aumento desde 2012 (Fuente: Instituto Nacional Brasileño para la Investigación Espacial, INPE).

Los cambios en la legislación ambiental en 2012 (la Ley de Protección de la Vegetación Nativa) y la implementación deficiente de las leyes ambientales en los últimos años han socavado constantemente este éxito, lo que ha llevado a un reciente aumento de la deforestación y los incendios en la Amazonia brasileña (Soares-Filho et al., 2014; Ferrante y Fearnside, 2019). El mal desempeño ambiental resultó en la interrupción del programa Amazon Fund en el país (Karagiannopoulos, 2019), lo que afectó los esfuerzos gubernamentales y no gubernamentales relevantes para combatir la deforestación y promover el desarrollo sostenible. El renovado aumento de la deforestación incrementa el riesgo de intensificación de enfermedades ya endémicas en el Amazonas y de la aparición de enfermedades a partir de interacciones entre la vida silvestre y los seres humanos, con potencial pandémico. Las ciudades capitales amazónicas de rápido crecimiento, como Manaus y Belem, están bien conectadas a través de vuelos directos con los principales centros de población internacional, como São Paulo y Río de Janeiro en Brasil, Miami en los Estados Unidos y Lisboa en Portugal. Este contexto plantea una pregunta clave para la ciencia y los responsables de generar políticas: **¿Las tendencias actuales de deforestación convertirán al Amazonas en el próximo punto clave de enfermedades infecciosas emergentes?** Este informe utiliza los resultados de un nuevo modelo de aparición de enfermedades aplicado al Amazonas para revisar el riesgo de pandemia asociado con diferentes vías y patrones de desarrollo. Destacamos las nuevas políticas que pueden ser necesarias para reducir el riesgo de aparición de enfermedades futuras en la región y sugerimos de qué manera las políticas existentes o anteriores pueden ser importantes para proteger a la región y al mundo de futuras pandemias devastadoras.

Modelos de origen de las pandemias

Varios grupos de investigación han trazado mapas de circulación de virus que causan pandemias a nivel mundial, basados en la cubierta forestal actual. Quizás el más conocido define los **puntos clave de las enfermedades infecciosas emergentes (Emerging Infectious Disease, EID)** globales (Figura 4; Allen et al., 2017). Un equipo internacional de científicos actualmente está modelando la circulación en los trópicos en el futuro.

Puntos clave de las enfermedades infecciosas emergentes (EID)

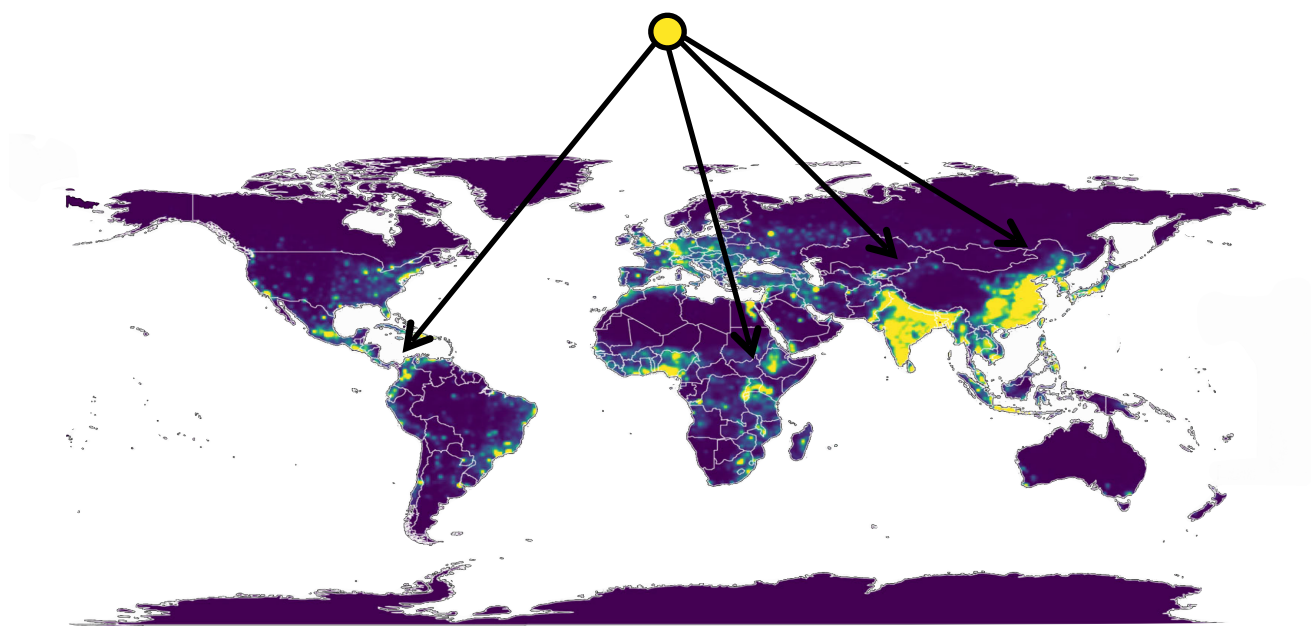


Figura 4. **Puntos clave de las enfermedades infecciosas emergentes.** Los puntos clave de las EID en los trópicos son la causa de las pandemias globales. El Amazonas es un área forestal con alto riesgo de alcanzar el estado de punto clave para las EID.

El modelo de circulación futuro proyecta la aparición de enfermedades desde el presente hasta 2050 en diferentes situaciones de políticas mediante un modelo espacial de cambio en el uso de la tierra pantropical (Busch y Engelmann, 2017) junto con un modelo matemático de circulación de virus (modificado de Faust, 2018). El modelo de cobertura terrestre se calibró en función de la relación observada entre 2001 y 2012 entre la pérdida de cobertura forestal (Hansen et al., 2013) y las variables impulsoras, como la distancia a las ciudades y el potencial agrícola. El modelo de circulación simula la transmisión de virus en paisajes forestales en una cuadrícula de 0,05° (aproximadamente 5,5 km en el Ecuador) a través del Amazonas.

