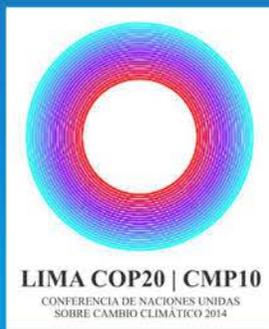


# AMAZONÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO: PERSPECTIVAS, OPORTUNIDADES Y AMENAZAS

Resúmenes de las ponencias realizadas  
en el Seminario CNPP-COP 20  
Lima, 23 de mayo del 2014

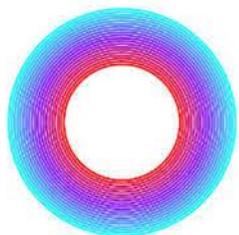




# AMAZONÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO: PERSPECTIVAS, OPORTUNIDADES Y AMENAZAS

Resúmenes de las ponencias realizadas  
en el Seminario CNPP-COP 20

Lima, 23 de mayo del 2014



LIMA COP20 | CMP10  
CONFERENCIA DE NACIONES UNIDAS  
SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO 2014



PERÚ

Ministerio de  
Relaciones Exteriores



CNPP/OTCA

Comisión Nacional  
Permanente Peruana



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



## Ministerio de Relaciones Exteriores /Comisión Nacional Permanente Peruana (CNPP)

Jirón Lampa 545, Cercado de Lima – Perú

Tel: (511) 2043146

[www.rree.gob.pe](http://www.rree.gob.pe)

## Ministerio del Ambiente

### Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP

Av. José A. Quiñones km. 2,5

Apartado 784, teléfono: (065) 265515 - 265516, fax: (065) 265527, Iquitos, Perú

[www.iiap.org.pe](http://www.iiap.org.pe)

## Amazonía y cambio climático: perspectivas, oportunidades y amenazas

1ª Edición, Diciembre 2014

Tiraje: 1000 unidades

Impresión: Imazonia Servicios Generales de William Dennis Angulo Tello

Av. José Abelardo Quiñones km. 2 - Iquitos - Perú

Diciembre 2014

Diseño de carátula y diagramación de páginas interiores: Germán Beltrán Vela Tello

Cuidado de Edición: Manuel Martín Brañas

Fotografías: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Manuel Martín Brañas, Pedro Icomedes, Mireia Campanera Reig

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-16833

ISBN:





## Índice

Presentación .....	9
Resumen ejecutivo .....	11
Conservación de la biodiversidad y desarrollo amazónico en un contexto de cambio climático / José Alvarez Alonso .....	13
Cambio Climático y Fauna Silvestre en la Amazonía peruana / Richard Bodmer .....	25
Variabilidad climática y eventos hidrológicos extremos en la cuenca amazónica / Jhan Carlo Espinoza; Josyane Ronchail; Jean Loup Guyot; Waldo Lavado; William Santini .....	31
Cambio climático y Amazonía / Eduardo Calvo .....	37
Desarrollo sostenible en la Amazonía peruana en un contexto de cambio climático / Keneth Reátegui del Aguila .....	43
El cambio climático y sus efectos en las áreas inundables de la Amazonía / Luis Campos Baca .....	49
Evaluación de los modelos CMIP5 del IPCC en el Perú: Proyecciones al año 2030 en la Región San Martín / Grinia Avalos Roldán, Alan Llacza Rodríguez, Gerardo Jácome, Christian Barreto Schuler .....	55
Una propuesta esperanzadora: el Fondo Mundial Amazónico de Investigación, Educación e Innovación Tecnológica .....	63
Agradecimientos .....	73
Bibliografía .....	75



## Presentación

El cambio climático ha pasado de ser una teoría a convertirse en un hecho evidente por sí mismo. Existe un fuerte consenso científico de que el clima global del planeta se verá alterado significativamente en el siglo XXI, como resultado del aumento de concentraciones de gases invernadero tales como el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y los clorofluorocarbonados.

Si bien, existe consenso en afirmar que se producirán alteraciones, todavía no lo hay en precisar la magnitud real que alcanzarán las mismas. El principio precautorio nos conmina a tomar las medidas precisas para mitigar cualquier riesgo que pueda afectar al ser humano o al planeta, por lo que la incertidumbre sobre la magnitud de las alteraciones no puede ser freno para que demos paso a la acción y comencemos a mitigar los efectos colaterales producidos por el cambio climático a lo largo y ancho del planeta.

La presente publicación representa la suma del esfuerzo de todas las instituciones que forman parte de la Comisión Nacional Permanente Peruana de la OTCA. Presenta siete resúmenes de las ponencias presentadas en el Seminario CNPP-COP 20 "Amazonía y cambio climático: perspectivas, oportunidades y amenazas", desarrollado el 23 de mayo del 2014, en las instalaciones del Ministerio de Relaciones Exteriores, en la ciudad de Lima. Cada uno de los resúmenes aborda la problemática del cambio climático desde diferentes realidades o áreas temáticas, de tal forma que la suma de todos ellos nos presenta un panorama amplio de los posibles efectos del cambio climático durante el presente siglo. Asimismo, en sus últimas páginas, nos acerca a la propuesta del Fondo mundial amazónico de investigación educación e innovación tecnológica, como herramienta que contribuya a implementar y desarrollar acciones que permitan conservar una de las regiones naturales más importantes para el país como para el planeta.

**Min. Vilma Liliam Ballón Sánchez de Amézaga**  
CNPP-OTCA. Ministerio de Relaciones Exteriores



## Resumen ejecutivo

El calentamiento atmosférico es un hecho y se presentará ante nosotros de manera progresiva las próximas décadas, siendo hoy uno de los indicadores más directos del cambio climático. Las alteraciones climáticas provocadas por el calentamiento global no serán uniformes, en la Amazonía, por ejemplo, las regiones húmedas serán más húmedas y las secas más secas; los eventos extremos serán más extremos, manteniéndose el fenómeno del Niño como el evento de variabilidad anual más grande del mundo.

El cambio climático afectará de manera directa a la fauna silvestre, poniendo seriamente en peligro su supervivencia. A su vez, la mayoría de cultivos se verán afectados, sobre todo en las regiones templadas. La disponibilidad del agua decrecerá en las zonas andinas, el caudal de muchos de los ríos andinos disminuirá debido a las sequías prolongadas y al aumento de temperatura, afectando irremediablemente a la cuenca amazónica, debido a que muchos de los ríos andinos desalojan sus aguas en los llanos amazónicos.

Muchos de estos efectos ya se están haciendo visibles: inundaciones intensas y sequías históricas, que afectan y afectarán de manera directa a la fauna silvestre e impactan en la población indígena y rural que sobrevive gracias al aprovechamiento de los recursos que la rodean. Estos cambios inciden dramáticamente en el aumento de los índices de desnutrición de las comunidades rurales e indígenas de la Amazonía, ya que hoy, sin duda alguna, la disponibilidad de los recursos es menor que la existente hace una década. Si no se mitiga el problema, los efectos sobre la biodiversidad y sobre las comunidades rurales serán dramáticos.

Si bien, el panorama no es muy favorable, es indudable que todavía hay opciones para mejorar la situación. Algunas de las opciones pasan por la inversión decidida en la investigación sobre las energías renovables, reduciendo su costo y mejorando su eficiencia tecnológica. Asimismo, es preciso combinar la bioenergía con la captura y almacenamiento de carbono, favoreciendo aquellos proyectos que incidan en estos aspectos, tal es el caso de las iniciativas REDD + , de las cuales hay muy buenas experiencias en otros países latinoamericanos. No obstante, en el pulso contra el cambio climático cualquier iniciativa, sea grande o pequeña, es bienvenida, la sensibilización y la voluntad de cambio son aspectos indispensables para ganar la batalla.

La presente publicación es fruto del Seminario CNPP-COP 20 "Amazonía y cambio climático: perspectivas, oportunidades y amenazas", desarrollado el 23 de mayo del 2014, en las instalaciones del Ministerio de Relaciones Exteriores, en la ciudad de Lima.

El seminario tuvo como objetivo principal trabajar una agenda que visibilice los resultados y estudios relacionados con el cambio climático alcanzados por varias instituciones a nivel nacional. El trabajo desarrollado en el seminario por las instituciones miembros de la CNPP/OTCA en la Amazonía peruana, servirá de insumo para el desarrollo de la vigésima conferencia de las partes (COP 20), que tendrá lugar en Lima del 1 al 14 de diciembre del 2014. Las reseñas presentadas a continuación resumen de manera formidable los avances y resultados obtenidos en el seminario.





## Conservación de la biodiversidad y desarrollo amazónico en un contexto de cambio climático

José Álvarez Alonso\*

### INTRODUCCIÓN

La Amazonía, que conserva la mitad de los bosques tropicales del mundo y alberga entre un quinto y un cuarto de su biodiversidad, ha sido calificada con frecuencia como el Pulmón del Planeta, por procesar anhídrido carbónico y proveer oxígeno (Bunyard 2010; Pohlker 2012; Hageneder 2012). En los últimos años también ha sido puesto de relieve el papel del bosque amazónico como sumidero de carbono. Se calcula que hasta un 20 % del oxígeno del Planeta es producido por los bosques amazónicos (WWF 2014). Hoy se considera que la Amazonía es más bien una especie de aire acondicionado del planeta, por su rol como regulador del clima hemisférico. Los bosques amazónicos almacenan más de 10 000 millones de toneladas de carbono, equivalentes más o menos a unos 15 años de todas las emisiones globales de carbono. La Amazonía tiene una gran influencia en el clima regional y global, y su deforestación podría tener un impacto significativo en el clima global (Malhi et al. 2008).

De producirse un incremento de más de dos grados centígrados en la temperatura global (y ya ha subido 0.85 °C, según el último informe del IPCC) la Amazonía podría convertirse en el “calentador del planeta”. Modelos climáticos predicen que ante escenarios moderados de

emisiones de gases efecto invernadero, las temperaturas se elevarían este siglo 3.3 °C (rango entre 1.8 – 5.1 °C). Cabe destacar que al final de la última glaciación, la Amazonía se calentó en apenas 0.1 °C cada siglo (Christensen et al. 2007).

Algunos científicos consideran que entre la Amazonía y el clima planetario existe una especie de círculo vicioso: la estabilidad del clima global depende en buena medida de los bosques amazónicos, y los bosques amazónicos dependen en buena medida del clima global. Adicionalmente, la corriente del río Amazonas, que representa cerca de 1/5 de toda el agua dulce no congelada del planeta, tiene la capacidad de influenciar a las corrientes oceánicas (Nepstad et al. 2008).

Por otra parte, otros modelos climáticos indican que la pérdida masiva de la cobertura vegetal en la Amazonía occidental, a su vez, puede afectar severamente el clima hemisférico, incluso tan lejos como el noroeste de los Estados Unidos; se calcula que podría resultar en una reducción de hasta el 50 % de la nieve en Sierra Nevada, y del 15 al 20 % de reducción en las lluvias en esta región occidental de Estados Unidos (Medvigy et al. 2013).

Otros modelos climáticos indican que el bosque amazónico no es inexpugnable: el efecto sinérgico de las cada vez más severas sequías

\* Director General de Diversidad Biológica del Ministerio del Ambiente.

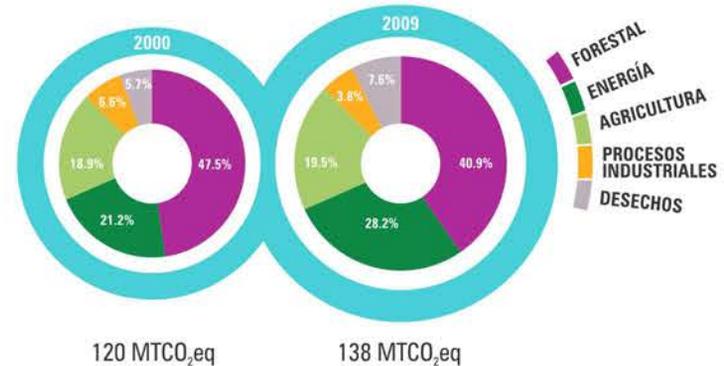
asociadas con el cambio climático, unidas a la ampliación de la frontera agrícola y ganadera, la tala selectiva de madera y los incendios forestales podría dañar severamente o destruir hasta el 50 % de los bosques amazónicos, lo que añadiría a la atmósfera entre 15 y 25 millones de toneladas de carbono, impulsando aún más el ciclo vicioso del cambio climático (Nepstad 2008). Y si se incrementase en más de dos grados la temperatura del planeta, los bosques amazónicos podrían desaparecer hacia final del siglo XXI substituidos por una sabana calcinada que a su vez ayudaría a incrementar aún más las temperaturas globales (Cox et al. 2004; Mountinho & Schwartzman 2005), o incluso bastante antes (Nepstad et al. 2008).

Aunque las emisiones de CO<sub>2</sub> del Perú representan apenas un 0.4 % de las emisiones globales (año 2000; MINAM 2012), aumentaron un 21 % desde 1994. Sin embargo, un 47 % de estas emisiones corresponden a la deforestación, la que se produce principalmente en la Amazonía (Fig. 1). Aunque la deforestación ha disminuido significativamente en la última década (en el año 2000 superaba las 260 000 ha/año), todavía supera las 100 000 ha/ año (MINAM 2009).

La conservación de los bosques es quizás la forma más barata y práctica de adaptación al cambio climático en la Amazonía, donde ya se ha comenzado a sentir sus impactos. Esto representa un reto muy particular para el Perú, porque la conservación productiva de los bosques constituye no solo en una estrategia de mitigación del cambio climático, sino de desarrollo sostenible de las comunidades locales que dependen en buena medida de sus servicios ecosistémicos para subsistir, como se indica más adelante.

Los últimos extremos climáticos que han asolado la Amazonía son un preanuncio de lo que se viene. Cuando ocurrió la extrema sequía del 2005, la peor de la historia conocida hasta ese momento, algunos climatólogos comentaron que era un evento excepcional, de esos que

**DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES DE GEI POR SECTOR**  
Comparación Año 2000 - 2009



Fuente: MINAM 2009.

**Figura 1. Actualización del Inventario Nacional Integrado de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Perú al año 2009**

ocurren cada 100 años. En el 2010 ocurrió otra peor: el Amazonas descendió a su nivel más bajo registrado en la historia, y se produjeron miles de incendios, gran mortandad de árboles en bosques primarios, de peces y otros animales en los ríos, escasez de agua en pueblos y ciudades amazónicas, y otras calamidades (SEN 2011). Según los expertos, el porcentaje de la Amazonía afectado por la sequía del 2005 fue del 37 %, mientras que en el 2010 fue el 57 %. Calcularon el impacto de la sequía del 2005: 5 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub> liberados a la atmósfera. La cantidad en el 2010 fue incluso superior, una cantidad casi similar a las emisiones de carbono de EE.UU. (Lewis et al. 2011).

## **SINERGIAS ENTRE BOSQUE Y CLIMA, DEFORESTACIÓN Y CAMBIO CLIMÁTICO**

Pero los bosques amazónicos no solo están amenazados por el cambio climático: nuevas tecnologías de teledetección remota han demostrado que el bosque amazónico se pierde dos veces más rápido de lo que se calculaba con las tecnologías tradicionales, debido a la tala selectiva, en su mayor parte ilegal (Connor 2007). Recientemente se ha comprobado que la degradación de los bosques amazónicos producida por la tala selectiva y los incendios forestales representa un 40% de las emisiones de carbono en la Amazonía (Berenguer et al. 2014).

Los incendios forestales que se producen estacionalmente con la quema de pastos y bosques, especialmente en Amazonía suroriental, y que se incrementan exponencialmente durante los años muy secos, tienen un enorme impacto en la composición de la atmósfera amazónica y pueden llevar a afectar en el futuro próximo no solo el clima regional sino el global, al alterar las tasas de radiación de luz solar y las propiedades de las nubes (Zhou & Lau 1998; Brando et al. 2014).

Existen cada vez más evidencias de que el efecto sinérgico de la degradación producida directamente por el hombre y la provocada por el cambio climático está poniendo en riesgo tal a los bosques amazónicos que algunos modelos prevén que para el 2030 podrían estar talados o dañados un 55 % de ellos (Fig. 2; Nepstad et al. 2008).

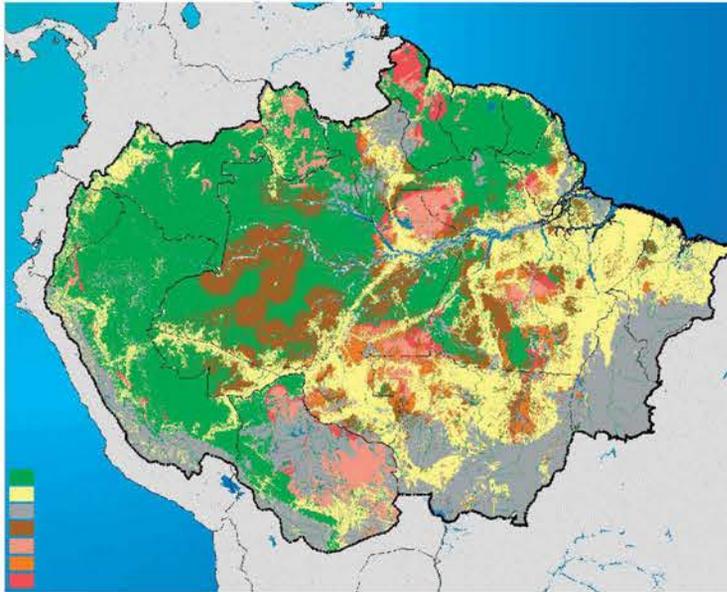
En las últimas décadas se ha descubierto una serie de fenómenos y procesos en la Amazonía que ponen de relieve el importante rol que cumple en la regulación del clima hemisférico. La cuenca amazónica es un auténtico reactor biogeoquímico, en el que los aerosoles (partículas submicrométricas orgánicas emanadas del bosque) se convierten en núcleos de condensación para las nubes y la lluvia, y hacen posible el ciclo hidrológico, de otro modo poco factible en una región casi libre de polvo (Pöschl et al. 2010).