Lecciones para el Amazonas

Sin la implementación de políticas para detener la deforestación, es probable que haya un cambio sustancial en el uso de la tierra en todo el Amazonas (**Figura 5**). El modelo de cambio de uso de suelo bajo el escenario de una política débil, predice que una gran fracción de las áreas que ahora tienen la cubierta forestal más alta se deforestarán; más del 40 % para 2050.

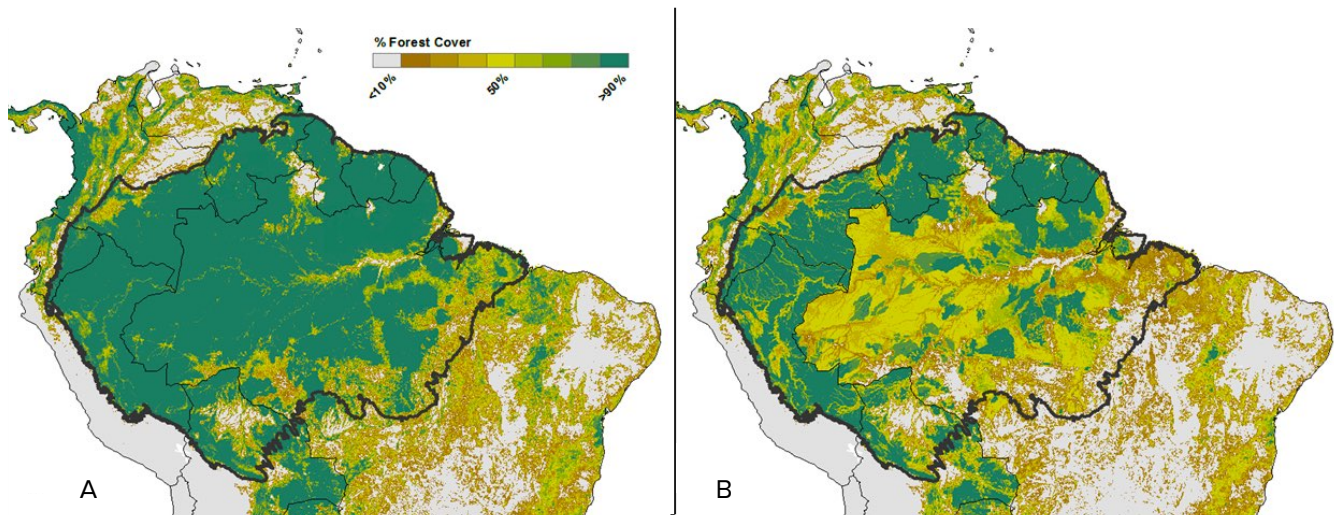


Figura 5. **Deforestación proyectada desde la actualidad hasta 2050.** Cubierta forestal del modelo actual (A: panel izquierdo) y de 2050 (B: panel derecho). Se muestra el área de estudio del modelo con una línea oscura. Se espera que la circulación aumente con la pérdida de la cubierta forestal y el aumento del borde forestal.

Nuestro modelo de circulación predice que las áreas que ya están deforestadas (queda menos del 40 % de la cubierta forestal original) tendrán un mayor número de eventos de circulación per cápita en promedio que las áreas menos deforestadas (**Figura 6**). En todos los casos, la futura deforestación aumentará la cantidad de eventos de circulación per cápita. Pero las áreas que están relativamente intactas hoy en día, y que se mantienen así con tasas bajas de deforestación, tendrán un bajo número de eventos de circulación en promedio. Se puede observar que a medida que aumenta la deforestación, la circulación aumenta drásticamente y luego disminuyen a medida que las tasas de contacto entre la vida silvestre y los seres humanos también disminuyen debido a que la mayor parte del hábitat nativo ha desaparecido. Sin embargo, la circulación nunca se reduce a cero, lo que significa que siempre existe la posibilidad de que ocurra un evento de circulación. La disminución de la circulación luego del pico ocurre a niveles de deforestación que destruirían los servicios climáticos del Amazonas que son importantes para la región y el mundo. Los taxones portadores de virus que causan pandemias se vuelven más prevalentes en estos altos niveles de deforestación, cuyo efecto no está representado en este modelo.