Los expertos calculan que cerca del 50 % de las lluvias amazónicas son de convección, esto es, provienen de la evapotranspiración de la vegetación, y entre el 63 y el 73 % del agua de lluvia se evapora o transpira del bosque (Costa & Foley 1999; Marengo & Nobre 2001; Malhi et al., 2008); si el bosque desapareciera, colapsaría esta maravillosa máquina de generar humedad y almacenar carbono, con toda la megadiversidad que alberga, y afectaría el clima en todo el hemisferio. Por eso se afirma que el ecosistema amazónico es el único en el mundo capaz de generar su propio clima: a eso se refiere lo que se ha dado en llamar "la paradoja amazónica", que hace posible la existencia del mayor bosque lluvioso del mundo en una franja geográfica que correspondería a desiertos (entre 30° latitud norte y 30 ° latitud sur). Algunos estudiosos estiman que se requiere conservar al menos el 70 % de la cobertura vegetal de la Amazonía para mantener su régimen climático actual (Silva Dias et al., 2002 in Soares Filho 2006).

El bosque amazónico es también un auténtico motor del clima continental, que genera enormes cantidades de vapor de agua: cada uno de los 600 000 millones de árboles que hay en la Amazonía puede emitir a la atmósfera hasta 1 000 lt de agua al día, y en su conjunto, este ecosistema emite unos 20 mil millones de toneladas diarias, que es más de un quinto del agua dulce no congelada del planeta (Marengo & Nobre 2001).

La enorme red fluvial del Amazonas, que drena al Atlántico más de 17 mil millones de toneladas de agua al día, se complementa en sentido contrario por el flujo de vapor de agua desde el océano hacia el oeste, hacia los Andes, un especie de "ríos voladores" que no existirían si no hubiese bosque en la superficie. El bosque amazónico es clave en el bombeo de humedad del océano a todo el subcontinente, y regula las lluvias a miles de kilómetros de distancia. Este bosque, al mismo tiempo, previene que ocurran huracanes en el continente sudamericano, y

Mapa de los bosques amazónicos al 2030, mostrando los bosques dañados por la sequía, talados o degradados, asumiendo que el clima de los próximos 20 años sea similar al de los últimos 10 años. Según Neptstad *et al.* 2008.



**Figura 2. Mapa proyectado de los bosques amazónicos al 2030**

Los expertos calculan que cerca del 50 % de las lluvias amazónicas son de convección, esto es, provienen de la evapotranspiración de la vegetación, y entre el 63 y el 73 % del agua de lluvia se evapora o transpira del bosque (Costa & Foley 1999; Marengo & Nobre 2001; Malhi *et al.*, 2008); si el bosque desapareciese, colapsaría esta maravillosa máquina de generar humedad y almacenar carbono, con toda la megadiversidad que alberga, y afectaría el clima en todo el hemisferio. Por eso se afirma que el ecosistema amazónico es el único en el mundo capaz de generar su propio clima: a eso se refiere lo que se ha dado en llamar “la paradoja amazónica”, que hace posible la existencia del mayor bosque lluvioso del mundo en una franja geográfica que correspondería a desiertos (entre 30° latitud norte y 30 ° latitud sur). Algunos estudiosos estiman que se requiere conservar al menos el 70 % de la cobertura vegetal de la Amazonía para mantener su régimen climático actual (Silva Dias *et al.*, 2002 in Soares Filho 2006).

El bosque amazónico es también un auténtico motor del clima continental, que genera enormes cantidades de vapor de agua: cada uno de los 600 000 millones de árboles que hay en la Amazonía puede emitir a la atmósfera hasta 1 000 lt de agua al día, y en su conjunto, este ecosistema emite unos 20 mil millones de toneladas diarias, que es más de un quinto del agua dulce no congelada del planeta (Marengo & Nobre 2001).

La enorme red fluvial del Amazonas, que drena al Atlántico más de 17 mil millones de toneladas de agua al día, se complementa en sentido contrario por el flujo de vapor de agua desde el océano hacia el oeste, hacia los Andes, un especie de “ríos voladores” que no existirían si no hubiese bosque en la superficie. El bosque amazónico es clave en el bombeo de humedad del océano a todo el subcontinente, y regula las lluvias a miles de kilómetros de distancia. Este bosque, al mismo tiempo, previene que ocurran huracanes en el continente sudamericano, y

amortigua las corrientes de aire frío provenientes del Antártico (Marengo & Nobre 2001; Medvigy et al. 2013).

La destrucción del bosque amazónico provocaría un desequilibrio en el clima hemisférico de imprevisibles consecuencias (ambientales, sociales y económicas), de ahí la importancia de conservarlo. Se calcula que el 70 % del PBI de Suramérica depende en uno u otro modo del clima regulado por la Amazonía (Costa & Foley 2000; Werth & Avissar 2002).

## LA DEFORESTACIÓN NO ES EL ÚNICO PROBLEMA

Pero la pérdida de vegetación no es el único problema de la Amazonía. Gran parte de los bosques amazónicos y de los ecosistemas acuáticos han sufrido una depredación histórica de grandes animales, incluyendo mamíferos, aves y reptiles, muchos de los cuales cumplían un rol importante como dispersores de semillas o controladores de vegetación. Su extinción local en muchos lugares está provocando cambios en la composición de la vegetación de imprevisibles consecuencias (Terborgh et al. 1999).

Cualquiera que camine por los bosques amazónicos en zonas cercanas a comunidades puede observar la cantidad de frutos y semillas que se pudren en el suelo, debido a que no existen más los animales que una vez se alimentaron de ellos. La caza con fines comerciales, junto con la tala selectiva y la fragmentación del bosque (en algunos lugares) han diezmando a las poblaciones de grandes animales, causando un grave problema ecológico, pero al mismo tiempo económico: la fauna silvestre era y sigue siendo la principal fuente de proteína de las poblaciones rurales, que hoy sufren altas tasas de desnutrición crónica, cercanas al

50% en población escolar de comunidades indígenas (ENDES 2012).

Debido a los riesgos a los que están expuestos los ecosistemas amazónicos, mencionados más arriba, la adaptación al cambio climático tiene una particular relevancia en la Amazonía: aquí todavía los servicios de los ecosistemas, incluyendo productos del bosque y de los cuerpos de agua, son esenciales para la subsistencia y la calidad de vida de las comunidades locales. En algunas zonas, los productos de la flora y fauna silvestre, terrestre y acuática, representan hasta más del 70 % de los ingresos de las comunidades rurales (Pyhälä 2003).

Los impactos del cambio climático en la fauna amazónica, que se ve obligada a emigrar altitudinalmente para compensar la elevación de las temperaturas, son conocidos desde hace años (F. Bustamante 1010). La fragmentación del bosque representa ahora una barrera para estas migraciones altitudinales, por lo que la creación de corredores de conservación y otras figuras que garanticen conectividad entre distintos pisos altitudinales es estratégica para la conservación de la biodiversidad a largo plazo (Mindreau 2013).

Cada vez hay más evidencias de que la deforestación ejerce un efecto sinérgico para incrementar la amenaza que representa el cambio climático sobre la fauna en bosques tropicales (Harris et al. 2014).

Evidencias recientes muestran el gran impacto que el cambio climático está teniendo en la fauna amazónica en selva baja y, consecuentemente, en las comunidades que dependen de ella para subsistencia (Bodmer et al. 2014).

Los impactos se producen tanto sobre los recursos acuáticos (en las vaciantes extremas) como sobre la fauna terrestre de ungulados, grandes roedores y edentados que habitan las zonas inundables (durante las grandes crecientes).

## VISIONES DE DESARROLLO Y CAMBIO CLIMÁTICO

Desde los años 70 y 80, diversos gobiernos impulsaron la ocupación y el “desarrollo” de la Amazonía, tratando de copiar modelos agropecuarios calcados de la sierra o la costa del Perú, totalmente inapropiados para el clima y la baja calidad de los suelos de la selva baja, e inadecuados para la realidad sociocultural de los pueblos amazónicos. Algunos lemas de la época para impulsar la ocupación de la Amazonía son reflejo de esa visión: “Tierra sin gente para gente sin tierra”, “arroz con bistec”, etc (CIAM 2011).

Estas visiones pensadas desde Lima ignoraron de forma ostensible el mayor potencial con el que cuenta la Amazonía: el bosque y su biodiversidad, junto con los ecosistemas acuáticos asociados. El bosque fue visto más como un obstáculo a “desmontar” para ampliar la frontera agrícola, y las diversas normas legales diseñadas para promover la ocupación y el desarrollo amazónico reflejaron esta visión, considerando el desbosque como un requisito para la titulación y, por tanto, convirtiendo a esto como un incentivo perverso para la deforestación.

Algunos sectores siguen insistiendo en que debemos seguir el modelo de desarrollo de Europa y EE.UU., que talaron sus bosques para ampliación de la frontera agrícola. Ni la calidad de sus suelos ni el clima y otras condiciones (acceso al mercado, tipo de cosechas) son comparables.

Hoy sabemos que la vocación principal de los suelos amazónicos no es agropecuario, sino de protección y de manejo forestal: oxisoles, iceptisoles, espodosoles, que son suelos ácidos y con muy bajo contenido de nutrientes, los que están principalmente en la vegetación (Fig. 3). Por ejemplo, según el cálculo de la ONERN solo un 2.8 % de los suelos amazónicos tienen aptitud para cultivos en limpio (ONERN 1982); en algunas zonas el porcentaje es aún más bajo: el IIAP ha calculado que no

más del 0.49 % de los suelos del área de la carretera Iquitos-Nauta, donde se hizo una zonificación ecológica y económica a nivel meso, son aptos para la agricultura en limpio (IIAP-AECI 2002). La saturación de humedad y el nivel de precipitaciones anuales (que oscila entre 2 500 y 3 500 mm al año), y la proliferación de plagas de insectos, hongos y otros parásitos hacen poco rentable el cultivo de cosechas comerciales en buena parte de la Amazonía peruana. Excepciones a esta “regla” son algunos cultivos en algunas zonas particulares, como el café o el cacao en ciertos valles de la selva alta, o el camu camu en ciertos suelos aluviales de la selva baja; estos últimos, aunque tienen mayor aptitud agrícola, tienen limitaciones por drenaje e inundaciones periódicas.



Foto: J. Álvarez; proyecto de carretera Mazán – El Estrecho, Loreto.  
Nótese la delgada capa orgánica, de apenas pocos centímetros.

**Figura 3. Calicata en un típico suelo amazónico de tierra firme**

Aparte de ello, hay que considerar que en las últimas décadas han sido abandonadas (y plantadas de bosques) muchas de las zonas anteriormente cultivadas en los países del Norte, a pesar de tener climas adecuados para cosechas comerciales, tener suelos ricos y aptos para agricultura mecanizada, y buena conectividad con mercados cercanos. Hoy la agricultura se concentra en los suelos más aptos, donde un agricultor puede manejar cientos de hectáreas con maquinaria y tecnología adecuada. En la Amazonía se calcula que aproximadamente el 70 % de las zonas deforestadas para fines agropecuarios actualmente están degradados y abandonados, cubiertos de vegetación secundaria o pastizales de muy baja calidad. Los países amazónicos deberían aprender de estos procesos, evitando talar imprudentemente bosques para instalar cultivos efímeros. Se ha señalado reiteradamente lo irracional de sustituir un volumen de biomasa boscosa de casi 1000 tm por hectárea y varios miles de especies de plantas y animales, por "media vaca", dado que se requiere en promedio dos hectáreas de pasto para mantener una cabeza de ganado en selva baja (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Biomasa y especies en una hectárea de bosque amazónico**

- Biomasa: 900,200 kg de animales y vegetales
- Hasta 300 especies de árboles de más de 10 cm dap
- Unas 2 000 especies de plantas
- Unas 367 especies de mariposas diurnas y nocturnas
- Unas 55 especies de hormigas y dos millones de individuos
- Unas 54 especies de abejas y avispas
- Unas 200 especies de arañas
- Unas 41 especies de caracoles
- Unas 81 especies de coleópteros (Scarabeidae)
- Unas 66 especies de anfibios
- Unas 48 especies de reptiles
- Unas 200 especies de aves
- 100 especies de mamíferos

*Fuente: Brack 2004*

**IGNORANDO AL BOSQUE**

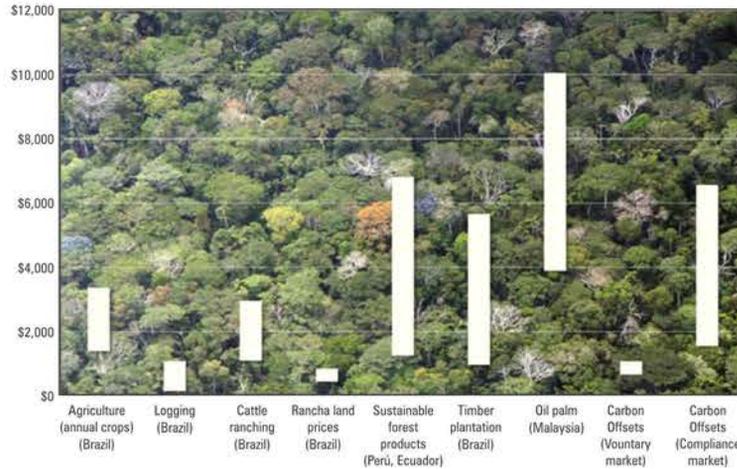
Los modelos de desarrollo agropecuario (y las políticas gubernamentales que los han impulsado) han ignorado y siguen ignorando el enorme potencial del bosque en pie de contribuir al desarrollo, dada su capacidad de proveer bienes y servicios.

Aunque se habla cada vez más de los servicios de los ecosistemas, que incluyen el secuestro de carbono y la provisión de agua, entre otros no se está tomando en cuenta en su verdadera dimensión la capacidad de los ecosistemas forestales de proveer bienes.

Para poner un ejemplo, de las 182 plantas domesticadas en Perú, 85 son de origen amazónico. Además de madera, hay un enorme abanico de productos que pueden ser aprovechados sosteniblemente de los bosques con un manejo adecuado, incluyendo látex, resinas, aceites esenciales, frutos, semillas, raíces, hojas, cortezas, fibras, miel y fauna silvestre. Los posibles usos van desde alimentación, nutracéutica y medicina, hasta la cosmética y diversos usos industriales (Brack 2004).

El uso sostenible e integral del bosque en pie puede ser rentable, incluso más rentable que algunos de los usos del suelo considerados más rentables, como ciertos monocultivos.

Según el estudio de Butler y Laurance (2009), si se combina el potencial de los bionegocios (productos forestales maderables y no maderables, aprovechados sosteniblemente) con los negocios de carbono, tanto voluntario como el mercado regulado, que se espere entre en plena vigencia con la firma del nuevo Protocolo de Cambio Climático el 2015 en París, se estaría superando con creces la rentabilidad de las plantaciones de palma aceitera, actualmente uno de los usos más rentables de los suelos amazónicos (Fig. 4).



**Figura 4. Valor neto de varias formas de uso de tierra en la Amazonía (\$US/ha)**

Muchos de los ecosistemas amazónicos, sin embargo, están en mayor o menor grado degradados, y como consecuencia, no están produciendo actualmente los bienes y servicios que podrían producir de estar sanos. Particularmente impactada ha sido la fauna silvestre de mediano y gran tamaño, y los grandes peces amazónicos (Peres 2000; Goulding et al. 2003; Terborgh et al. 2008). Recuperar y mantener la estructura y funcionalidad de estos ecosistemas, y por tanto su capacidad de producir bienes y servicios sosteniblemente para beneficio de la gente, debería ser una política de estado en los países Amazónicos. Esto corresponde con el quinto principio del Enfoque Ecosistémico, tal cual asume el Convenio de Diversidad Biológica y la IUCN (Shepherd 2006).

## IGNORANDO LA CULTURA Y LA IDIOSINCRASIA AMAZÓNICAS

Además de la pobreza de los suelos, el clima, la lejanía de los mercados y otras limitaciones mencionadas más arriba, cabe buscar otra causa en la raíz del fracaso del modelo de desarrollo agropecuario de la Amazonía: el desconocimiento de la cultura, las costumbres y la idiosincrasia de los amazónicos. Efectivamente, como han demostrado diversos estudios, y analizando los fracasos de cientos de proyectos, los amazónicos no son tanto campesinos o ganaderos como "bosquesinos", esto es, manejadores del bosque y los ecosistemas acuáticos asociados, según la terminología acuñada por el antropólogo J. Gasché (Gasché & Vela 2012).

Estos autores atribuyen el fracaso de las políticas y proyectos de desarrollo y conservación impulsados en la Amazonía a la 'etnosuficiencia tecnicista' de muchos expertos y tomadores de decisión, que han diseñado e impulsado políticas, programas y proyectos de desarrollo y conservación sin conocer (y menos aún respetar) la cultura y las costumbres tradicionales de los amazónicos. Por milenios, las comunidades indígenas han desarrollado prácticas y estrategias para adaptarse a un entorno donde, si bien hay abundancia de ciertos recursos, estos son en buena medida impredecibles, y no se pueden preservar por largos periodos; esto ocurre especialmente con los recursos más estratégicos para seguridad alimentaria, la fauna silvestre y el pescado.

Para enfrentar esta incertidumbre y garantizar una constante provisión de proteínas, los pueblos indígenas desarrollaron algunas estrategias sociales: prácticas de solidaridad y redes de reciprocidad y de intercambio en familias extensas y comunidades pequeñas. Así, mientras para un andino o costeño, garantizar la seguridad alimentaria

de su familia significaba sembrar, cosechar y almacenar una diversidad de granos y tubérculos, y criar algunos animales domésticos, para un amazónico se traducía en compartir con su red de parientes y amigos los animales cazados o peces pescados oportunísticamente en un día de suerte, con la certeza de que cuando otros cazadores o pescadores tuviesen suerte en su comunidad harían lo propio con su familia.

Estos esquemas tradicionales de oportunismo y solidaridad se adaptan bastante mal al individualismo que preconiza el modelo económico del capitalismo liberal, y el desencuentro es más que evidente en la multitud de emprendimientos fracasados.

Es tiempo de aprender de los errores y, en vez de tratar de convertir de forma arbitraria a los bosques amazónicos en agricultores o ganaderos, ayudarlos a manejar sosteniblemente sus recursos forestales y acuáticos, para garantizar en una primera etapa una suficiente provisión de pescado y fauna silvestre y, por tanto, una adecuada nutrición, dado que la desnutrición crónica es uno de los más graves problemas que enfrentan hoy día, llegando en pueblos indígenas a sobrepasar el 50 % (UNICEF 2009).

Gradualmente se puede impulsar iniciativas de aprovechamiento comercial de recursos y de agregación de valor, respetando en todo momento sus decisiones al respecto.

Diversas experiencias con comunidades a las que se ha apoyado en el manejo, comercialización y, en algunos casos, agregación de valor de sus recursos forestales y pesqueros, han demostrado que esta alternativa es la más viable, sostenible e inclusiva (Álvarez & Shany 2012). Estas alternativas son además mucho más compatibles con la conservación de la cobertura boscosa de la Amazonía, tan estratégica para el Planeta, y con la que se ha comprometido formalmente el Perú.

## HACIA UNA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS ECOSISTEMAS AMAZÓNICOS

El enfoque de 'conservación productiva' para aprovechar rentablemente el bosque en pie y los ecosistemas acuáticos asociados debe enfrentar decididamente el reto de la creciente degradación de los bosques y cuerpos de agua amazónicos, luego de más de dos siglos de sobre explotación selectiva de los recursos más valiosos. En la raíz de este saqueo está falta de gobernanza, pues la mayoría de los bosques y los cuerpos de agua han sido de facto de libre acceso: todo el mundo se cree con derecho a extraer, talar, cazar o pescar la cantidad que quiera y con el método que le parezca, por destructivo que sea. Para combatir la "tragedia de los bienes comunes" se requiere impulsar la gobernanza con actores locales, y particularmente con los miles de comunidades indígenas y campesinas de la Amazonía. Existe bastante evidencia que diversos modelos de gobernanza participativa o "policéntrica" son los más eficientes para gestionar recursos naturales de libre acceso, desde agua para riego y pesquerías, hasta bosques o fauna silvestre (Ostrom 2003).

También en la Amazonía existen ya experiencias muy promisorias de gobernanza participativa de grandes territorios, incluyendo áreas naturales protegidas y cuerpos de agua no protegidos (Smith 2003). Particularmente destacables son las experiencias de conservación participativa con comunidades impulsada en Loreto por el Programa Regional de Conservación, Gestión y Uso Sostenible de la Biodiversidad – PROCREL, bajo el enfoque de conservación productiva (Álvarez & Shany 2012).

Los principios de este enfoque: 1 conservación productiva (conservación para la gente, gestión de recursos generando ingresos); 2 manejo adaptativo (adecuación de las medidas de manejo a las

capacidades de las comunidades; 3 enfoque de paisaje y de cuenca (recuperación y conservación de grandes paisajes, especialmente cuencas y ecosistemas completos, y mantenimiento de su estructura y funcionalidad); 4 uso y rentabilización del bosque en pie (priorizar la gestión de ecosistemas silvestres vs sistemas agropecuarios); 5 participación de todos los actores, incluyendo comunidades locales, empresas privadas, instituciones públicas y autoridades políticas; 6 desarrollo de cadenas productivas completas, incluyendo la articulación con el mercado; 7 gestión adaptativa (adecuación progresiva de las instituciones y normas de acuerdo a las capacidades de las comunidades). Como se puede apreciar, estos son en buena medida los principios del enfoque ecosistémico de la IUCN y CDB (Shepherd 2006).

### ¿Y qué decir de la agricultura en la selva baja?

La intensificación agrícola ha sido presentada como una estrategia para impulsar conservación de hábitats naturales (y especialmente bosques tropicales) bajo el supuesto de que mayor productividad por área de la agricultura industrial frenará la expansión de la frontera agrícola provocada por la agricultura de tala y quema. Sin embargo, existen evidencias de que en muchos casos la intensificación, y por tanto la mayor rentabilidad de cultivos agrícolas, crea incentivos perversos para ampliar la frontera agrícola a costa de hábitats naturales (Phelps 2013). Más bien, frente a la estrategia de impulsar intensificación agrícola o 'agricultura de alto rendimiento' y conservar hábitats dentro de parques intangibles (*land sparing*) se propone como alternativa impulsar el mecanismo de integración (*land sharing*), basada en la protección de los sistemas agrícolas tradicionales o 'agricultura de bajo rendimiento', que conserva no solo agrobiodiversidad (razas y variedades nativas) sino también biodiversidad silvestre (Perfecto & Vandermeer 2012).

En el caso de la Amazonía baja, donde los suelos de tierra firme son particularmente pobres, se considera que una buena alternativa para la agricultura familiar es la recuperación de la tecnología tradicional del biocarbón (biochar). Esta tecnología fue desarrollada por los antiguos amazónicos para la rectificación de suelos pobres de la Amazonía, y su efectividad se demuestra en que los suelos tratados de este modo cientos de años atrás (el tipo de tierra llamada en Brasil "terra preta do índio") conservan hasta ahora su fertilidad. El biocarbón propiamente no fertiliza el suelo, sino que ayuda a la retención e intercambio de nutrientes (que deben ser aportados regularmente vía compost) y a la rectificación de la extrema acidez.

Adicionalmente, el biocarbón sirve para la bioremediación de suelos contaminados, y para secuestro de carbono, pues resulta en una captura de carbono de hasta el 50 %, en comparación con el 1 al 3 % que se logra con la técnica de tala y quema, que mayormente produce cenizas (Glaser et al. 2001; King 2013).

Aparentemente los indígenas elaboraban el biocarbón quemando sin oxígeno o con poco oxígeno la madera, tal como hacen hoy día todavía en muchos lugares para elaborar carbón vegetal o de leña, para lo cual cubren una pila de trozos de madera con una capa de hojas y tierra. Esta tecnología podría ser fácilmente difundida entre las familias amazónicas, indígenas y ribereñas, y ayudaría sin duda a mejorar su calidad de vida y a mitigar en buena medida la tala y quema de bosques.

En las comunidades más antiguas y de mayor tamaño, el área degradada por agricultura migratoria es muy significativa, y los suelos están tan empobrecidos luego de varios ciclos de cultivo y descanso, que apenas se regenera un bosque raquíutico cuando dejan que la parcela se "empurme" (que se regenere el bosque). Para establecer chacras más productivas tienen que caminar lejos, a veces una o dos horas al centro, para encontrar bosques primarios.

Con la técnica de biocarbón, unida a la de compostaje para proveer nutrientes, las familias podrían mantener parcelas permanentes cerca de sus casas, y cultivar cuanto menos los alimentos más esenciales para las comidas diarias. Se ha comprobado que antes de la llegada de los europeos había asentamientos indígenas permanentes y relativamente densos en suelos pobres de tierra firme.

## **A MODO DE CONCLUSIÓN**

El manejo sostenible y productivo de los bosques y los ecosistemas acuáticos de la Amazonía, especialmente en la selva baja, junto con la recuperación de tecnología del biocarbón para los cultivos de subsistencia en las comunidades amazónicas asentadas en suelos no inundables, pueden ser algunas de las estrategias para lograr un desarrollo sostenible e inclusivo de la población amazónica. A través de

sus organizaciones representativas, los pueblos indígenas amazónicos han manifestado en diversas circunstancias y documentos su deseo de lograr la prosperidad económica sin renunciar a su cultura y sus costumbres tradicionales, y sin destruir los ecosistemas que constituyen su espacio vital y su mejor capital. Las políticas tradicionales de desarrollo agropecuario han fracasado ostentosamente, porque no tuvieron ninguna consideración ecológica ni sociocultural. Luego de varias generaciones de intentos y de ingentes recursos malgastados es hora de buscar nuevas estrategias, en el fortalecimiento de lo que mejor saben hacer los amazónicos: manejar sus bosques y sus recursos acuáticos. En cualquier caso, todo proyecto o programa a desarrollarse en la Amazonía debe contar con la participación activa de las comunidades indígenas y campesinas, tanto en la toma de decisiones, como en la planificación y ejecución de los proyectos y programas, tal como establece el primer principio del enfoque ecosistémico.





## Cambio Climático y Fauna Silvestre en la Amazonía peruana

Richard Bodmer\*

### CAMBIO CLIMÁTICO Y AMAZONÍA

Los cambios climáticos se suceden a nivel mundial cada vez con mayor intensidad. Si bien, el Perú se encuentra a la vanguardia en lo que se refiere a la investigación sobre el cambio climático en América del Sur (McMullen 2009), los avances obtenidos en la región amazónica no han sido lo suficientemente concluyentes, debido, sobre todo, a que se han priorizado los estudios en otras zonas del país, más accesibles y favorables para la obtención de información relevante (Cáceres 2010). Los resultados de las pocas investigaciones realizadas en la Amazonía peruana muestran que la región está experimentando impactos dramáticos, debido a las recientes y pronunciadas fluctuaciones climáticas. Los impactos han estado focalizados, sobre todo, en los bosques inundables característicos de las tierras bajas (Bodmer et al. 2012). En los últimos cinco años, los niveles excesivos de las inundaciones anuales y las sequías extremas han impactado tanto a la biodiversidad, como a la población local, lo que ha generado una serie de cambios fisiológicos y conductuales en la fauna característica de estos ecosistemas, así como un cambio en el uso de los recursos por parte de las comunidades indígenas y rurales que habitan en estas zonas (Bodmer et al. 2014).

Los modelos más recientes sobre cambio climático existentes para la

región, predicen que, de manera general, la Amazonía occidental se convertirá en un lugar húmedo con una mayor probabilidad de sufrir grandes inundaciones (Cook et al. 2012, Langerwisch et al. 2012). Estos periodos de inundación estarán intercalados con sequías extremas ocasionales. Las investigaciones que hemos desarrollado en el ámbito de la Reserva Nacional Pacaya Samiria, en la región Loreto, concuerdan perfectamente con estos modelos IPCC-AR4 de cambio climático. La similitud existente entre los registros realizados de las recientes fluctuaciones climáticas en la Amazonía peruana y los modelos de IPCC-AR4, en el caso de que estos sean correctos, permite aventurar un escenario futuro para la región amazónica. En este sentido, en esta pequeña reseña, utilizaré la expresión "impacto reciente del cambio climático" de acuerdo a los modelos IPCC-AR4 y las condiciones futuras extrapoladas por ellos.

Es conocido por todos que los bosques inundables son particularmente importantes para entender el impacto del cambio climático en la Amazonía. Los periodos de creciente y vaciante no solo producen una fluctuación en los niveles del agua, sino que también generan una fluctuación en los hábitats de diferentes especies animales y vegetales, al tener estos que acompañar sus ritmos vitales a los niveles variables que les impone el agua (Junk y Piedade 1997). Esta particularidad de los ecosistemas inundables los hace mucho más

\* Presidente de la Fundación Latinoamericana para el Trópico Amazónico (Fundamazonía).

sensibles y vulnerables a las grandes variaciones estacionales. La oscilación arrítmica de los niveles del agua se convierte en un indicador directo de la fluctuación climática, debido a que las variaciones se producen semanal o mensualmente, rompiendo la dinámica histórica de los indicadores con los que se cuenta.

## UN ESTUDIO DE CASO: LA RESERVA NACIONAL PACAYA SAMIRIA

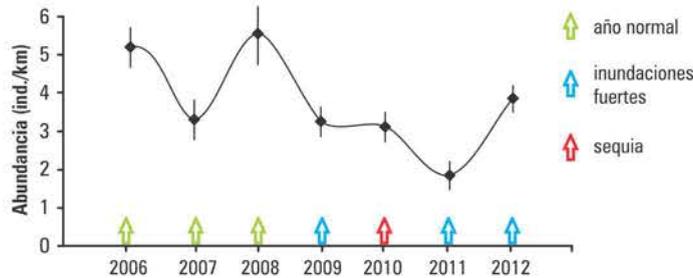
La Reserva Nacional Pacaya Samiria está ubicada en el Departamento de Loreto, en el triángulo geográfico formado por los ríos Ucayali y Marañón, en la depresión geográfica denominada UCAMARA. Con más de 2'080,000 hectáreas, la reserva está dominada, casi en su totalidad, por bosques inundables que acompañan sus ritmos a los niveles estacionales del agua (SERNANP 2009).

Anualmente el río Amazonas sufre una serie de cambios estacionales que se han sucedido históricamente durante dos periodos relativamente marcados: el periodo de inundación, comprendido entre los meses de diciembre a junio y el periodo de vaciante, comprendido entre los meses de julio a noviembre (Foley et al. 2002). Sin embargo, estos cambios estacionales se están haciendo progresivamente más extremos. Entre los años 2009 y 2012 los cambios estacionales fueron muy intensos, registrándose grandes oscilaciones si las comparamos con los registros históricos. De esta forma en el año 2009, el río Amazonas registró un nivel de inundación muy elevado, inundando grandes áreas de los bosques amazónicos. Por el contrario, en el año 2010, los niveles del agua del río Amazonas registraron su nivel más bajo, pudiéndose considerar el evento de este año como de sequía extrema. Más recientemente, en el año 2011, la máxima creciente del río excedió los niveles del 2009. Por último, de todos es conocido, el año 2012 las inundaciones alcanzaron niveles antes no superados, rompiendo los records históricos de inundaciones registrados para la Amazonía (Espinoza et al. 2013).

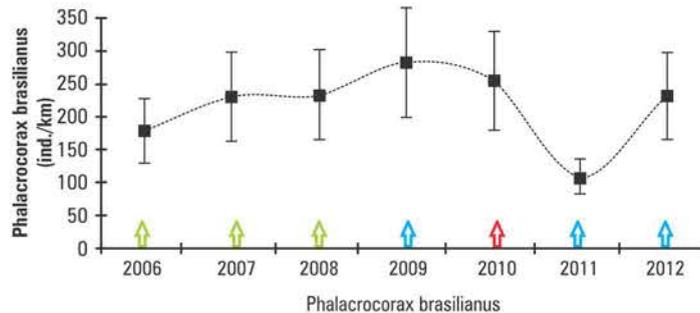
Los resultados de nuestra investigación demuestran que las sequías extremas afectan a una serie de especies adaptadas y dependientes de los ecosistemas acuáticos, tales como las dos especies de delfín existentes en la Amazonía (*Sotalia fluviatilis* e *Inia geoffrensis*) y el manatí (*Trichechus inunguis*) o "vaca marina". La naturaleza acuática de estas especies las hace susceptibles a las condiciones de extrema sequía de los ríos, lagos y canales. La población de delfines necesita como mínimo dos años para recuperarse, siempre que la sequía no sea permanente y los periodos de inundación sean normales después del regreso de las aguas (Figura 1). Si el cambio climático continúa y las condiciones de sequía extrema se repiten periódicamente, es probable que las poblaciones de delfines y manatíes se vean seriamente afectadas.

Asimismo, durante las sequías, las poblaciones de aves acuáticas sufrirán los efectos negativos directos como consecuencia de la reducción del número de especies de peces en los cuerpos de agua de la región. Al igual que en el caso de los delfines, el impacto de las sequías sobre las aves acuáticas dependerá de la frecuencia en la que acontecen, siendo el impacto negativo mayor si las sequías se repiten en periodos muy cortos de tiempo (Figura 2). Las poblaciones de aves acuáticas podrán mantener números saludables cuando las sequías se alternen con inundaciones de dos o más años consecutivos.

Los registros tomados durante la sequía extrema del año 2010, demuestran como las poblaciones de peces fueron fuertemente impactadas por la misma. La mortalidad de los peces durante la sequía se elevó considerablemente debido al bajo caudal del agua y a las consiguientes condiciones anóxicas. La producción de peces durante la inundación del 2011 se redujo sustancialmente debido a la mortalidad de los adultos durante la sequía (Figura 3). De esta forma, las sequías consecutivas parecen tener un impacto negativo sobre las poblaciones de peces y a su vez, sobre las poblaciones de delfines, aves de orilla y cualquier especie que depende directamente de los recursos hidrobiológicos.



**Figura 1.** Tendencia de las poblaciones del delfín rosado *Inia geoffrensis* en el río Samiria entre los años 2006 y 2012. Las flechas verdes corresponden a años con variaciones hídricas más normales, las flechas azules corresponden a años con inundaciones intensas y la flecha roja corresponde al año de sequía.

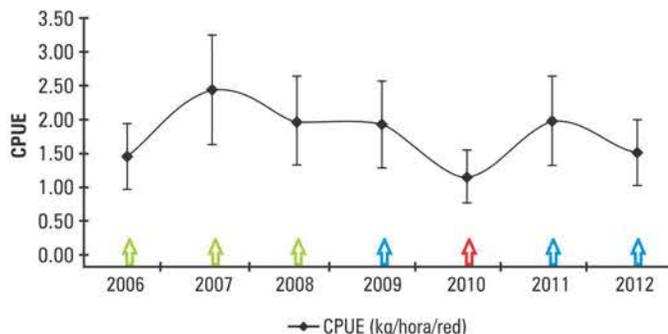


**Figura 2.** Tendencia de la abundancia de *Phalacrocorax brasilianus* en la desembocadura del río Samiria durante la temporada de vaciante. Las flechas verdes indican los años hídricos más normales del nivel del río, las flechas azules indican los años con inundaciones intensas y la flecha roja indica el año de sequía.