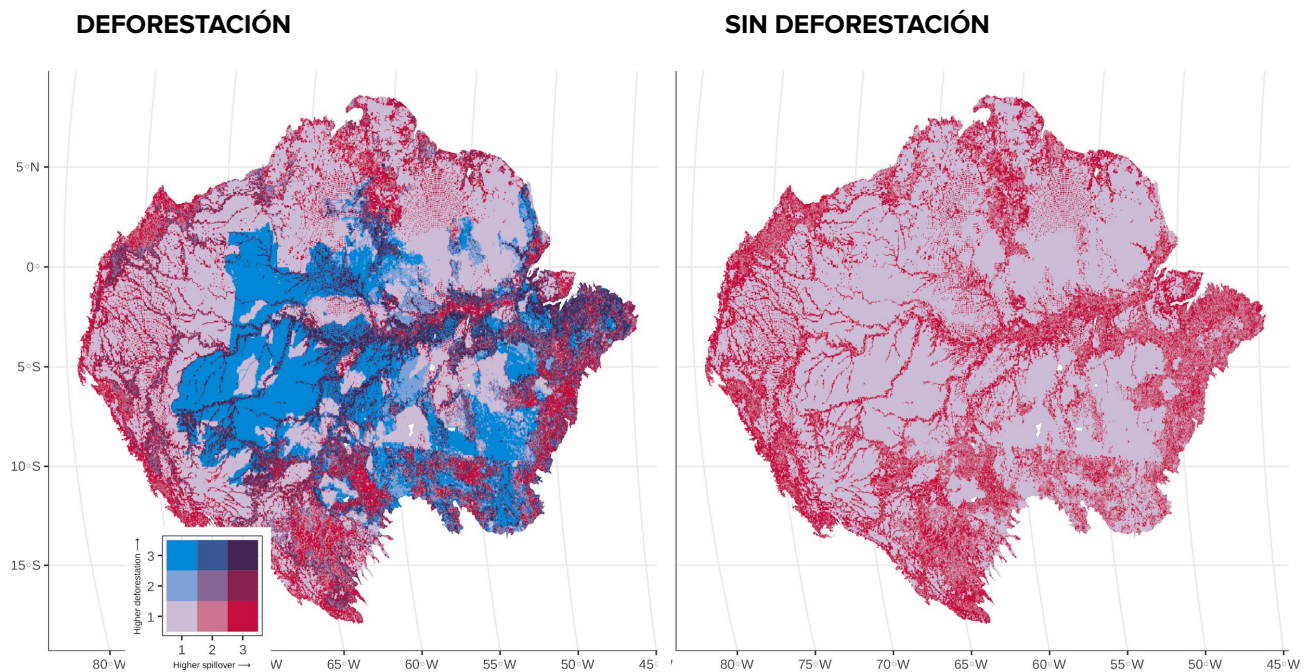


Figura 6. Las bajas tasas de deforestación se traducen en una baja circulación. Las áreas con cobertura de árboles baja, media y alta en 2020 (baja: por debajo del 40 %, media: entre el 40 y el 60 % y alta: >60 %) muestran que una deforestación baja mantendría baja la circulación para 2050. Si bien las tres clases de cobertura forestal muestran diferentes trayectorias en promedio per cápita de eventos de circulación en respuesta a la deforestación, todas muestran muchos menos eventos de circulación con tasas de deforestación bajas que con tasas de deforestación moderadas.

Está claro que la mayoría de las áreas ya deforestadas tendrán grandes cantidades de eventos de circulación per cápita en promedio (**Figura 7**) y, en algunos casos, la cantidad de eventos de circulación aumentará considerablemente con una modesta deforestación adicional. De manera similar, las áreas relativamente intactas, que estén poco deforestadas para 2050, tendrían bajos números de eventos de circulación per cápita.

Los resultados del modelo proporcionan algunas lecciones valiosas para el Amazonas que pueden allanar el camino para el desarrollo de políticas importantes. Primero, nuestro análisis destaca la importancia de proteger las áreas libres de deforestación, de lo contrario, la cantidad de eventos de circulación per cápita aumentará de manera no lineal. En segundo lugar, incluso una pequeña cantidad de deforestación puede tener grandes impactos en la circulación, especialmente si las áreas deforestadas estaban intactas. La tasa a la que se produce la deforestación afecta la media de eventos de circulación per cápita, pero se satura después de una deforestación del 20 % entre el presente y 2050.

Si bien la deforestación en la Amazonia brasileña ha estado en aumento desde 2012, la tendencia se ha intensificado en los últimos dos años (Ferrante y Fearnside, 2019). Este marcado aumento se asocia con una implementación deficiente de las leyes ambientales junto con un desmantelamiento más reciente de las agencias de cumplimiento ambiental (Ferrante y Fearnside, 2019; Vale et al., 2021). La intensa invasión de tierras por parte de mineros, leñadores y usurpadores de tierras está amenazando las vidas y el sustento de los pueblos tradicionales e indígenas, que están cada vez más expuestos a la violencia y a la COVID-19 (Ferrante y Fearnside, 2020).