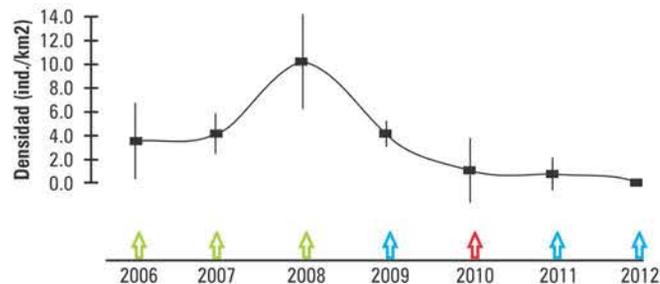
De igual manera, las poblaciones de caimán blanco han sufrido efectos negativos debido a la sequía del 2010. Las condiciones de sequía redujeron el hábitat acuático-terrestre, concentrando a los caimanes en áreas menores y aumentando, por lo tanto, el nivel de competencia. El aumento de la competencia inter e intraspecifica provocó posiblemente una disminución de las poblaciones de caimán blanco durante la sequía. Después de la sequía, sus poblaciones se recuperaron rápidamente, siendo este un indicativo de la gran respuesta adaptativa de esta especie a las fluctuaciones hidrológicas. El hábitat acuático-terrestre existente en la época de creciente favorece indudablemente esta respuesta adaptativa.

Los cambios hidrobiológicos acaecidos recientemente en la Amazonía han causado un impacto dramático sobre las poblaciones de pecaríes, venados, tapires y otras especies terrestres de los bosques inundables (Figura 4). Durante los períodos de inundaciones extremas se redujo la superficie disponible de las restingas no inundables, ocasionando que las especies terrestres se vean forzadas a ocupar espacios menores con reducida disponibilidad de alimentos, causando una mayor competencia entre ellas. Como consecuencia, el estado físico de estas especies se deterioró bastante, mostrando signos de debilidad y causando índices de mortalidad mayores a los habituales. La concentración de mamíferos en restingas menores supuso un aumento de la depredación de los mismos, favoreciendo proteicamente a felinos como el tigrillo, el otorongo o el puma, que en primera instancia no se verían perjudicados si este evento fuera esporádico, pero que sufrirían enormemente si ocurriera en periodos de tiempo muy corto, al disminuir el número de especies que conforman su dieta alimenticia básica (Figura 5).

Las especies que viven en los bosques no son muy afectadas por los efectos directos de las sequías extremas, ya que este fenómeno tiende a impactar en mayor medida a los ambientes acuáticos. Por el contrario, las inundaciones intensas más frecuentes pueden tener un impacto directo sobre las especies terrestres si no son capaces de ascender a la parte



**Figura 3. Tendencia poblacional en relación a la biomasa de peces entre 2006 y 2012 en el río Samiria. Las flechas verdes indican los niveles anuales más normales del nivel del río, las flechas azules indican los años con inundaciones intensas y la flecha roja indica el año de sequía.**



**Figura 4. Tendencia poblacional de ungulados entre 2006 y 2012 en la cuenca del río Samiria. Las flechas verdes indican los niveles anuales más normales del nivel del río, las flechas azules indican los años con inundaciones intensas y la flecha roja indica el año de sequía.**

media o dosel del bosque. Es así que las especies de fauna silvestre que viven en el sotobosque y en la copa de los árboles, como aves, primates y otros mamíferos arbóreos, no sufren de manera directa los efectos de las inundaciones extremas (Figura 6 y 7). Las especies que pueden trepar o volar tienen una clara ventaja adaptativa ante las inundaciones.

No obstante, a largo plazo, estas especies podrían ser afectadas por las alteraciones climáticas, debido a los cambios en la diversidad y en la estructura de la comunidad de plantas. Las inundaciones intensas pueden causar efectos directos sobre las plantas, pero también pueden causar efectos indirectos, al afectar a las poblaciones de fauna terrestre que actúan como dispersores y depredadores de semillas. Estos efectos, directos e indirectos, probablemente favorecerán la modificación estructural de algunas comunidades de plantas, generando una serie de cambios en la composición y la disponibilidad de los recursos alimenticios que consume la fauna arbórea y semi-arbórea.

Las comunidades indígenas Kukama que viven en el río Samiria también se han visto afectadas de forma negativa por los recientes cambios climáticos acaecidos la última década. La caza de fauna silvestre ha disminuido sustancialmente con la disminución poblacional de ungulados y roedores, volviéndose menos sostenible. Durante la sequía los peces también se vuelven escasos y el tamaño de muchas especies comunes decrece considerablemente. La población rural tiene menor acceso al pescado, pero además, al ser el porte de todas las especies menor, tienen que capturar más pescado para alcanzar el mismo nivel de ingesta de proteína, lo que afecta también la sostenibilidad de los recursos hidrobiológicos.

El cambio climático está afectando a los Kukama del bosque inundado, al afectar sus medios básicos de subsistencia. Los impactos del cambio climático se convierten, hoy en día, en un reto para la Reserva Nacional Pacaya Samiria y para las comunidades locales que viven en su interior y en su zona de amortiguamiento. Las amenazas son cada vez

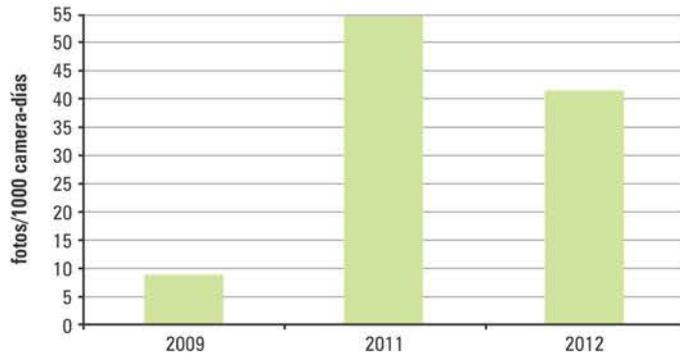


Figura 5. Tasas de captura (fotos/ 1000 camera-días) de tigrillo mediante cámaras trampa en el río Samiria en los años 2009, 2011 y 2012.

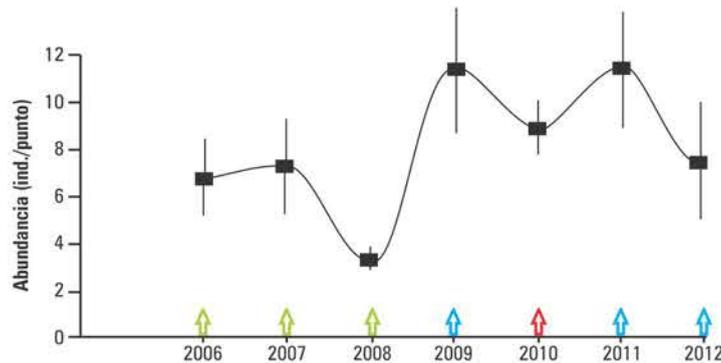


Figura 6. Tendencia de la población agrupada de las cinco especies de guacamayos entre 2006 y 2012 en el río Samiria. Las flechas verdes corresponden a años con variaciones hídricas más normales, las flechas azules corresponden a años con inundaciones intensas y la flecha roja corresponde al año de sequía.

más evidentes, las oscilaciones en los niveles del agua, las sequías extremas y las inundaciones atípicas, son indicadores claros de los cambios que tendremos que afrontar en un futuro no muy lejano. El trabajo conjunto de la Jefatura de la Reserva con la población local es un factor decisivo para poder mitigar los efectos negativos del cambio climático en los ecosistemas de la Reserva. Por desgracia, los cambios a nivel global no dependen de las poblaciones locales, quienes han sabido mantener el equilibrio de los ecosistemas locales durante siglos, depende del conjunto de ciudadanos del planeta, de la disminución de sus emisiones de carbono, del freno al desarrollo económico descontrolado. Si bien, el trabajo que se realice a nivel local solo será una gota de agua en un océano inmenso, quizás, en un breve espacio de tiempo, se convierta en el motor que dé inicio a los cambios.

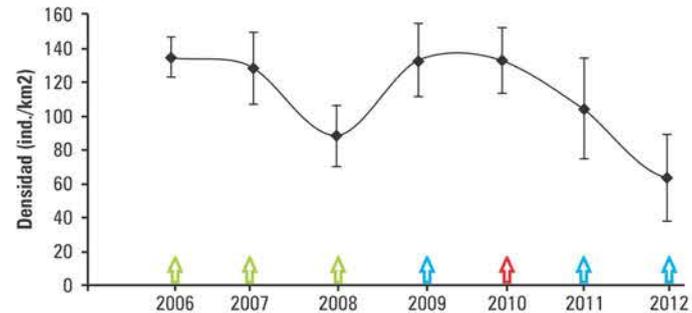


Figura 7. Tendencia poblacional de primates en la cuenca del río Samiria entre 2006 y 2012. Las flechas verdes corresponden a años con variaciones hídricas más normales, las flechas azules corresponden a años con inundaciones intensas y la flecha roja corresponde al año de sequía.





## Variabilidad climática y eventos hidrológicos extremos en la cuenca amazónica

Jhan Carlo Espinoza<sup>1</sup>; Josyane Ronchail<sup>2</sup>; Jean Loup Guyot<sup>3</sup>; Waldo Lavado<sup>4</sup>; William Santini<sup>3</sup>

### INTRODUCCIÓN

La cuenca hidrográfica del Amazonas es la más grande del mundo. Su vertiente cubre alrededor de 6 000 000 km<sup>2</sup> y su caudal medio es el mayor del mundo, estimado en 200 000 m<sup>3</sup>/s [Callède et al., 2010]. Debido a su extensión geográfica, la cuenca del Amazonas se caracteriza por una fuerte variabilidad espacial de las lluvias y de los regímenes hidrológicos [Espinoza et al., 2009a y 2009b]. Recientemente, se han registrado en el río Amazonas una serie de eventos hidrológicos extremos, los cuales llamaron la atención de la comunidad científica mundial. Estos eventos extremos han dado lugar a severas inundaciones como en 1999, 2009 y 2012 [Ronchail et al., 2006; Chen et al., 2010; Marengo et al., 2011b; Espinoza et al., 2013], y periodos de fuertes sequías como en 1998, 2005 y 2010 [Marengo et al., 2008; Espinoza et al., 2011], los cuales resultan muy perjudiciales para las sociedades que viven cerca del curso de agua así como para la agricultura y los ecosistemas amazónicos [e.g. Asner y Alencar, 2010; Xu et al., 2011; Fernandes et al., 2011].

En este trabajo se realiza una breve descripción de la variabilidad

hidrológica actual en la cuenca amazónica y se resumen los resultados más relevantes sobre los eventos hidrológicos extremos ocurridos recientemente. Este estudio se ha hecho posible gracias a nuevos datos obtenidos del observatorio ORE-HYBAM (Hidrología y Geodinámica de la cuenca Amazónica, <http://www.ore-hybam.org>).

### LA VARIABILIDAD HIDROLÓGICA EN LA CUENCA AMAZÓNICA

Diferentes trabajos han mostrado la relación entre el fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENSO) y la variabilidad hidrológica y pluviométrica en el noroeste de la cuenca amazónica [e.g., Marengo et al., 1998; Uvo et al., 1998; Ronchail et al., 2002; Williams et al., 2005]. En general los autores muestran que en esta región las lluvias y caudales son superiores (inferiores) a lo normal durante La Niña (El Niño). Al oeste de la cuenca amazónica, las lluvias y caudales muestran una mayor relación con la variabilidad de la temperatura superficial del mar (SST) en el Atlántico tropical norte. Mientras que la SST es más elevada de lo normal en esta región oceánica, un déficit de lluvias y caudales es

1 Instituto Geofísico del Perú.

2 Laboratoire d'Océanographie et de Climat: Expérimentation et Approches Numériques, Université Paris Diderot, Sorbonne Paris Cité, Paris, France.

3 Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Perú.

4 Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Perú.

observado en el oeste de la cuenca [Yoon y Zeng, 2010], en especial en las cuencas de los ríos Solimões y Madeira [Espinoza et al., 2009b; Lavado et al., 2012]. Desde finales de los años ochenta la SST del Atlántico tropical norte es más cálida de lo normal [Yoon y Zeng., 2010; Espinoza et al., 2011], lo cual coincide con un cambio de fase de la AMO (Oscilación multidecadal del Atlántico). Recientes estudios sugieren que este incremento de la SST en el Atlántico tropical norte ha originado fuertes sequías en la cuenca amazónica en los últimos 20 años [Marengo et al., 2008; Cox et al., 2008; Espinoza et al., 2011].

La evolución reciente de los caudales en la cuenca amazónica ha sido analizada utilizando información de 13 estaciones hidrométricas de las principales sub-cuencas para el periodo 1974-2004 [Espinoza et al., 2009b]. Este análisis muestra que la estabilidad del caudal medio en el curso principal del Amazonas, donde ninguna tendencia ha sido registrada [Callède et al., 2004], se explica por cambios regionales opuestos que involucran principalmente a ríos andinos: un incremento de la escorrentía durante aguas altas en las regiones del noroeste (de color azul en la Figura 1a) y una disminución de la escorrentía en el período de estiaje, particularmente importante en las regiones del suroeste (de color rojo en la Figura 1b).

Desde finales de los años ochenta severas sequías han ocurrido en la cuenca amazónica, las cuales han sido asociadas al calentamiento de la SST en el Atlántico tropical norte, lo cual produce una anormal posición de la ITCZ hacia el norte y una disminución del aporte de humedad hacia la cuenca amazónica [e.g. Marengo, 1992; Uvo et al., 2000, Yoon y Zeng, 2010]. Por ejemplo, el origen de la dramática sequía del 2005, especialmente intensa en el suroeste de la amazonía, se atribuye a elevados valores de SST en el Atlántico tropical norte [Zeng et al., 2008; Marengo et al., 2008; Cox et al., 2008].

## EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS EN LA AMAZONÍA PERUANA

En el oeste de la cuenca amazónica, el Amazonas peruano también ha sufrido de manera intensa episodios secos en los últimos años. La estación hidrométrica de Tamshiyacu sobre el río Amazonas en Perú, tiene un drenaje de 750 000 km<sup>2</sup> (Figura 2a) y un caudal medio de 32 000 m<sup>3</sup>/s, aproximadamente el 16% del caudal en la desembocadura del Amazonas [Espinoza et al., 2006, 2009b]. En esta estación se ha registrado una tendencia negativa en la precipitación media anual y el caudal para el período 1970-2004 (Figura 1b y Figura 2b). Así también las frecuentes sequías han sido observadas desde finales de los años ochenta (Figura 2b). Entre ellas, la sequía del 2010 fue particularmente severa y llevó a las autoridades a declarar estado de emergencia público en la Amazonía peruana, debido a problemas en el transporte fluvial y el abastecimiento de alimentos a la población (SENAMHI Perú comunicado de prensa N ° 076-2010).

Espinoza et al., [2011] han realizado una tipología de las sequías extremas registradas en la Amazonía peruana (1995, 1998, 2005 y 2010) siendo la más intensa la registrada en septiembre de 2010. En la amazonía peruana, las sequías han sido igualmente asociadas con anomalías positivas de la SST en el Atlántico tropical norte y vientos alisios débiles, así como de un débil transporte de vapor de agua hacia la amazonía peruana, que en asociación con el aumento de la subsidencia sobre el centro y sur de la Amazonía, explican la falta de lluvias y los bajos caudales. Sin embargo, en 1998, hacia el final del evento El Niño 1997-1998, la sequía estuvo más relacionada con una fuerte divergencia de vapor de agua en el oeste de la Amazonía, característico de un evento cálido en el Pacífico. Durante la primavera e invierno austral del 2010, se registró la sequía más severa en la cuenca amazónica desde los años 1970 (Figura 2b y 3c). Su mayor intensidad y duración en comparación con la

sequía del 2005 puede ser explicada por la adición del fenómeno El Niño durante el verano austral (Figura 3a) seguido por un episodio muy cálido en el océano Atlántico tropical norte (Figura 3b). Para mayores detalles sobre la sequía excepcional del 2010 ver Lewis et al. [2011]; Marengo et al. [2011a] y Espinoza et al. [2011].

Durante el año hidrológico 2010-2011, sin embargo, se ha observado en la estación de Tamshiyacu una gran diferencia entre los caudales de estiaje, durante septiembre 2010 ( $8300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y los caudales

de crecida, durante el mes de mayo de 2011 ( $49500 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Los caudales de crecida son en general tres veces más elevados que los caudales durante las aguas bajas. Sin embargo, durante el año hidrológico 2010-2011, los caudales de crecida fueron cinco veces más importantes que durante el estiaje [Espinoza et al., 2012]. Esta transición sin precedentes originó además un record en la cantidad de material sedimentario transportado por el río Amazonas, medido en la estación Tamshiyacu en Perú [Espinoza et al., 2012].

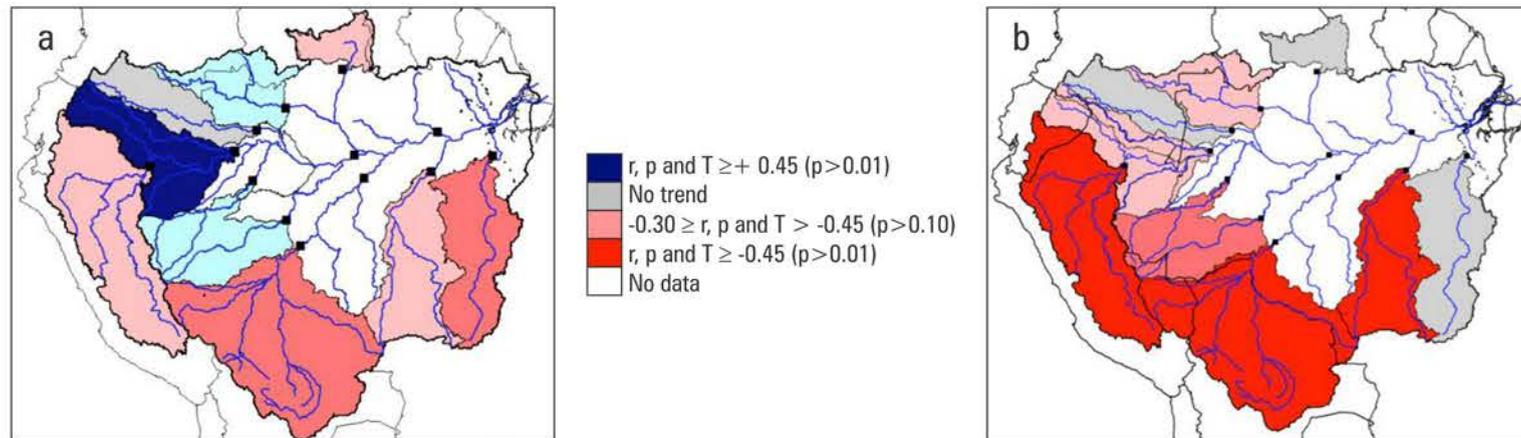
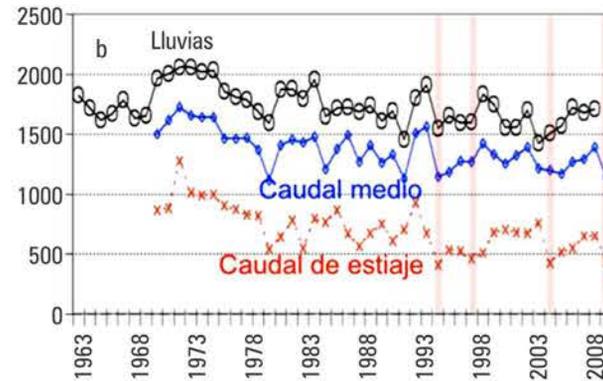
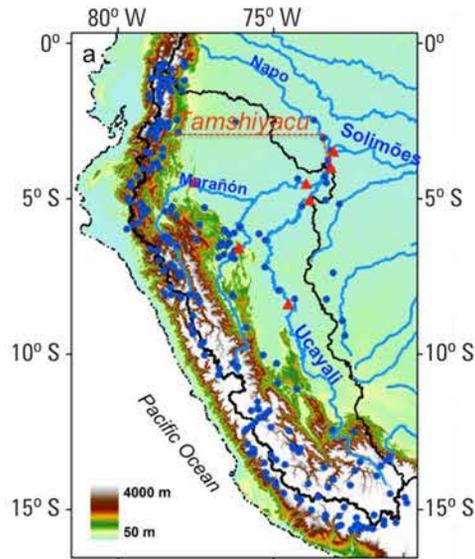


Figura 1. Coeficientes de correlación de Pearson ( $r$ ), Spearman ( $p$ ) y Kendall ( $T$ ) entre la escorrentía y el tiempo (1974-2004) en las subcuencas amazónicas para (a) los valores máximos anuales y (b) los valores mínimos. Los valores por encima de 0.30 son significativos al nivel de 90%, aquellos por encima de 0.45 son significativos al nivel de 99%. Los colores indican la señal y la fuerza de la tendencia: rojo (tendencia negativa) y azul (tendencia positiva). Adaptado de Espinoza et al., [2009b].



**Figura 2. a)** Estaciones hidrológicas (triángulos rojos) y pluviométricas (círculos azules) en la cuenca de Tamshiyacu. El nombre de los ríos (azul) y de la estación hidrométrica de Tamshiyacu (rojo) son indicados en Azul. **b)** Variabilidad interanual (1963-2010) de la lluvia anual (línea negra), de la escorrentía media (línea azul) y de la escorrentía de estiaje (línea roja) en la estación de Tamshiyacu. Las barras verticales indican las 4 principales sequías registradas. Adaptado de Espinoza et al. [2011].

Un año más tarde, en abril de 2012, durante el siguiente periodo de aguas altas, el río Amazonas experimentó su caudal histórico más elevado ( $55400 \text{ m}^3/\text{s}$ ), sólo 20 meses después de la sequía de septiembre de 2010, lo cual pone en evidencia la intensificación de los eventos hidrológicos extremos en la cuenca amazónica (Figura 3c). Recientemente, Espinoza et al. [2013] ha mostrado que los años de fuertes crecientes están caracterizados por anomalías negativas de la temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial central (La Niña). Esto origina un tren de ondas de la altura de geopotencial sobre el Pacífico subtropical y sureste de Sudamérica, con anomalías negativas sobre el sur de la cuenca amazónica y el sureste de la zona de convergencia del Atlántico sur (ZCAS). Como consecuencia de ello, el

flujo de humedad es retenido y fuerte convergencia de la humedad ocurre sobre el oeste de la cuenca amazónica, favoreciendo fuertes lluvias y caudales.

Estas características climáticas también fueron observadas durante el verano de 2012, con una mayor advección de humedad desde el Mar Caribe sobre el noroeste de la cuenca amazónica, produciendo abundantes lluvias y un temprano desbordes del río Marañón que presentó su pico anual durante Abril de 2013 (un mes antes de lo normal). Este fenómeno hizo que los picos de los ríos Marañón y Ucayali ocurran de manera casi simultánea, explicando así la el caudal más alto del río Amazonas desde 1970 (Figura 3c).



**Figura 3. Anomalías de la temperatura superficial del mar (SST) durante a) Enero – Marzo y b) Abril-Junio de 2010 (expresado en °C). Solamente los valores más grandes que 2x la Desviación Standard son graficados. Adaptado de Espinoza et al. [2011]. c) Evolución de los caudales en el río Amazonas en la estación hidrométrica de Tamshiyacu (40km aguas arriba de Iquitos) durante el periodo 1970-2012. Línea azul: caudales durante el periodo de aguas altas (marzo-mayo). Línea roja, caudales durante el periodo de estiaje (agosto-octubre). Se muestran los valor extremos históricos: el más bajo ocurrido en septiembre 2010 y el más alto en abril 2012. Fuente: Espinoza et al. [2013].**

## CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

Los eventos hidrológicos extremos en la cuenca del río Amazonas son más frecuentes desde finales de los años ochenta: un incremento de los caudales durante aguas altas ha sido observado en el noroeste de la cuenca, mientras que una disminución de los caudales de la época de estiaje caracteriza las cuencas del sur oeste de la cuenca amazónica. En la parte oeste (Amazonas peruano), se ha observado una significativa disminución de las lluvias y de los caudales de estiaje, trayendo como consecuencia la aparición de severas sequías, entre las más importantes las de 1995, 1998, 2005 y 2010. La mayor frecuencia de las sequías en los últimos años, está relacionada con la tendencia al calentamiento del Atlántico tropical norte desde los años setenta.

Luego de los bajos caudales registrados durante el 2010 en el Amazonas peruano, el caudal más elevado desde 1970 fue observado durante abril del 2012, el cual ha sido relacionado con el evento La Niña 2011-12. La mayor frecuencia de los eventos hidrológicos extremos documentados en este trabajo, puede traer importantes impactos sociales, afectando a la salud, el transporte de mercaderías, los incendios forestales y sobre los recursos naturales en general. Dado este panorama, resulta importante cuantificar dichos impactos y establecer políticas para la previsión de los eventos hidrológicos extremos.





## Cambio climático y Amazonía

Eduardo Calvo\*

### INTRODUCCIÓN

El siguiente resumen está basado en los hallazgos del Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio climático (IPCC), presentados principalmente en el Grupo de Trabajo II en los capítulos 4 y 27 sobre Ecosistemas Terrestres. Igualmente, se revisó información contenida en la Contribución del Grupo de Trabajo III en el capítulo 11 sobre agricultura, forestería y usos del suelo.

### CAMBIOS OBSERVADOS

La deforestación amazónica ha disminuido en la última década. La deforestación, que en los países en desarrollo se correlaciona con la exportación de productos agrícolas, tiene un futuro que sigue siendo incierto, ya que depende de las tendencias y políticas que parten de complejos procesos políticos y sociales, incluyendo la política económica. Para el 2012, la tasa de deforestación en la Amazonía brasileña había disminuido en un 77% por debajo de su promedio de los años 1996-2005 (como resultado de las señales políticas y de mercado). Esta sola tendencia representó una reducción del 1,5% en las emisiones globales de carbono antropogénico. Sin embargo, la creciente presión

para instalar nuevos cultivos y tierras de pastoreo seguirá impulsando la deforestación tropical (confianza media), aunque los experimentos recientes de políticas e intervenciones basadas en la promoción sostenible del uso del suelo demuestran un gran potencial para reducir la deforestación.

Se han monitoreado varias decenas de lugares, a lo ancho y largo de los trópicos húmedos, para estimar los cambios de la biomasa forestal. En la Amazonía, la biomasa forestal ha aumentado en general en las últimas décadas, cayendo temporalmente después de una sequía en el 2005. Hay poca confianza (evidencia limitada, acuerdo medio) de que la composición y biomasa de la Amazonía estén cambiando a través del aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. La supresión potencial de la fotosíntesis y el crecimiento de los árboles en los bosques tropicales, a través de la temperatura del aire ascendente, se apoya en estudios fisiológicos y de covarianza Eddy, pero aún no se observan cambios significativos que permitan afirmar una disminución de la biomasa forestal en la Amazonía.

En la región Amazónica, la falta de pruebas suficientes, las inconsistencias entre los estudios y las dificultades al detectar tendencias, resultan en una baja confianza en las tendencias de las precipitaciones observadas. Si bien, es probable que haya una influencia antropogénica

\* Vicepresidente Grupo de Trabajo II del IPCC.

en la temperatura extrema en la región, hay poca confianza en la atribución de los cambios en la actividad de los ciclones tropicales a influencias antropogénicas.

## PRINCIPAL HALLAZGO

Existe un alto riesgo de cambio climático asociado con los escenarios climáticos con mitigación baja (los de RCP4.5 y mayores), que tendrán como resultado, durante este siglo, un cambio de escala regional irreversible y abrupto en la composición, estructura y función de los ecosistemas en la Amazonía, lo que a su vez retroalimentaría un mayor nivel de cambio climático (este enunciado tiene un nivel medio de confianza). Hay mecanismos plausibles, apoyados por evidencia experimental, observaciones y modelos, para confirmar la existencia de puntos de inflexión de los ecosistemas en los sistemas de la selva tropical de la cuenca del Amazonas. No se prevé que el cambio climático por sí solo genere la pérdida de la cubierta forestal en la Amazonía durante este siglo (con confianza media), pero habrá un aumento previsto de los episodios de sequía severa, junto al cambio de uso del suelo y los incendios forestales, lo que causaría que gran parte de la selva amazónica se transforme en ecosistemas menos densos, adaptados a la sequía y al fuego, y al hacerlo, ponga un gran stock de biodiversidad en riesgo elevado, mientras que disminuye la absorción neta de carbono de la atmósfera (confianza media). La reducción de la deforestación, así como una incidencia más férrea sobre la gestión eficaz de los incendios forestales, reducirían el riesgo de un cambio abrupto en la Amazonía, así como sus impactos previstos (confianza media).

Todo esto queda evidenciado por el hecho de que en el holoceno medio (hace unos seis mil años), hubo un calentamiento pequeño en comparación con otros períodos con cambios de clima de mayor tamaño,

pero incluso este pequeño calentamiento se caracterizó por frecuentes incendios en algunas de las partes más secas de la Amazonía.

## VELOCIDAD DEL CLIMA Y DESPLAZAMIENTO DE ESPECIES

La velocidad del clima se define como la tasa de cambio en el clima en el tiempo (por ejemplo, ° C / año, si sólo se considera la temperatura) dividido por la tasa de cambio en el clima sobre la distancia (por ejemplo, ° C / km, si sólo se considera la temperatura) y por lo tanto, depende de las tasas regionales del cambio climático y el grado de alivio altitudinal. Por ejemplo, la velocidad del clima para la temperatura es baja en las zonas montañosas, debido a que el cambio de temperatura en distancias cortas es grande (por ejemplo, las montañas Rocosas, Andes, Alpes, Himalaya, figura 4-5b, eje de la izquierda). La velocidad del clima en temperatura es generalmente alta en las zonas planas porque la tasa de cambio de la temperatura con la distancia es baja (por ejemplo, partes del Medio Oeste de los EE.UU., la cuenca del Amazonas, África Occidental, el centro de Australia, la figura 4-5b, eje de la derecha). En las zonas planas, la velocidad climática puede exceder los 8 km / año para los mayores índices de cambio climático previsto (RCP 8.5).

Las tasas de desplazamiento varían mucho dentro y entre los grupos de especies. Algunos grupos de especies, sobre todo las plantas herbáceas y árboles, generalmente tienen muy baja capacidad de desplazamiento. Otros grupos de especies como mariposas, aves y grandes vertebrados, en general, tienen una capacidad muy alta para dispersarse a través de los paisajes, sin embargo, algunas especies de estos grupos tienen una baja capacidad de dispersión. Las tasas actuales y futuras del cambio climático corresponden a velocidades climáticas que excedan las posibilidades de desplazamiento para grupos de varias

especies y para la mayoría de los escenarios de cambio climático. Esto es particularmente cierto para los árboles que tienen tasas máximas de desplazamiento que son del orden de decenas a un par de centenas de m/año. En general, se prevé que muchas especies de plantas podrán realizar una mudanza sólo en zonas montañosas en caso de altas tasas de calentamiento. Los primates generalmente tienen, sustancialmente, una mayor capacidad de dispersión que los árboles; sin embargo, una gran parte de los primates se encuentran en regiones con velocidades climáticas muy altas, en particular, la cuenca amazónica, poniéndose en alto riesgo al no poder realizar una mudanza, incluso a velocidades relativamente bajas del cambio climático. Estas diferencias en la capacidad de las especies previstas para mantener el ritmo de los cambios climáticos futuros son ampliamente coherentes con las observaciones de la capacidad de las especies o la imposibilidad de rastrear el reciente calentamiento global.

## INCERTIDUMBRES

Una fuente importante de incertidumbre es el ritmo del futuro aumento en los niveles de CO<sub>2</sub> y el cambio climático asociado. Las simulaciones del clima futuro, modeladas en las regiones de los bosques tropicales, indican con alta confianza (evidencia robusta, alto acuerdo) que la temperatura aumentará. Los cambios en las precipitaciones en el futuro, no obstante, son muy inciertos y varían considerablemente entre los modelos climáticos, aunque hay confianza media (evidencia media, acuerdo de media) que en algunas regiones tropicales, como la cuenca del Amazonas oriental, se experimentarán menores precipitaciones y sequías más severas. La gama de posibles cambios en el bosque tropical húmedo es grande, sensible a la capacidad de respuesta en la eficiencia del uso del agua y a las crecientes concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, y varía en función del modelo del clima y de la vegetación

presente. Estudios recientes de modelación indican que es menos probable que se sufran retracciones importantes en el futuro del alcance geográfico de los bosques tropicales húmedos, determinado por el desplazamiento o las expansiones para el 2100 que se sugirió en el anterior informe. Desde el Cuarto Informe de Evaluación, hay nuevas pruebas de que los episodios de sequía más frecuentes en la región amazónica se asocian con el aumento de la temperatura de la superficie del mar en el Atlántico Norte tropical (confianza media). Hay poca confianza, sin embargo, de que estas sequías o las temperaturas superficiales del mar (observados a la fecha) puedan atribuirse al cambio climático.

## UN POSIBLE PUNTO DE INFLEXIÓN EN LA CUENCA AMAZÓNICA

Desde el Cuarto Informe de Evaluación, nuestra comprensión del potencial de un evento de gran escala, causado por el clima, que produzca el auto-refuerzo de la transición de los bosques amazónicos a un estado estable seco (conocido como el "deterioro de los bosques del Amazonas"), ha mejorado. Los estudios de modelación indican que la probabilidad de un deterioro de los bosques al 2100 es menor de lo pensado, aunque se espera una menor precipitación y una sequía más grave en la Amazonía oriental. Actualmente existe confianza media (evidencia media, acuerdo medio) que el cambio climático por sí solo (es decir, a través de cambios sobre el clima, sin contar el fuego y el uso de la tierra) no impulsará la pérdida de bosques a gran escala en el 2100, aunque se prevén cambios en los tipos de bosques más secos en la Amazonía oriental. Asimismo, se prevé que aumente el riesgo de incendios causados por eventos meteorológicos. Los estudios de campo y observaciones regionales han proporcionado nuevas pruebas de una serie de umbrales críticos ecológicos y una retroalimentación positiva

entre el cambio climático y las actividades de uso del suelo que podría conducir a un evento de gran mortandad mediado por el fuego, evento que se refuerza a sí mismo durante las próximas décadas. Ahora hay confianza media (evidencia media, alto acuerdo) de que los episodios de sequía severa, el uso de la tierra y el fuego interactúan sinérgicamente para conducir la transición de los bosques maduros de la Amazonía a ecosistemas de baja biomasa y baja estatura de vegetación leñosa, adaptados al fuego.

La mayoría de los bosques primarios de la cuenca del Amazonas tienen capas húmedas finas poco combustibles y de baja susceptibilidad al fuego, incluso durante las estaciones secas anuales. La susceptibilidad del bosque al fuego aumenta a través del adelgazamiento del dosel y una mayor penetración de la luz solar causada por la mortalidad de los árboles asociados con la tala selectiva, un incendio forestal anterior, una sequía severa, o la mortalidad de árboles causada por la sequía. El impacto del fuego sobre la mortalidad de los árboles es también dependiente del clima. Bajo condiciones de calor muy secas, la mortalidad de los árboles producida por los incendios puede aumentar considerablemente. En algunas circunstancias, el daño a los árboles es suficiente para permitir que las hierbas inflamables que requieren luz se puedan establecer en el sotobosque, lo que aumenta la susceptibilidad de quema de los bosques. Hay un alto nivel de confianza (evidencia robusta, alto acuerdo) que la explotación forestal, la sequía severa y el aumento de las fuentes de fuego incrementa la susceptibilidad a la quema de los bosques Amazónicos.