DEFORESTACIÓN

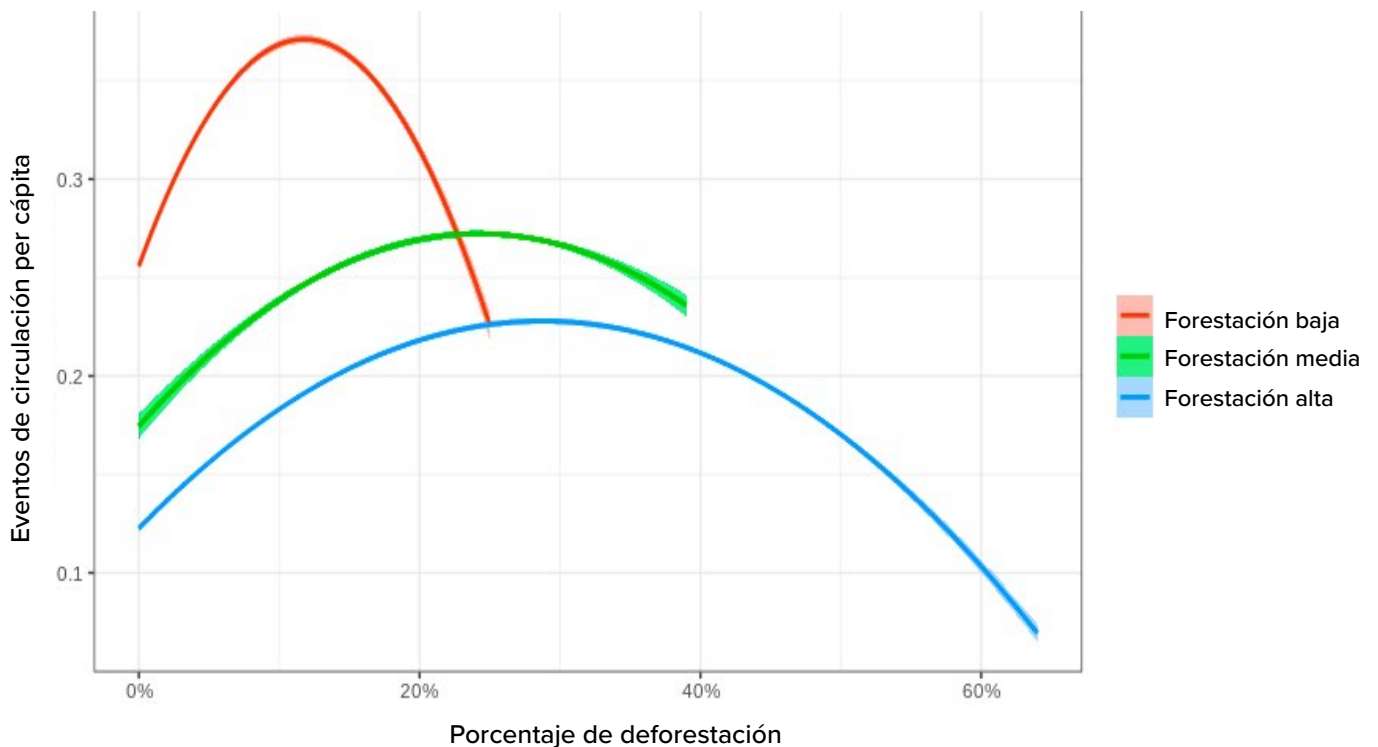


Figura 7. Mapa del Amazonas (línea blanca) y número promedio proyectado de eventos de circulación per cápita y cambio en la cobertura entre 2020 y 2050 (deforestación). Las áreas que actualmente tienen una cubierta alta de árboles (>60 %) y experimentarán una deforestación baja tendrán bajos niveles de circulación (<0,12, celda de la esquina inferior izquierda en el código de color insertado) y deben protegerse de la deforestación. Las áreas de gran cantidad de circulación y grupos de deforestación en torno a los centros de población deben priorizarse para la planificación del uso de la tierra y el apoyo a la salud comunitaria. Muchas áreas en el Amazonas ya están deforestadas y tendrán un alto nivel de circulación (> 0,3) incluso si sufren poca deforestación adicional (< 40 %) hasta 2050 (celda de la esquina inferior derecha en el panel de código de color insertado). Estas áreas deben considerarse en programas de restauración como el Plan de recuperación de vegetación nativa de Brasil (PLANAVEG).

Recomendaciones respecto de políticas

Nuestro modelado de la circulación de virus en el Amazonas sugiere que las políticas que reducen la deforestación, especialmente en áreas de alta cobertura forestal, son la mejor palanca para limitar el potencial de circulación. Aquí presentamos nuestras principales recomendaciones de políticas en orden de probabilidad de impacto en la prevención de pandemias, pero todas son importantes para evitar el aumento de la circulación de virus peligrosos a nivel mundial en la región:

- **Ponerles fin a las incursiones ilegales en el bosque amazónico.** En todo el Amazonas, la COVID-19 ha servido para encubrir actividades ilegales e ilícitas en áreas de alta cobertura forestal, lo que ha intensificado los patrones que estaban en curso antes del impacto de la pandemia (Kroner et al., 2021; Vale et al., 2021). Estas acciones cambian el uso de la tierra de maneras que pueden volverse permanentes y conducir al crecimiento de las poblaciones humanas dentro de las áreas de alta cobertura forestal, y de esa manera crear condiciones perfectas para la circulación. Es urgente que estas incursiones se reviertan, particularmente en áreas protegidas que albergan exactamente el tipo de cobertura forestal alta más asociada con un bajo nivel de circulación.
- **Fortalecer las protecciones legales y su aplicación para reducir la deforestación.** En Brasil, reanudar el Plan de acción para la prevención y el control de la deforestación en la Amazonia Legal (PPCDAm) o implementar una política de coordinación interdisciplinaria similar para reducir la deforestación ilegal sería la manera más efectiva de prevenir futuras pandemias. El debilitamiento de la aplicación de la ley y el monitoreo han causado un aumento de las tasas de deforestación, por lo que debe considerarse reanudar el enfoque anterior de la coordinación de políticas centrales por parte del personal de la

oficina ejecutiva. Luego de la implementación, un fuerte liderazgo y poder de convocatoria ayudan a evitar la incoherencia entre políticas y promueven una mejor comunicación y sinergia entre las muchas políticas sectoriales y regionales en el Amazonas brasileño. Las políticas de bioeconomía y uso sostenible de los bosques existentes pueden ayudar a fomentar modelos de desarrollo sostenible en toda la región. Se pueden lograr impactos positivos adicionales a largo plazo: 1) mediante la aceleración de la implementación de la Ley de Protección de la Vegetación Nativa, especialmente mediante la optimización del análisis y la validación de los registros agrícolas en el Registro Ambiental Rural (CAR) del Servicio Forestal Brasileño, 2) mediante la integración de las bases de datos de licencias de deforestación estatales en una base de datos única (SINAFLO/ Ibama) para determinar la ilegalidad de los eventos de deforestación detectados por el monitoreo de detección remota (p. ej., PRODES, DETER y Mapbiomas), y 3) mediante el fortalecimiento de los programas para reducir la incertidumbre de la tenencia de tierras y para asignar adecuadamente los 49,8 millones de hectáreas bajo la responsabilidad del gobierno federal y regional.