Los procesos a nivel del paisaje aumentan aún más la probabilidad de incendios forestales. Las fuentes de ignición de los incendios son más comunes en las tierras agrícolas y de pastoreo que en los paisajes forestales (confianza alta: evidencia robusta, alto acuerdo), y la conversión de bosques a tierras de pastoreo y tierras de cultivo pueden

inhibir la precipitación regional a través de los cambios en el albedo<sup>1</sup> y la evapotranspiración (confianza baja: evidencia media, bajo acuerdo) o a través del humo, que puede inhibir la precipitación en algunas circunstancias (confianza media: evidencia media, acuerdo medio). Aparte de estos procesos desarrollados en el paisaje, el cambio climático podría aumentar la incidencia de episodios de sequía severa.

Si los patrones recientes de deforestación (hasta 2005), tala, grave sequía e incendios forestales, continúan en el futuro, más de la mitad de los bosques de la región serán clareados, talados, quemados o expuestos a la sequía hacia el 2030, incluso sin invocar retroalimentaciones positivas con el clima regional, lo que llevaría a la liberación de  $20 \pm 10$  Pg de carbono a la atmósfera (confianza baja: evidencia baja, acuerdo mediano). La probabilidad de que se alcance un punto de inflexión, puede disminuir si las sequías extremas (por ejemplo, las de 1998, 2005, y 2010) se hacen menos frecuentes, si se suprimen los incendios para gestión de la tierra, si los incendios forestales se apagan en gran escala, si se observa una disminución de la deforestación, o si las tierras deforestadas se reforestan. La disminución del 77% de la deforestación en la Amazonia brasileña con 80% de los bosques de la región, demostró que la prevención basada en políticas de un punto de inflexión mediado por el fuego es plausible.

Desde el Cuarto Informe de Evaluación, hay nuevas pruebas experimentales y de observación de los umbrales ecológicos de la sequía y los incendios en los bosques tropicales húmedos, que apuntan a un importante papel indirecto del cambio climático en el impulso de los cambios a gran escala en estos ecosistemas, así como la importancia de los eventos de sequía extrema. La mortalidad de árboles aumentó bruscamente por encima del nivel crítico de agotamiento de la humedad del suelo en dos experimentos de exclusión de precipitaciones y por encima de un nivel crítico de la intensidad del fuego relacionados con el

<sup>1</sup> Reflectividad de la superficie terrestre, energía reflejada desde la Tierra al Universo.

clima en un experimento de quema prescrita. Estos resultados experimentales fueron corroborados por observaciones de aumento de la mortalidad de árboles durante la grave sequía de 2005 en la Amazonía y la extensión de incendios forestales. Hay un alto nivel de confianza (evidencia media, alta acuerdo) que los bosques húmedos tropicales tienen muchas especies de árboles que son vulnerables a la sequía y la mortalidad inducida por el fuego durante los períodos de extrema sequía.

También hay un creciente cuerpo de evidencia de que los fenómenos meteorológicos extremos interactúan con el uso del suelo para influir en los regímenes de incendios de los bosques tropicales. Muchos bosques tropicales húmedos no son susceptibles a incendios durante años típicos de lluvia, debido al alto contenido de humedad de los combustibles. La tala selectiva, la sequía, y el fuego en sí, pueden reducir esta resistencia al fuego matando a los árboles, por el adelgazamiento de la cubierta y permitiendo un mayor calentamiento del interior del bosque. El uso del suelo también aumenta a menudo las fuentes de ignición en los paisajes tropicales. Estas relaciones aún no están plenamente representadas en los modelos acoplados de clima y vegetación. Hay un alto nivel de confianza (evidencia robusta, alto acuerdo) en que la frecuencia de los incendios forestales y la gravedad va en aumento a través de la interacción entre las sequías severas y el uso de la tierra. Existe confianza media (evidencia media, alta acuerdo) que la mortalidad de árboles en la región amazónica está aumentando a través de la sequía severa y una mayor incidencia de incendios forestales y hay poca confianza de que esto se pueda atribuir al calentamiento global.

Los cambios en la cobertura vegetal y la estructura a causa del cambio climático a largo plazo, o los fenómenos extremos como las sequías a más corto plazo, también afectan a la hidrología en la evapotranspiración y escorrentía, lo que a veces implica evaluación de interacciones complejas con la atmósfera, tal como ocurre en la región amazónica. Un modelo

experimental desarrollado los últimos años demostró diversos efectos del cambio climático sobre la distribución de la vegetación y la estructura, lo que tuvo un efecto mucho más débil sobre la escorrentía mundial que los efectos estructurales y fisiológicos del CO<sub>2</sub>. Sigue siendo un desafío conseguir separar los efectos individuales del clima, la emisión exacerbada de CO<sub>2</sub> y el cambio en la cobertura vegetal de la Tierra sobre el ciclo natural del agua, pero son datos necesarios que nos ayudarán a medir la interacción de estos factores en condiciones de cambio climático sobre la región amazónica.

El IPCC también revisó la posibilidad de cooperación internacional en el manejo del bosque amazónico. De esta manera, entre los ejemplos de iniciativas de reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal (REDD+) a escala nacional en diversas regiones con una extensión significativa de cobertura forestal se incluyó al Fondo Amazonas creado en Brasil en 2008 por decreto presidencial. La cooperación de los gobiernos de Noruega y luego de Alemania, así como de la compañía estatal de petróleo del Brasil (Petrobras) ha movilizado 227 millones de dólares y más de mil millones de dólares han sido prometidos.

## CONCLUSIÓN

El IPCC ha realizado un valioso trabajo para identificar tanto los problemas como las potencialidades de la Amazonía en relación con el cambio climático. Es necesario aumentar el número de observaciones e investigaciones en la región amazónica para poder, al menos, lograr algún grado de comparabilidad con las regiones del mundo desarrollado, que aunque cuentan con sistemas menos complejos, están mucho mejor estudiadas.





## Desarrollo sostenible en la Amazonía peruana en un contexto de cambio climático.

Keneth Reátegui del Águila\*

### INTERIORIZANDO LOS CAMBIOS

Los procesos destructivos, acaecidos durante el último siglo en la Amazonía, han tenido causas diversas y podemos afirmar que están poniendo en peligro el equilibrio de los ecosistemas que la sostienen. Algunos de estos procesos, tales como la expansión del universo agrícola, la colonización, la marginación y desvalorización de los pueblos indígenas originarios y el desarrollo moderno, basado en la explotación desmedida de la biodiversidad amazónica, presentan una dinámica socioeconómica diversa, basada en diferentes modelos inadecuados de aprovechamiento de los recursos.

Estos procesos de cambios destructivos se han producido de forma vertiginosa y han provocado el deterioro significativo de esta región megadiversa, dejándonos sin piso siquiera para poder reflexionar sobre las medidas necesarias y oportunas para salvaguardar este patrimonio natural.

Si bien, la población amazónica originaria tiene un conocimiento ancestral de su medio, adecuado a sus necesidades y cultura, no puede hacer frente a estos problemas en el nuevo escenario, siendo vulnerable a

la presión social y económica externa. Por otra parte, existe una fuerte corriente de investigación de los procesos ecológicos, la potencialidad de la diversidad de especies y el diseño de tecnologías apropiadas para aplicarlas en la toma de decisiones para la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica en el desarrollo regional (2009. Miyakawa V. et al), pero, de manera similar a lo que ocurre con el conocimiento ancestral de los pueblos originarios, no ha recibido el apoyo decidido por parte de los diferentes gobiernos nacionales y regionales. Podemos decir que existen las capacidades para revertir los procesos destructivos, pero todavía no interiorizamos el problema e ignoramos las implicancias que el deterioro de la región tiene para nosotros los amazónicos y para todo el mundo.

### MEGADIVERSA, ALTAMENTE PROMISORIA, PERO EXTREMADAMENTE FRÁGIL

La Amazonía peruana comprende más del 60% del territorio nacional, discurriendo el 97% de sus aguas con dirección a la cuenca del

\* Presidente del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP).

Atlántico. La economía nacional depende en un 20% de la biodiversidad amazónica, tanto en lo referente a la producción agrícola, pesquera, ganadera y forestal, como a la industrial.

La Amazonía atesora atributos extraordinarios que pueden ser considerados como valores universales. El río Amazonas, con sus 7 100 Km., constituye el sistema hídrico más grande del mundo, estando conformado por 1 100 ríos que contienen un quinto del total del agua dulce del mundo. Su extraordinaria biodiversidad contiene más de 30 000 especies de plantas, casi 2 000 especies de peces, 60 especies de reptiles, 35 familias de mamíferos y aproximadamente 1 800 especies de aves. En conjunto, en la cuenca amazónica, se producen bienes y servicios de alcance regional y global, ya que aportan de manera significativa a la regulación climática del planeta.

Las estimaciones actuales indican que los más de 600 millones de hectáreas que comprenden la cuenca del río Amazonas, albergan en su seno más del 60% de las especies de fauna y flora existentes en nuestro planeta, estando aún muchas de ellas por identificar y describir.

Esta diversidad y abundancia de especies de flora y fauna tienen una función importante en los ecosistemas acuáticos y son, también, ampliamente utilizadas por el hombre. No hay que olvidar que, según cifras no oficiales, la cuenca amazónica alberga a un millón y medio de personas que pertenecen a un total aproximado de 380 pueblos o identidades indígenas, con lenguas y culturas propias. El mayor número de esa población indígena está en el Perú, aunque la mayor cantidad de pueblos o nacionalidades está en Brasil, con unos 220 de ellos.

Este inmenso patrimonio cultural atesora una serie de saberes

tradicionales sobre el entorno natural amazónico que están siendo ignorados y en gran parte expoliados por la cultura occidental predominante, sin tener en cuenta el precioso legado que estos pueblos ofrecen a la humanidad y el potencial uso que estos tienen, bajo estrictas directrices éticas y morales, para mejorar la vida en la región y en el planeta entero.

Las actuales presiones antropogénicas y otras subyacentes en la Cuenca, expresadas en procesos como la deforestación, la agricultura migratoria, la minería ilegal, la urbanización, la exportación no sostenible, entre otras, están alterando la condición de la cobertura del bosque y los suelos, lo que a su vez, modifica y aumenta la vulnerabilidad del área para los ciclos del agua y la regulación climática.

Agua dulce, biodiversidad y conocimientos tradicionales confluyen en la Amazonía peruana y constituyen bienes y servicios altamente valorados actualmente por las sociedades del mundo. Pero en el Perú ¿qué estamos haciendo para aprovechar su potencialidad como factor de desarrollo, conservándola y protegiéndola?; ¿Es viable la gobernabilidad en un marco político que no corresponde a la complejidad de la Amazonía? (2009. AGENDA AMAZÓNICA Propuesta de Política de Estado para la Amazonía peruana] IIAP).

## LA MEJOR ALTERNATIVA: LA ACCIÓN

Dentro de un contexto en el que la comunidad internacional reconoce al río Amazonas como el más largo y caudaloso del mundo, los procesos globales de intercambio comercial, integración regional y

cambio climático han generado nuevos retos para los países de la cuenca amazónica continental, en su empeño por crear y renovar esfuerzos orientados a superar la pobreza, a la vez que se lucha por conservar y proteger recursos naturales tan relevantes para la vida, la salud y el sustento de la población mundial, como el bosque, la biodiversidad y el agua dulce.

Para encarar estos grandes retos se requiere de la generación de nuevas y mejores oportunidades que viabilicen la competitividad con sostenibilidad, favoreciendo, además, procesos de inclusión.

El Perú y especialmente la Amazonía, tienen el deber de corresponder a los grandes procesos de integración territorial - la Iniciativa de Integración Sud Americana (IIRSA), entre ellos - o de integración comercial, a través del plan de penetración del Brasil al mercado Asia-Pacífico, así como los tratados y acuerdos comerciales vinculados con el tema, ya suscritos o en negociación por nuestro país. Desde otro espacio, pero vinculado ampliamente, el proceso de descentralización demanda una institucionalidad regional y macrorregional con acceso a información especializada sobre el entorno social, económico y ambiental, el cual viabilice la toma de decisiones políticas y de inversión apropiadas para el desarrollo humano sostenible.

En función de la importancia y el enorme potencial de este inmenso territorio, hace 32 años, se creó el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), como un organismo autónomo de derecho público interno y gestión de carácter participativa, propiciando la participación de los diversos actores y los intereses de población amazónica, representados en su Consejo Superior.

El sistema de investigación del IIAP se sustenta en seis programas, que contribuyen al manejo sostenible y conservación de la biodiversidad así como a una mejor comprensión de la diversidad social, cultural y económica amazónica, mediante el desarrollo de conocimiento científico, desarrollo, adaptación y uso de tecnologías, productos y metodologías adecuadas para el aprovechamiento eficiente y ordenado de los recursos naturales y el territorio amazónico peruano.

El Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), como parte del concierto de instituciones regionales, inmersas dentro la dinámica del cambio de época, ha recreado su estrategia institucional con el propósito de mejorar sus correspondencias con las sociedades a las que representa, contribuyendo desde su misión a una mejor comprensión y al planteamiento de soluciones para favorecer el desarrollo sostenible desde las particularidades y diversidades propias de ecosistemas, culturas y territorios amazónicos (en medio de un entorno donde la oferta internacional del saber es muy escasa), creando la urgencia de generación y difusión de conocimientos y tecnologías desde nuestras capacidades nacionales. El IIAP ha viabilizado un proceso ampliamente participativo con el propósito primordial de elaborar una nueva estrategia institucional.

La estrategia permitió captar las expectativas y demandas de líderes políticos, económicos, de la sociedad civil y de la comunidad científica y académica nacional, por conocimientos, tecnología e innovación; pero a la vez, mediante estudios de prospectiva, ha interpretado los entornos internacionales y nacionales relevantes para su desarrollo (2009. PLAN ESTRATÉGICO DEL IIAP).

## AGENDA PENDIENTE DEL DESARROLLO SOSTENIBLE- SORTEANDO DESAFÍOS

**Competitividad.** Los mercados mundiales se encuentran en periodo de crecimiento estable y sostenible, por lo que es necesario que las principales cadenas de valor en las cuales está articulada la Amazonía peruana consigan un auge sostenido y diversifiquen su oferta. La inversión en la región se debe orientar de manera sostenida a la industrialización de agentes activos de la biodiversidad amazónica, participando en las cadenas industriales del mueble, farmacopea, industria alimentaria, cosmetología, como eslabones de incorporación de conocimiento y valor agregado.

Asimismo, se debe reafirmar competitivamente el turismo de naturaleza y cultura. Por otro lado, la región debe contar con infraestructuras viales y portuarias que permitan una buena integración con los ejes oceánicos del Atlántico y del Pacífico, abaratando los costos del comercio y mejorando la competitividad productiva de la biodiversidad regional. La denominación de origen "Amazonía peruana" se debería convertir en un referente de calidad, producto basado en agentes naturales, generado a través de prácticas de gestión sostenible del bosque amazónico.

**Procesos sociales en marcha.** Es necesario generar una política sistemática de inclusión social en la promoción de la competitividad e innovación, incorporando miles de pequeñas empresas a las principales cadenas de valor regional. Asimismo, se debe incrementar la generación de empleo, reduciéndose significativamente el subempleo y la pobreza. Reafirmar una cultura emprendedora, de innovación, sostenibilidad

ambiental y competitividad en los grupos sociales de la región, mientras se configuran instrumentos que promueven el acceso de los pequeños productores a la información y el conocimiento tecnológico.

Las organizaciones sociales se fortalecen y participan activamente en el establecimiento de un nuevo modo de desarrollo amazónico, a través de redes de producción regionales que fortalecen la asociatividad de las pequeñas y medianas empresas.

**Cambio climático.** La Convención Mundial del Cambio Climático ha madurado instrumentos efectivos y consensuados de reducción y adaptación al cambio climático. Los acuerdos de Bali y Bangkok materializan instrumentos de financiamiento de captura de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), tanto por reforestación como por tala evitada. Se deben impulsar actividades de sostenibilidad ambiental que puedan constituir un factor sustancial en la competitividad internacional de los bienes y servicios que brinda la Amazonía peruana.

Es preciso además, que la región cuente con importantes proyectos de captura de carbono y se acreciente la cooperación internacional para actividades de adecuación y mitigación al cambio climático, actividades en la que los gobiernos regionales cumplirán un rol catalizador principal. Sin estas inversiones será muy difícil proponer y adoptar medidas que mitiguen las grandes adversidades locales y globales (Seminario CNPP-COP20, 2014).

Por lo tanto, la inversión en investigación y capacitación se torna muy necesaria a fin de generar conocimientos y alternativas de solución o mitigación de los efectos del cambio climático. Asimismo, se requiere de la sensibilización y empoderamiento de los pueblos indígenas a fin de

que sean artífices del manejo sostenible de su territorio, proporcionándoles una mejor calidad de vida, dotándoles de herramientas adecuadas para la gestión de los espacios que ancestralmente han cuidado y salvaguardado para la humanidad.

#### **Fondos Mundiales por compensación de Servicios Ambientales.**

Estos fondos nos permitirán desarrollar acciones de reforestación, investigar en bonos de carbono y servicios de agua, conseguir mejor equipamiento para los laboratorios, fortalecer las capacidades del capital humano, a través de cursos, pasantías, maestrías, doctorados, etc. Los fondos permitirán desarrollar capacidades de investigación y tecnología en ejes temáticos como la pesca y la acuicultura, actividad por la que se recolectan 300 especies ornamentales para un negocio que genera 10 Mill/Dol y 300 puestos de trabajo.

Se podrá repotenciar el biocomercio de plantas frutales, medicinales, ornamentales, posicionando en los mercados internacionales la línea de plantas productoras de tintes, colorantes o insecticidas naturales. La

producción de licores naturales, néctares de fruta y diversas harinas autóctonas nos permitirá generar una economía sostenible a partir del cuidado y protección de nuestros bosques y recursos.

Quedan, no obstante, muchas tareas pendientes para poder seguir impulsando el fortalecimiento institucional y los recursos humanos que hacen posible su existencia. Desde el IIAP, consideramos necesario fortalecer las relaciones dentro de las plataformas amazónicas multinacionales como la OCTA, UNAMAZ, CAN, entre otras; una mayor concertación con nuestros pares transfronterizos de Brasil, Bolivia, Ecuador Colombia y Ecuador. Así mismo, planteamos fortalecer las labores de investigación para consolidar la seguridad alimentaria de las comunidades rurales amazónicas; difundir de manera más sostenida y eficiente los resultados de investigación de los diferentes programas, así como efectivizar la búsqueda de fondos vía concurso mediante la presentación de iniciativas adecuadas y adaptadas para la ejecución de proyectos de investigación en la zona rural amazónica.