- **Establecer políticas de control de deforestación sólidas y coordinadas entre los países del Amazonas.** Estas incluyen el Pacto de Leticia y también acciones para fomentar el desarrollo sostenible y herramientas como las de la cuarta fase del PPCDam (2016-2020) brasileño y explorar el concepto de la combinación de políticas de uso de tierras (Strassburg et al., 2017). Las políticas deben adaptarse a los contextos políticos y sociales de cada país amazónico individual, y deben estar respaldadas por el Banco Interamericano de Desarrollo y otras agencias internacionales donantes.
- **Fortalecer los derechos de las tierras indígenas.** Las tierras indígenas son esenciales para mantener una alta cobertura forestal en el Amazonas. Han demostrado ser menos vulnerables a la invasión que algunas áreas protegidas (Nepstad et al., 2006; Adeney et al., 2009), lo que refuerza tanto la importancia nacional como local de la gestión indígena. Desafortunadamente, las comunidades indígenas han sido particularmente afectadas por la COVID-19 (Ferrante y Fearnside, 2020). El reconocimiento gubernamental de los derechos de las tierras indígenas y la promoción de una cultura de respeto a través de la acción y la política de los gobiernos nacionales y locales debe mantenerse y fortalecerse.
- **Mejorar las prácticas de salud, higiene y desarrollo en áreas de alta población.** Las áreas de alta población y baja cobertura forestal en el Amazonas tienen un riesgo de circulación muy alto, a menudo a la par con los puntos clave de las enfermedades infecciosas emergentes (EID) internacionales, y requieren mejores prácticas de salud e higiene para mejorar la alta probabilidad de contacto entre los seres humanos y la vida silvestre. Un paquete de medidas de enfoque comunitario basado en los principios del concepto de “Una salud” combina clínicas de salud comunitarias, manejo forestal mejorado (incluida la supresión del comercio de la vida silvestre) y prácticas agrícolas más saludables para reducir las vías de transmisión viral entre la vida silvestre, los animales domésticos y los seres humanos. En estas áreas, el desarrollo planificado para evitar la interconexión aleatoria entre fragmentos forestales y asentamientos humanos puede ayudar a reducir el riesgo de circulación. Estos esfuerzos son más costosos per cápita y por hectárea que la reducción de la deforestación y pueden requerir mecanismos de financiación internacionales o del gobierno nacional (ver a continuación). Es posible que se requiera la restauración forestal ya que, con el tiempo, reducirá el riesgo de circulación.
- **Desalentar el comercio de la vida silvestre.** El comercio de la vida silvestre maximiza el contacto entre los seres humanos y la vida silvestre, y es necesario reducirlo para controlar el riesgo de circulación (Dobson et al., 2020). Las medidas necesarias incluyen el financiamiento adecuado de las leyes y los mandatos existentes de comercio de vida silvestre, así como un monitoreo mejorado y soluciones políticas y legislativas creativas para desalentar el comercio de la vida silvestre. Las campañas educativas ayudan a crear conciencia sobre el vínculo entre el comercio de la vida silvestre y las pandemias.
- **Apoyar los esfuerzos de reducción de riesgos a través de programas de interbloqueo.** Todos los esfuerzos anteriores se benefician de estar integrados en un sistema de programas nacionales y locales entrelazados que pueden fortalecerse y modificarse para reducir el riesgo de pandemia. Los programas relevantes incluyen programas gubernamentales locales e iniciativas de múltiples partes

interesadas, como el Plan de Amazonas Actuales del Estado de Pará Brasil (PEAA-PA), el Grupo de Trabajo para el Clima y los Bosques de los Gobernadores, la Coalición Brasileña sobre el Clima, el Bosque y la Agricultura, y la mejora de la cadena de valor de la producción de madera y no madera de la comunidad.

- **Comprometer la financiación adecuada.** Los sistemas de áreas protegidas en todos los países de la cuenca deben tener planes de gestión factibles y financiación adecuada para reducir la deforestación en todo el Amazonas, por lo que un aspecto prioritario para la prevención de pandemias es fortalecer la implementación de programas como Herencia Colombia y Patrimonio Natural del Perú, y el Programa de Área Protegida del Amazonas (ARPA), con su objetivo de proteger 60 millones de hectáreas.

Costos y financiamiento

Los costos de reducir la deforestación son mucho menores que los costos de lidiar con las pandemias (Dobson et al., 2020). La **Figura 8** ilustra la inversión global actual en prevención de pandemias (con las asignaciones presupuestarias de 2020 como ejemplo) y los costos (costos por pandemia de fines de 2020) en comparación con los costos y beneficios de una estrategia que enfatiza las inversiones anuales en la prevención y la detección temprana. Antes de la pandemia de COVID-19, la inversión (círculos superiores de color rojo claro) favorecía el control de la enfermedad, incluidas las pruebas (“contención”) y la preparación hospitalaria (“mitigación”). El resultado de esta estrategia de inversión es la pérdida de vidas a gran escala, el estrés en los sistemas de atención médica y los trabajadores, los costos catastróficos de atención médica que alcanzan los miles de millones de dólares y las pérdidas económicas que ascienden a decenas de billones de dólares (círculos grandes superiores de color rosa).

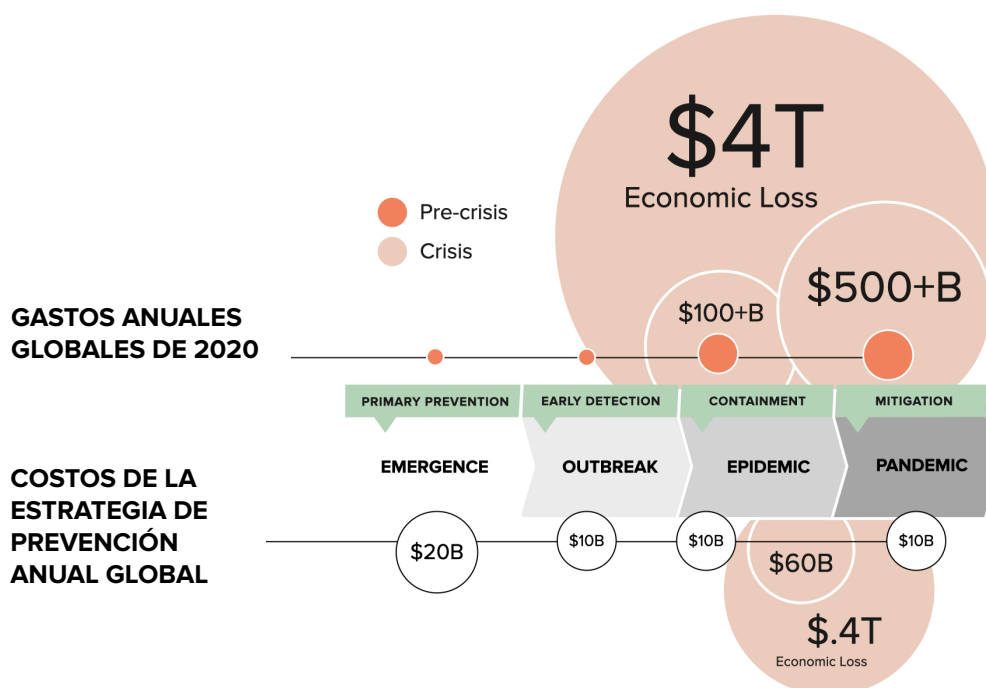


Figura 8. **Estrategia de inversión global para la prevención de pandemias.** Inversiones anuales actuales previas a la COVID-19, círculos superiores de color rojo claro. Inversión anual en estrategia de prevención, círculos inferiores de color blanco. La estrategia de prevención representa una inversión importante en la prevención primaria, que incluye la reducción de la deforestación y la salud comunitaria, forestal y agrícola, lo que resulta en una reducción importante de la pérdida de vidas, ahorros en los costos de atención médica y la prevención del daño económico (diferencia entre los círculos superiores e inferiores de color rosa).