## El cambio climático y sus efectos en las áreas inundables de la Amazonía

Luis Campos Baca\*

### INTRODUCCIÓN

La Amazonía es un territorio de altísima diversidad socioambiental en proceso de cambio acelerado. Cubre una extensión de 7,8 Millones de Km<sup>2</sup>, sobre 12 macrocuencas y 158 subcuencas, compartidas por 4 969 municipios y 68 departamentos/estados/provincias de nueve países: Bolivia (6.2%), Brasil (64.3%), Colombia (6.2 %), Ecuador (1.5%), Guyana (2.8%), Perú (10.1%), Surinam (2.1%), Venezuela (5.8%) y Guyana Francesa (1.1%). En la Amazonía continental viven 33 millones de personas y un total de 385 pueblos indígenas. Un total de 610 áreas Naturales Protegidas y 2 344 territorios indígenas ocupan el 45 % de la superficie amazónica (Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada -RAISG 2012).

La diversidad de ecosistemas con los que cuenta la Amazonía no ha permitido focalizar los análisis sobre sus espacios inundables, a pesar de que son los más importantes de todo este vasto territorio.

A través de la interpretación de los restos arqueológicos encontrados en la Amazonía, algunos científicos sostienen que el ser humano colonizó sus áreas inundables hace aproximadamente 12 000 años, ejerciendo un cierto manejo del bosque, aprovechando frutos, moluscos, peces,

tortugas acuáticas y ampliando progresivamente su conocimiento sobre las especies vegetales existentes en su entorno (Lima et.al; 2010).

El conocimiento en el uso de las zonas inundables es un legado que los primeros pobladores de la Amazonía fueron dejando a sus generaciones futuras. Hoy en día, el uso de estas zonas no es muy diferente al realizado por los primeros pobladores hace miles de años. La pesca, la agricultura de subsistencia realizada en terrenos aluviales, la extracción selectiva de madera para la construcción de infraestructuras o el aprovechamiento de la fauna típica de esta áreas, son actividades que se realizan hace miles de años y que han proporcionado alimento y calidad de vida a las comunidades humanas asentadas en estos frágiles espacios.

No cabe duda de que el potencial de estas zonas inundables es enorme. Para muestra un dato: en la Amazonía peruana se consumen un total de 80 000 toneladas métricas de pescado al año y en toda la cuenca amazónica continental un total anual de 900 000 toneladas métricas.

No obstante, y a pesar de que ha pasado ya medio siglo desde la ocupación europea y 50 años de moderna investigación sobre la ecología de las zonas inundables, aún no se ha entendido su funcionamiento ni se conoce con certeza su sofisticada estructura. Este

\* Profesor principal de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Director del Programa BIOINFO del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP).

desconocimiento ha generado una serie de políticas inadecuadas para estas zonas que no han favorecido el desarrollo con inclusión de los pobladores que las habitan, emprendiendo una serie de actividades que son poco o nada sostenibles y que ponen en peligro su conservación.

## LAS ÁREAS INUNDABLES EN LA AMAZONIA

Las zonas inundables constituyen un recurso de crucial importancia en el desarrollo de la selva baja, ya que en ellas se desarrolla un 80% de la actividad agrícola de la región y el 90% de las comunidades rurales de la Amazonía se ubican en las mismas (Rodríguez, et al., 1985).

Se estima que del total de la superficie agrícola desarrollada en los suelos aluviales inundables, el 40% corresponde al arroz, que se cultiva en los "barrales"; el 37% al plátano, yuca y maíz, que se cultivan en las 'restingas' y el 17% a otras especies vegetales como el maní, que se cultiva en las "playas" (Rodríguez, 1990).

Si bien, la agricultura es la principal actividad que se desarrolla en estas zonas, el poblador la complementa con otras actividades que también son de suma importancia para la supervivencia en la Amazonía. La pesca, por ejemplo, desarrollada en las áreas inundables de la Amazonía, puede ser considerada como una de las principales actividades que permite al poblador conseguir el aporte de proteínas necesario para su supervivencia.

Las zonas inundables albergan multitud de ecosistemas que son de vital importancia para la Amazonía y para el correcto intercambio de carbono. Los aguajales, por ejemplo, son enormes extensiones dominadas por la palmera de aguaje *Mauritia flexuosa*, que funcionan como ecosistemas filtradores del agua y captadores de carbono.

Es importante destacar que todas las actividades desarrolladas en

estas extensas áreas están influenciadas por los ciclos anuales de creciente y vaciante de los ríos. Los efectos del cambio climático en la Amazonía afectarán inicialmente y de manera directa a estas zonas inundables, rompiendo el ritmo vital que les da la vida, provocando enormes pérdidas económicas, amenazando la diversidad biológica y la vida humana que depende de las mismas.

Para poder conservar estas áreas y mitigar los efectos que el cambio climático pueda causar en las mismas, debemos adoptar una mirada integral que nos permita tomar acciones adecuadas para salvaguardarlas.

## AGUA

El agua en la cuenca amazónica juega un rol fundamental para el mantenimiento de su dinámica ambiental, social, económica y paisajística. Perú comparte con Ecuador, Colombia, Brasil, Bolivia y Chile, 34 cuencas trasfronterizas, distribuidas en la cuenca del pacífico (9), Amazonas (17) y Titicaca (08).

El ciclo hidrológico amazónico comprende tres sistemas principales: el sistema fluvial, el sistema subterráneo, llamado RIO HAMZA, que es más ancho pero más lento y el sistema atmosférico, en eterno movimiento y alimentado permanentemente por los fenómenos de convección, tan importantes y vitales para la Amazonía, al producir el 50% de las precipitaciones que se dan en la región.

El cambio climático posiblemente disminuirá la intensidad de las lluvias por convección, forzándonos a poner mayor esfuerzo en conservar la calidad de las aguas fluviales y subterráneas, con el objetivo de nivelar la pérdida provocada por el efecto climático. Evitar la deforestación, sin duda, ayudará a conservar de manera más eficaz el almacenamiento de agua en el subsuelo y evitará el empobrecimiento de los suelos.

## BOSQUES

Si bien, es cierto que los bosques amazónicos son sistemas ecológicos que capturan eficientemente el CO<sub>2</sub> de la atmosfera, mitigando el calentamiento global, también pueden ser una fuente potencial de carbono. La tala y la quema de los mismos pueden aumentar la emisión de CO<sub>2</sub> al ambiente, favoreciendo el aumento de temperatura y la disminución de las lluvias por convección. De hecho, cuando los árboles son talados, mueren y se descomponen, contribuyendo significativamente al aumento de las emisiones de gases invernadero, ya que el carbón que almacenan en vida es liberado lentamente al ambiente. Se calcula que la tala y quema de los bosques incorpora anualmente de 1.000 a 2.000 millones de toneladas métricas de carbono al ambiente, que sumadas a las 6.000 toneladas métricas emitidas por los procesos industriales, se convierten en una bomba de tiempo para el planeta. Los bosques de las áreas inundables pueden paliar de manera significativa la emisión de gases de efecto invernadero, ya que tienen una capacidad elevada de captar carbono, abriéndose la posibilidad de ofertar estos bosques en los mercados internacionales de captación y mitigación. Por este motivo, debemos poner todos los esfuerzos para frenar la tala indiscriminada del bosque amazónico, poniendo especial énfasis en los bosques de las áreas inundables, ya que es la única forma de mitigar los efectos del cambio climático en la Amazonía. La puesta en valor de los bosques en pie permitirá mejorar la capacidad de adaptación de las comunidades indígenas y rurales a los efectos del cambio climático.

## CAMBIO CLIMÁTICO POR CIRCULACIÓN DE LOS MARES Y AMAZONÍA

Es urgente continuar trabajando con los modelos de simulación existentes, ya que estos nos permitirán entender y predecir la influencia que tienen las corrientes oceánicas y sus temperaturas sobre las sequías e inundaciones en la Amazonía peruana.

La diferencia de temperaturas entre el ecuador y los polos, es uno de los principales factores que inciden sobre la circulación atmosférica. Si esta situación se modificara, generaría un cambio importante en todo el ciclo climático de la Amazonía. Recordemos que casi el 20% del agua dulce del mundo se concentra en la cuenca amazónica, por lo que los cambios podrían afectar de manera global a la totalidad del planeta.

Otro aspecto a tener en cuenta son los efectos que los cambios en el clima tendrán sobre la vegetación de las áreas inundables. Recordemos que la vegetación de estas áreas ha necesitado miles de años de evolución para soportar las condiciones adversas de humedad y calor. Los cambios pueden romper esta adaptación, generando serios problemas para la supervivencia de la vegetación típica de estas áreas y el sostenimiento del equilibrio climático en el planeta.

## FORESTA TROPICAL Y CARBONO

El cambio climático provocará una redistribución de ciertas especies forestales en alturas superiores. Teniendo en cuenta que la foresta tropical juega un rol principal en la captura de carbono, estos cambios pueden ser vitales para mantener el equilibrio existente. Como mencionamos anteriormente los bosques son auténticas esponjas de carbono, pero también pueden convertirse en potenciales emisores de esta sustancia, todo dependerá del grado de deforestación que se genere en los mismos y en los procesos de cambio que se suscitarán en el nuevo escenario.

Es muy probable que con el cambio climático, el aumento de CO<sub>2</sub> y otros gases en la atmosfera, se afecte de manera mucho más directa a los bosques tropicales. Estos cambios pueden romper el equilibrio existente entre la absorción y la emisión de carbono. El aumento de temperatura y la reducción de las lluvias por convección provocarán una disminución de la humedad del suelo, disminuyendo las capacidades del suelo para absorber carbono. El porcentaje actual de bosques deforestados en la

Amazonía favorecerá el impacto del cambio climático, generándose un bucle de destrucción y generación de carbono que provocará un aumento en la temperatura global.

## ÁREAS INUNDABLES: PROFUNDIZANDO EN SU CONOCIMIENTO

Las áreas inundables poseen unos de los suelos más fértiles de la Amazonía baja. La potencialidad de estos suelos es enorme. Para evitar un mal uso de las mismas es necesario desarrollar procesos de microzonificación ecológica económica que permitan extraerles el máximo provecho, sin el peligro de afectarlas o interferir en los procesos que las rigen.

El pulso hídrico, característico de la selva baja, controla la ocurrencia y la distribución de las plantas y animales en las zonas inundables, condicionando la forma de vida, la producción, el intercambio de nutrientes y el equilibrio térmico en estas zonas. Las áreas inundables están por ello íntimamente asociadas a los procesos de creciente y vaciante, convirtiéndose, el subir y bajar de las aguas, en el latido que da vida a las mismas. El estudio de estas áreas y de cómo afectan los procesos de creciente y vaciante a las mismas, es vital para poder mitigar los posibles efectos que provocará en ellas el cambio climático. La ejecución de estudios basados en sistemas de modelamiento permitirá reducir los riesgos inherentes a los procesos de cambio, así como explicar la importancia de estas zonas para el equilibrio de la Amazonía.

## IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA BIODIVERSIDAD Y LOS ECOSISTEMAS

El cambio climático afectará la fisiología, fenología y los procesos biológicos, ecológicos, limnológicos y económicos sociales en la

Amazonía peruana. Hay evidencias claras sobre los efectos que el cambio climático tiene en la biodiversidad amazónica. Después de la sequía del 2005 vivida en la Amazonía, muchas especies de frutales nativos fueron afectados en sus procesos edafológicos, sobre todo en la calidad, cantidad y época de fructificación. Algunas especies como el umarí, el camu camu, el pijuayo o el aguaje sufrieron estos cambios. En la selva alta, especies como el café, el cacao o el maíz produjeron mucho menos y en algunos casos fueron perjudicadas por plagas y enfermedades hasta entonces controladas.

Hay evidencias claras de que el cambio climático está incidiendo en la época de reproducción, en la distribución y en la supervivencia de algunas especies de fauna silvestre. Algunas aves se han trasladado a zonas que no son las tradicionales. Los mamíferos terrestres sufren en exceso los efectos de las inundaciones extremas, mientras los mamíferos acuáticos disminuyen sus poblaciones en épocas de sequía.

## DESCONOCIMIENTO COMO OBSTÁCULO PRINCIPAL

Si bien, es cierto que existen grandes potencialidades para aprovechar la capacidad de los bosques amazónicos en las negociaciones de mitigación y adaptación al cambio climático, también es real que existen muchos problemas que debemos superar. El desconocimiento silvicultural de muchas especies, la incapacidad de adaptación de las políticas de desarrollo a las reales necesidades de las comunidades rurales amazónicas, la débil capacidad del estado para otorgar la propiedad de los territorios a estas comunidades, el desconocimiento de la diversidad y su valor para cada uno de los ecosistemas en peligro, el desconocimiento de la fisiología de los ecosistemas y sus interrelaciones bióticas y abióticas, son algunos de los problemas con los que tenemos que lidiar habitualmente.

Este desconocimiento existente puede ser un freno para afrontar coherentemente y decididamente el cambio climático. Frente a este desconocimiento hay que poner en marcha mecanismos que nos permitan afianzar conocimientos más profundos sobre los aspectos sociales, culturales y económicos de la Amazonía, sobre la climatología y los futuros escenarios climáticos, sobre los recursos hídricos y forestales, sobre la forma más eficaz de conservarlos, sobre la agricultura adaptativa y la asunción de la seguridad y soberanía alimentaria, sobre la gestión sostenible de los riesgos, etc. Para ello, se hace necesario un levantamiento de información y una sistematización de experiencias globales sobre adaptación y mitigación del cambio climático (Sistema ALLPE, Proyecto SIVAN-SIPAM, etc). La elaboración de una guía metodológica adaptada a la diversidad de nuestra Amazonía nos permitirá establecer líneas de base científica que permitan desarrollar actividades destinadas a mitigar los cambios y adaptar a la población a los mismos.

Debemos reorientar la investigación a los procesos de diversificación geográfica existente de la fauna silvestre y acuática entre cuencas, a las migraciones regionales para crecimiento y reproducción de los grandes bagres, a la diversificación ecológica y geográfica de plantas y animales en el área de influencia del arco de Iquitos, a la redistribución de especies producto de los cambios climáticos, percibidos ya en la Amazonía baja, a la diversificación de plantas y animales a lo largo del gradiente de la Amazonía baja y del piedemonte andino. Es urgente desarrollar estudios de la adaptación incipiente de plantas y animales a los cambios climáticos registrados hasta la fecha, entender los procesos complejos de adaptación y cambio de la biodiversidad amazónica nos permitirá establecer pautas para mitigar los extremos cambios futuros y fortalecer las capacidades de adaptación de las poblaciones rurales afectadas.

Es un hecho que la conectividad cercana de las áreas forestales altas a los hábitats de los diferentes regímenes de inundación ha favorecido al desarrollo de eco tipos de especies de altura resistentes a las inundaciones. Estos procesos de adaptación de especies de altura pueden

darnos parámetros para comprender los procesos cambiantes relacionados al cambio climático.

## QUÉ HACER

Debemos detener la pérdida de bosque tropical y fomentar la reforestación y manejo de los ecosistemas con base científica. Para esto las Universidades amazónicas (UNAMAZ), Instituciones de investigación global, la OTCA, la FAO, el Banco Mundial, CIAM y las instituciones del Gobierno Nacional, en alianza con la sociedad civil y la cooperación internacional, deben complementar acciones integrales que posibiliten la ejecución de políticas que valoren y premien el manejo sostenible de los ecosistemas por la población local, fomentando el verdadero desarrollo sostenible, un desarrollo basado en las necesidades locales y adaptado a la realidad ecológica y económica de cada zona o región.

Hay serias deficiencias en la aplicación del conocimiento científico por la débil cooperación entre científicos, políticos y planificadores. Hay que establecer redes de investigadores que permitan compartir conocimientos y logros, fomentando la colaboración interinstitucional y la ejecución de proyectos compartidos entre regiones y países. La investigación debe estar focalizada a proyectos modernos, adaptados a la nueva realidad, que estén integrados y que promuevan el manejo adaptativo de las áreas inundables. Únicamente con la ejecución de proyectos en estas zonas inundables podremos comprenderlas mejor y predecir los escenarios futuros relacionados con el cambio climático. Debemos tomar un camino moral que nos permita reducir las emisiones de lujo y transferir tecnologías que aminoren las emisiones de sobrevivencia y alcanzar las metas de desarrollo sostenible que se promueven a nivel mundial. Para ello debemos dar las bases científicas para hacerlo bien, focalizando las acciones en las áreas inundables amazónicas, ya que estas juegan un rol importante en la dinámica amazónica y en el clima global.





## Evaluación de los modelos CMIP5 del IPCC en el Perú: Proyecciones al año 2030 en la Región San Martín

Grinia Avalos Roldán\*, Alan Llacza Rodríguez\*,  
Gerardo Jácome\*, Christian Barreto Schuler\*

### INTRODUCCIÓN

En el marco de la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático – SCNCC, el SENAMHI (2009) generó dos estudios importantes: “Caracterización del clima en el Perú: periodo 1971-2000” y “Escenarios climáticos en el Perú para el año 2030”; ambos a una escala de 1/2'000, 000.

Los resultados dan cuenta de tendencias distintas en el comportamiento de variables como la precipitación, y más bien una tendencia general de calentamiento del orden de 0,2 °C por década, en los últimos cuarenta años (SENAMHI, 2009).

No obstante y a pesar de los importantes alcances de estos estudios, aún es poco lo que conocemos sobre los impactos que tendría el cambio climático en los patrones termo pluviométricos de escala nacional y particularmente sobre ámbitos regionales.