Una estrategia de inversión más inteligente hace hincapié en la prevención en las fuentes: en los puntos clave de las EID a nivel mundial a través de la mejora de la salud comunitaria, forestal y agrícola y mediante

la minimización de la deforestación para mantener una alta cobertura forestal a fin de minimizar la interacción entre la vida silvestre y los seres humanos en áreas con alta cobertura forestal como el Amazonas. La inversión anual global en una estrategia de prevención (Fig. 8, círculos blancos inferiores) resulta en una pérdida de vidas, costos de atención médica y daños económicos mucho más bajos (círculos inferiores de color rosa). Si bien no todas las pandemias pueden prevenirse, la prevención de una fracción significativa tiene grandes beneficios en cuanto a evitar la interrupción social, la pérdida de vidas y el daño a las economías nacionales.

Las acciones efectivas para prevenir, monitorear y combatir la deforestación cuando estaba bajo control le cuestan al gobierno brasileño 1000 millones de USD por año, lo que representa solo el 0,1 % del presupuesto federal total de Brasil (Cunha et al., 2016). Y una parte sustancial de estos fondos provino del extranjero a través de Amazon Fund, incluido un compromiso de 1000 millones de USD de Noruega (Nepstad et al., 2009; pero ver Karagiannopoulos, 2019). Esta inversión es una pequeña fracción de la asignación de 94,5 mil millones de USD para un año al fondo de emergencia de COVID-19 de Brasil. El modelo del PPCDam logra reducciones en la deforestación a un costo más bajo que los enfoques de fijación de precios del carbono (Busch y Engelmann, 2017) y es aplicable en otras regiones forestadas de los trópicos donde la capacidad de mejorar rápidamente la gestión es alta (DeFries et al., 2013).

Debido a que los daños son globales, pero los costos de prevención se centran en áreas tropicales como el Amazonas, se necesita una solución cooperativa global. Los países con bosques tropicales pueden implementar políticas que reduzcan la deforestación y mejoren la salud comunitaria, forestal y agrícola en áreas con alto riesgo de circulación. Los países del G7 pueden contribuir con fondos que hacen posible estos programas, particularmente en áreas remotas y desatendidas. **La política de deforestación amazónica brasileña en su punto más efectivo proporciona un modelo de cómo estos programas pueden ser impulsados a nivel nacional con apoyo internacional. Todos los países del mundo deben cooperar para financiar y tomar medidas para reducir el riesgo de otra pandemia global. El Amazonas puede ser un ejemplo a seguir para el resto del mundo.**

Referencias

- Adeney, J.M., Christensen, N.L. and Pimm, S.L. (2009). Reserves Protect against Deforestation Fires in the Amazon. *PLoS ONE* 4: e5014. DOI:10.1371/journal.pone.0005014
- Allen, T., Murray, K.A., Zambrana-Torrel, C., Morse, S.S., Rondinini, C., Di Marco, M., Breit, N., Olival, K.J. and Daszak (2017). Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nature Communications*, 8: 1-10. DOI: 10.1038/s41467-017-00923-8
- Azevedo-Ramos, C.A., Moutinho, P., Arruda, V.L.D.S., Stabile, M.C., Alencar, A., Castro, I. and Ribeiro, J.P., 2020. Lawless land in no man's land: The undesignated public forests in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, 99: 104863. DOI:10.1016/j.landusepol.2020.104863
- Arima, E. Y., Barreto, P., Araújo, E. and Soares-Filho, B. (2014). Public policies can reduce tropical deforestation: Lessons and challenges from Brazil. *Land Use Policy*, 41: 465-473. doi:10.1016/j.landusepol.2014.06.026
- Assunção, J., Gandour, C. and Rocha, R. (2015). Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: prices or policies? *Environment and Development Economics*, 20: 697-722. DOI:10.1017/s1355770x15000078
- Busch, J. and Engelmann, J. (2017). Cost effectiveness of reducing emissions from tropical deforestation, 2016-2050. *Environmental Research Letters*, 13: 015001.
- Castro, M.C., Baeza, A., Codeço, C.T., Cucunubá, Z.M., Dal'Asta AP, De Leo, G.A., Dobson, A.P., Carrasco-Escobar, G., Lana, R.M., Lowe, R., Monteiro, A.M.V., Pascual, M. and Santos-Vega, M. (2019). Development, environmental degradation, and disease spread in the Brazilian Amazon. *PLoS Biol*, 17: e3000526. DOI:10.1371/journal.pbio.3000526
- Chaves, L.S.M., Conn, J.E., López, R.V.M. and Sallum, M.A.M. (2018). Abundance of impacted forest patches less than 5km² is a key driver of the incidence of malaria in Amazonian Brazil. *Scientific Reports*, 8: 7077. DOI:10.1038/s41598-018-25344-5
- Cunha, F.A.F.S., Börner, J., Wunder, S., Cosenza, C.A.N. and Lucena, A.F.P (2016). The implementation costs of forest conservation policies in Brazil. *Ecological Economics*, 130: 209-220. DOI:10.1016/j.ecolecon.2016.07.007
- Dave, R., Saint-Laurent, C., Murray, L., Daldegan, G.A., Brouwer, R., de Mattos Scaramuzza, C.A., Raes, L., Simonit, S., Catapan, M., Contreras, G.G. and Ndoli, A., 2018. *Second Bonn challenge progress report*. Application of the Barometer in 2018. DOI:10.2305/IUCN.CH.2019.06.en
- DeFries, R., Herold, M., Verchot, L., Macedo, M.N. and Shimabukuro, Y. (2013) Export-oriented deforestation in Mato Grosso: harbinger or exception for other tropical forests? *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 368: 20120173. DOI:10.1098/rstb.2012.0173
- Dobson, A. P., Pimm, S. L., Hannah, L., Kaufman, L., Ahumada, J. A., Ando, A. W., Bernstein, A., Busch, J., Daszak, P., Engelmann, J., Kinnaird, M.F., Li, B.V., Loch-Temzelides, T., Lovejoy, T., Nowak, K., Roehrdanz, P.R. and Vale, M. M. (2020). Ecology and economics for pandemic prevention. *Science*, 369: 379-381. DOI: 10.1126/science.abc3189
- Ellwanger, J. H., Kulmann-Leal, B., Kaminski, V.L., Valverde-Villegas, J., Veiga, A.B.G., Spilki, F.R., Fearnside, P.M., Caesar, L., Giatti, L.L., Wallau, G.L., Almeida, S.E.M., Borba, M.R., Hora, V.P. and Chies, J.A.B. (2020). Beyond diversity loss and climate change: Impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92: e20191375. DOI:10.1590/0001-3765202020191375
- Faust, C.L., McCallum, H.I., Bloomfield, L.S., Gottdenker, N.L., Gillespie, T.R., Torney, C.J., Dobson, A.P. and Plowright, R.K. (2018). Pathogen spillover during land conversion. *Ecology Letters*, 21: 471-483. DOI:10.1111/ele.12904
- Ferrante, L., and Fearnside, P.M. (2019). Brazil's new president and 'ruralists' threaten Amazonia's environment, traditional peoples and the global climate. *Environmental Conservation*, 46: 261-263. DOI:10.1017/S0376892919000213

- Ferrante, L. and Fearnside, P.M. (2020). Protect indigenous peoples from COVID-19. *Science*, 368: 251. DOI:10.1126/science.abc0073.
- Friedman, J.H. (2001). Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine. *Annals of Statistics*, 29:1189-1232.
- Gibb, R., Redding, D.W., Chin, K.Q., Donnelly, C.A., Blackburn, T.M., Newbold, T. and Jones, K.E. (2020). Zoonotic host diversity increases in human-dominated ecosystems. *Nature*, 584: 398-402. DOI:10.1038/s41586-020-2562-8
- Kroner, R.E.G., Qin, S., Cook, C.N., Krithivasan, R., Pack, S.M., Bonilla, O.D., Cort-Kansinall, K.A., Coutinho, B., Feng, M., Garcia, M.I.M. and He, Y., 2019. The uncertain future of protected lands and waters. *Science*, 364: 881-886. DOI:10.1126/science.aau5525
- Han, B.A., Kramer, A.M. and Drake, J.M. (2016). Global patterns of zoonotic disease in mammals. *Trends in Parasitology*, 32: 565-577. DOI:10.1016/j.pt.2016.04.007
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S.V., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O., and Townshend, J.R.G. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342: 850-853. DOI:10.1126/science.1244693
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). PIB Municipal - Produto interno bruto a preços correntes Frequência: Anual de 2002 até 2015 Unidade: R\$ (mil), a preços do ano 2000. Extracted from: <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>
- IPBES (Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) (2020). *Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Daszak, P., das Neves, C., Amuasi, J., Hayman, D., Kuiken, T., Roche, B., Zambrana-Torrel, C., Buss, P., Dundarova, H., Feferholtz, Y., Foldvari, G., Igbinosa, E., Junglen, S., Liu, Q., Suzan, G., Uhart, M., Wannous, C., Woolaston, K., Mosig Reidl, P., O'Brien, K., Pascual, U., Stoett, P., Li, H. and Ngo, H.T. (Eds). Bonn, Germany: IPBES Secretariat. DOI:10.5281/zenodo.4147318
- Johnson, C.K., Hitchens, P.L., Pandit, P.S., Rushmore, J., Evans, T.S., Young, C.C. and Doyle, M.M. (2020). Global shifts in mammalian population trends reveal key predictors of virus spillover risk. *Proceedings of the Royal Society B*, 287: 20192736. DOI:10.1098/rspb.2019.2736
- Karagiannopoulos, L. (2019). Norway stops Amazon fund contribution in dispute with Brazil. Reuters (Environment), Aug 15, 2019. Available at: <https://www.reuters.com/article/us-brazil-environment-norway-idUSKCNIV52C9>
- Kessler, M.K., Becker, D.J., Peel, A.J., Justice, N.V., Lunn, T., Crowley, D.E., Jones, D.N., Eby, P., Sánchez, C.A. and Plowright, R.K. (2018). Changing resource landscapes and spillover of henipaviruses. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1429: 78-99. DOI: 10.1111/nyas.13910
- Leendertz, S.A.J., Gogarten, J.F., Dux, A., Calvignac-Spencer, S. and Leendertz, F.H. (2016). Assessing the evidence supporting fruit bats as the primary reservoirs for Ebola viruses. *EcoHealth*, 13: 18-25. DOI:10.1007/s10393-015-1053-0
- Loh, E.H., Zambrana-Torrel, C., Olival, K.J., Bogich, T.L., Johnson, C.K., Mazet, J.A., Karesh, W. and Daszak, P. (2015). Targeting transmission pathways for emerging zoonotic disease surveillance and control. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 15: 432-437. DOI:10.1089/vbz.2013.1563
- Looi, L.M. and Chua, K.B. (2007). Lessons from the Nipah virus outbreak in Malaysia. *Malaysian Journal of Pathology*, 29(2): 63-67.
- MacDonald, A. J. and Mordecai, E. A. (2019). Amazon deforestation drives malaria transmission, and malaria burden reduces forest clearing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116: 22212-22218. DOI:10.1073/pnas.1905315116
- Mollentze, N. and Streicker, D.G. (2020). Viral zoonotic risk is homogenous among taxonomic orders of mammalian and avian reservoir hosts. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117: 9423-9430. DOI:10.1073/pnas.1919176117
- Nepstad, D., Schwartzman, S., Bamberger, B., Santilli, M., Ray, D., Schlesinger, P., Lefebvre, P., Alencar, A., Prinz, E., Fiske, G. and Rolla, A. (2006). Inhibition of Amazon deforestation and fire by parks and indigenous lands. *Conservation Biology*, 20: 65-73. DOI:10.1111/j.1523-1739.2006.00351.x
- Nepstad, D., McGrath, D., Stickler, C., Alencar, A., Azevedo, A., Swette, B., Bezerra, T., DiGiano, M., Shimada, J., Motta, R.S., Armijo, E., Castello, L., Brando, P., Hansen, M.C., McGrath-Horn, M., Carvalho, O. and Hess, L. (2014). Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. *Science*, 344: 1118-23. DOI:10.1126/science.1248525
- Nepstad, D., Soares, B. S., Merry F., Lima, A., Moutinho, P., Carter, J., Bowman, M., Cattaneo, A., Rodrigues, H., Schwartzman, S., McGrath, D. G., Stickler, C. M., Lubowski, R., Piris-Cabezas, P., Rivero, S., Alencar, A., Almeida, O. and Stella, O. (2009). The end of deforestation in the Brazilian Amazon. *Science*, 326: 5958. DOI:10.1126/science.1182108
- Olival, K.J., Hosseini, P.R., Zambrana-Torrel, C., Ross, N., Bogich, T.L. and Daszak, P. (2017). Host and viral traits predict zoonotic spillover from mammals. *Nature*, 546: 646-650. DOI: 10.1038/nature22975
- Olivero, J., Fa, J.E., Real, R., Márquez, A.L., Farfán, M.A., Vargas, J.M., Gaveau, D., Salim, M.A., Park, D., Suter, J. and King, S. (2017). Recent loss of closed forests is associated with Ebola virus disease outbreaks. *Scientific Reports*, 7: 1-9. DOI:10.1038/s41598-017-14727-9
- Platto, S., Zhou, J., Yanqing, W., Huo, W. and Carafoli, E. (2021). Biodiversity loss and COVID-19 pandemic: The role of bats in the origin and the spreading of the disease. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 538: 2-13. DOI: 10.1016/j.bbrc.2020.10.028
- Plowright, R.K., Eby, P., Hudson, P.J., Smith, I.L., Westcott, D., Bryden, W.L., Middleton, D., Reid, P.A., McFarlane, R.A., Martin, G. and Tabor, G.M. (2015). Ecological dynamics of emerging bat virus spillover. *Proceedings of the Royal Society B*, 282: 20142124. DOI:10.1098/rspb.2014.2124
- Rivers, M. (2021). Manaus is collapsing again. Is a new coronavirus variant to blame? CNN, January 28, 2021. Available at: <https://edition.cnn.com/2021/01/27/americas/manaus-brazil-covid-19-new-variant-intl/index.html>
- Rulli, M.C., Santini, M., Hayman, D.T. and D'Odorico, P. (2017). The nexus between forest fragmentation in Africa and Ebola virus disease outbreaks. *Scientific Reports*, 7: 41613. DOI:10.1038/srep41613
- Seltmann, A., Czirájk, G. Á., Courtiol, A., Bernard, H., Struebig, M. J. and Voigt, C. C. (2017). Habitat disturbance results in chronic stress and impaired health status in forest-dwelling paleotropical bats. *Conservation Physiology*, 5: bcx020. DOI:10.1093/conphys/cox020.
- Soares-Filho, B., Rajão, R., Macedo, A., Carneiro, A., Costa, W., Coe, M., Rodrigues, H. and Alencar, A. 2014. Cracking Brazil's Forest Code. *Science*, 344: 363–364. DOI:10.1126/science.1246663
- Strassburg, B.B., Brooks, T., Feltran-Barbieri, R., Iribarrem, A., Crouzeilles, R., Loyola, R., Latawiec, A.E., Oliveira Filho, F.J., Scaramuzza, C.A.D.M., Scarano, F.R. and Soares-Filho, B. (2017). Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology & Evolution* 1: 1-3. DOI:10.1038/s41559-017-0099
- Vale, M. M., Berenguer, E., Menezes, M. A., Castro, E. B. V., Siqueira, L. P. and Rita, C. Q. P. (2021). The COVID-19 pandemic as an opportunity to weaken environmental protection in Brazil. *Biological Conservation*, 108994. DOI:10.1016/j.biocon.2021.108994
- Vasconcelos, P. F. C. and Calisher, C. H. (2016). Emergence of Human Arboviral Diseases in the Americas, 2000–2016. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 16: 295-301. DOI:10.1089/vbz.2016.1952
- Vasconcelos, P.F.C., Rosa, A.P. A.T., Rodrigues, S.G., Rosa, E.S.T., Dégallier, N. and Rosa, J.F.T. (2001). Inadequate management of natural ecosystem in the Brazilian Amazon region results in the emergence and reemergence of arboviruses. *Cadernos de Saúde Pública*, 17 (Supp): 155-164. DOI:10.1590/S0102-311X2001000700025
- Vittor, A. Y., Gilman, R. H., Tielsch, J., Glass, G., Shields, T. I. M., Lozano, W. S., ... and Patz, J. A. (2006). The effect of deforestation on the human-biting rate of *Anopheles darlingi*, the primary vector of falciparum malaria in the Peruvian Amazon. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 74: 3-11. DOI:10.4269/ajtmh.2006.74.3
- Woolhouse, M. and Antia, R. (2008). Emergence of new infectious diseases. In: S.C. Stearns, and J.K. Koella, (Eds) *Evolution in Health and Disease*, 2nd ed. Oxford: Oxford University Press. pp. 215-228.
- Woolhouse, M.E. and Gowtage-Sequeria, S. (2005). Host range and emerging and reemerging pathogens. *Emerging Infectious Diseases*, 11: 1842-1847. DOI:10.1098/rstb.2011.0354
- Zhou, H., Chen, X., Hu, T., Li, J., Song, H., Liu, Y., Wang, P., Liu, D., Yang, J., Holmes, E.C., Hughes, A.C., Bi, Y. and Shi, W. (2020). A novel bat coronavirus closely related to SARS-CoV2 contains natural insertions at the S1/S2 cleavage site of the spike protein. *Current Biology*, 30: 2196-2203. DOI:10.1016/j.cub.2020.05.023