### LA REGIÓN SAN MARTÍN: CLIMA ACTUAL Y TENDENCIAS RECIENTES

El departamento de San Martín se ubica en la región nor-oriental del Perú, su territorio está emplazado en la vertiente oriental de la cordillera, formado por zonas de selva en su mayor parte (SENAMHI, 2007).

**El clima en la región San Martín.** Alrededor del 90% del territorio de la región San Martín es amazónico, y de éste, aproximadamente el 40% es selva alta, donde las temperaturas máximas y mínimas del aire alcanzan valores promedio de 33 °C y 22 °C respectivamente, con variaciones espaciales poco significativas. En ocasiones, se registran temperaturas de hasta 38 °C entre los meses de octubre y noviembre.

Las lluvias ocurren durante todo el año, pero con menor frecuencia y menor duración en la estación de invierno (junio a agosto). Alrededor del 80% de las precipitaciones ocurre en horas de la tarde y primeras horas de la noche. En la Figura 1, se observa dos picos de máximas lluvias bien definidos entre el verano y otoño (marzo y abril) así como en primavera (octubre y noviembre) y cuyos acumulados mensuales son aproximadamente del orden de 180 Lt/m<sup>2</sup>.

\* Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI.

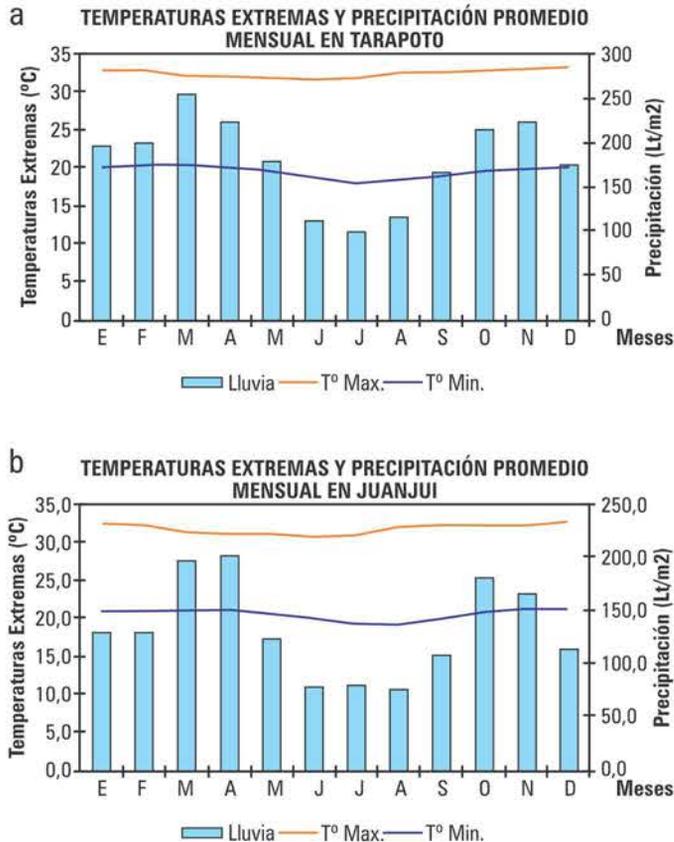
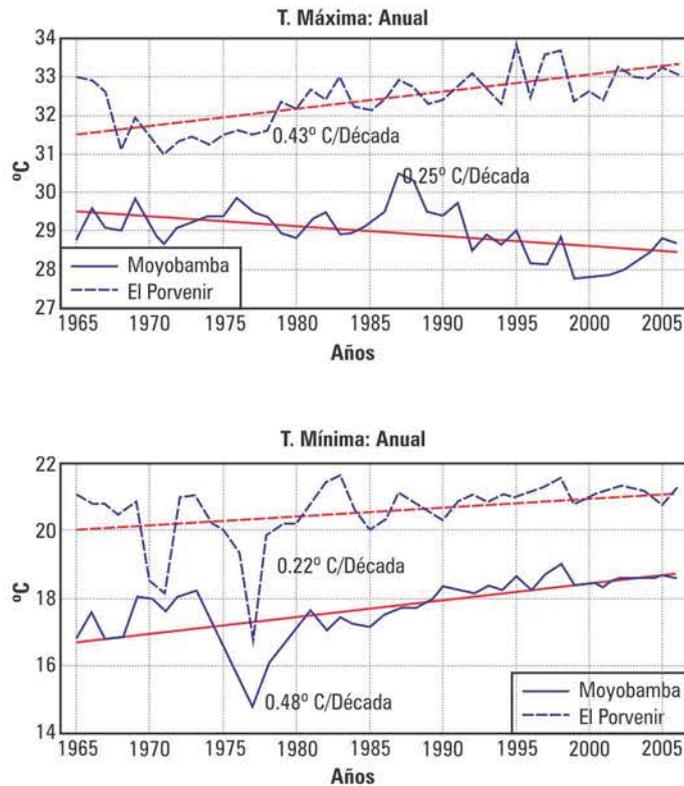


Figura 1. Ciclo anual de las temperaturas extremas del aire y la precipitación en la localidad: a. Tarapoto (333 msnm); b. Juanjui, (314 msnm).

## TENDENCIAS E ÍNDICES DE EVENTOS EXTREMOS

**Tendencias lineales de temperatura del aire y precipitación:** Los antecedentes de observación a lo largo del periodo instrumental, dan cuenta que el clima de la región San Martín, está experimentando cambios. Según un estudio desarrollado por el SENAMHI (2009) en el marco la SCNCC, las temperaturas extremas del aire en la localidad de El Porvenir ubicada en la parte baja de la cuenca del río Mayo (Bajo Mayo), presentan tendencias de incrementos del orden  $+0,4\text{ }^{\circ}\text{C/década}$ , para el periodo 1965-2006; mientras que en la parte alta de la localidad de Moyobamba (Alto Mayo) se registran tendencias opuestas; es decir, disminuciones de la temperatura máxima del orden de  $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C/década}$ , e incrementos en la temperatura mínima de hasta  $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C/década}$ , con un efecto significativo en el rango térmico diario. Las tendencias de incremento de las temperaturas máximas son más intensas en primavera ( $+0,52\text{ }^{\circ}\text{C/década}$ ) y verano ( $+0,47\text{ }^{\circ}\text{C/década}$ ) en el Bajo Mayo, mientras que las temperaturas mínimas son más intensas en el verano ( $+0,57\text{ }^{\circ}\text{C/década}$ ) y otoño ( $+0,53\text{ }^{\circ}\text{C/década}$ ) en el Alto Mayo.

La información anterior ha sido ajustada para fines del presente estudio, considerando un periodo de análisis actual: 1965-2012. En Moyobamba, la dirección opuesta de las tendencias anuales se mantiene, sin embargo la magnitud ha cambiado; la tendencia actual de la temperatura máxima es de  $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C/década}$  (antes:  $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C/década}$ ) y de la temperatura mínima es  $+0,35\text{ }^{\circ}\text{C/década}$  (antes:  $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C/década}$ ). En tanto, en la localidad del Sauce, ubicada a 600 msnm en el alto Huallaga, la tendencia de la temperatura máxima no está muy definida ( $+0,01\text{ }^{\circ}\text{C/década}$ ), pero en el caso de la mínima la tendencia de incremento es más marcada ( $+0,3\text{ }^{\circ}\text{C/década}$ ).

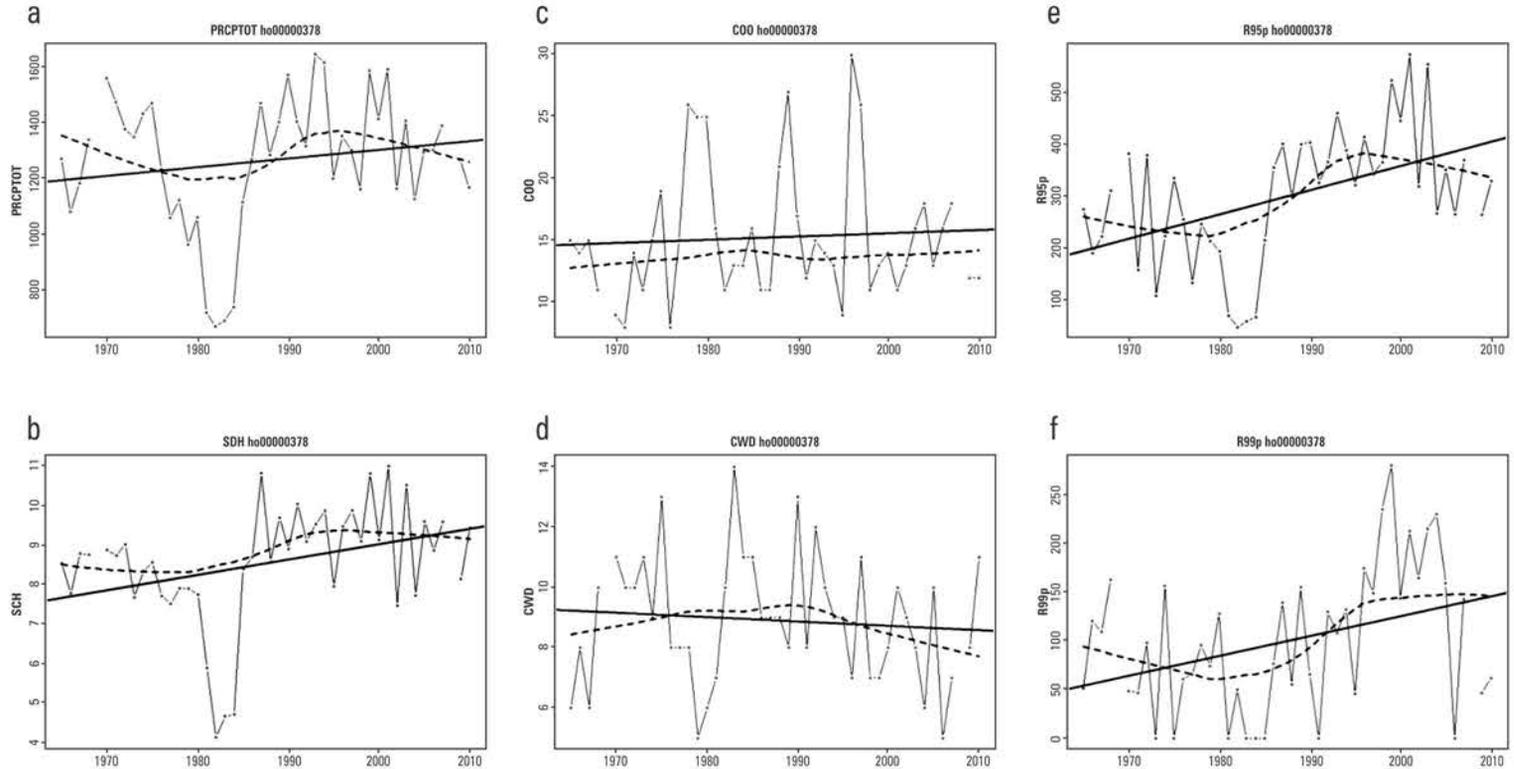


**Figura 2.** Distribución temporal de las temperaturas del aire máxima (izquierda) y mínima (derecha) anual (1965-2006) en las estaciones Moyobamba – Alto Mayo (línea sólida) y El Porvenir – Bajo Mayo (línea discontinua). El mejor ajuste de las tendencias lineales es indicado por las líneas rojas. Fuente: SENAMHI (2011).

De otro lado, las tendencias de las precipitaciones anuales para el periodo 1965-2006 fueron positivas (incremento) en gran parte de la cuenca, especialmente en localidades como Tabalosos (Bajo Mayo) con + 40 y + 50% y Pacaysapa (Alto Mayo) con + 90% y + 110% respecto a su normal. El Porvenir y Moyobamba presentan tendencias de disminución (-10%) e incremento (+ 35%), respectivamente. Las tendencias actuales dan cuenta de disminuciones de -75 mm/década en El Sauce, en tanto en Moyobamba se mantiene la tendencia de incremento, pero de menor magnitud (16 mm/década).

**Tendencias de índices de eventos extremos:** En la localidad de Moyobamba, la tendencia media de las lluvias (PRCPTOT) y su intensidad (SDII) es positiva, es decir, las lluvias acumuladas anuales vienen aumentando, a la par de una mayor intensidad y mayor frecuencia de días muy húmedos (R95p) y extremadamente húmedos (R99p). Sin embargo, la tendencia del número de días secos consecutivos (CDD) va en aumento, mientras que el número de días húmedos consecutivos (CWD) vienen disminuyendo. En otras palabras, lluvias más intensas y frecuentes se vienen presentando en periodo lluvioso, aparentemente más corto Figura 3.

En relación a los días cálidos (TX90p), éstos vienen en aumento particularmente desde la década del 90. Estas tendencias se corresponden con el incremento de noches cálidas (TN90p) y la disminución de días y noches fríos (TX10p y TN10p). La evolución de éstos índices térmicos (en intensidad y frecuencia) está modulada considerablemente por la variabilidad interanual asociada a la fase cálida del ENOS (década de los 80 y 90), y se advierte un acople con la tendencia de la última década 2001-2010, considerada la década más caliente. Debido entonces a la variabilidad natural, **las tendencias sobre la base de registros relativamente cortos (desde 1965) son muy sensibles a las fechas de inicio y fin de eventos fuertes (ENSO 1982/83 y ENSO 1997/98), y en general, no reflejan tendencias de largo plazo del clima.**



**Figura 3. Tendencia de índices de eventos extremos de la precipitación en la estación Moyobamba, para el periodo 1965-2012. (a) Días húmedos; (b) Intensidad de lluvias; (c) Días secos consecutivos; (d) Días húmedos consecutivos; (e) Días muy húmedos; (f) Días extremadamente húmedos.**

## METODOLOGÍA

**Modelos y escenarios de emisiones.** En el presente estudio, la construcción de escenarios se inicia con la evaluación de los MCG del CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) (Taylor et al, 2012); y corresponden a los modelos que mejor representan los sistemas sinópticos que modulan el clima de América del Sur (SENAMHI, 2012). Ver Tabla 1. La metodología implementada se basa en dos time slice: HISTORICAL, para el periodo histórico (1971 – 2000) y escenario RCP8.5, para el periodo futuro (2016 – 2045).

Para la proyección del clima de largo plazo, los MCG requieren información de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y aerosoles futuros, información que es generada por modelos socio-económicos para explorar la posible evolución de las emisiones de GEI y aerosoles en el mundo. El marco general de estos escenarios de emisiones lo proporciona el Informe Especial sobre los Escenarios de Emisiones - IE-EE (SRES, por sus siglas en inglés) del IPCC (Nakicenovik et al., 2000).

Los escenarios climáticos para la Región San Martín se basan en el escenario de emisiones RCP8.5, desarrollado por el IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) de Austria, el cual supone la combinación de un alto crecimiento poblacional, un bajo crecimiento de PBI, modestas tasas de cambios tecnológicos y poca eficiencia energética, llevando a grandes demandas energéticas y el incremento de gases de efecto invernadero.

**Cálculo de Proyecciones Climáticas.** Para realizar los mapas de cambios de la precipitación y temperaturas al 2030, se utilizó el promedio de los modelos que se indican en la Tabla 1. Considerando que estos modelos tienen diferente resolución espacial, se realizó el “regillado”, construyéndose una malla de datos a una misma resolución horizontal de 0.5x0.5°, mediante interpolación bilinear (SENAMHI, 2012).

**Tabla 1. Modelos climáticos globales del proyecto CMIP5**

MODELOS	INSTITUCIÓN	RESOLUCIÓN ATMOSFÉRICA (°longitud x °latitud)
CCSM4	National center for Atmospheric Research (NCAR-USA)	1.25 x 0.942408
HadGem2-AO	National Institute of Meteorological Research/Korea Meteorological Administration (COREA)	1.875 x 1.25
HadGem2-ES	Met Office Hadley Centre (REINO UNIDO)	1.875 x 1.25
MPI-ESM-LR	Max Plank Institute for Meteorology (ALEMANIA)	1.875 x 1.8496 /N48

La estimación del “cambio” ( $\Delta$ ) de las series de tiempo de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación a nivel estacional y anual, se determinó áreas o subregiones, debido a que las regiones de estudio presentan zonas con diferentes condiciones orográficas.

En la Tabla 2 se presentan las ecuaciones utilizadas para el cálculo de cambios estacionales y anuales de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación al 2030 (Lenderink et al. 2006).

## PROYECCIONES DE CAMBIOS DEL CLIMA EN LA REGIÓN SAN MARTÍN

En esta sección se presentan los resultados de los cambios estacionales y anuales de la precipitación y las temperaturas máxima y

**Tabla 2. Cálculo de los cambios de precipitación y temperaturas extremas**

$\text{PREC. camb} = \left( \frac{\text{PREC. fut} - \text{PREC. hist}}{\text{PREC. hist}} \right) \times 100\%$	$\text{T. camb} = \text{Tfut} - \text{Thist}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PREC. camb: Cambio de precipitación [%].</li> <li>- PREC. fut: Promedio multianual de la precipitación acumulada [2016 - 2045], anual y estacional (mapas); promedio anual (series de tiempo).</li> <li>- PREC. hist: Promedio multianual de la precipitación acumulada estacional o anual [1971 - 2000].</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- T. camb: Cambio de temperatura [°C].</li> <li>- Tfut: Promedio multianual de la temperatura [2016-2045], anual y estacional (mapas); promedio anual (series de tiempo).</li> <li>- Thist: Promedio multianual de la temperatura estacional o anual [1971 - 2000].</li> </ul>

mínima del aire en la región San Martín, proyectados para el time-slice 2016-2045 con promedios centrados en el año 2030, con referencia al periodo 1971-2000. Las proyecciones del clima futuro se basan en "cambios" del promedio de cuatro modelos climáticos de escala global, regrillados a una escala regional, para el escenario de emisiones RCP8.5. Estos resultados se complementan con análisis en subregiones, con la finalidad de ilustrar la incertidumbre asociada.

**Proyecciones de la precipitación.** En general, la precipitación es una variable no muy bien simulada como la temperatura, debido a que involucra procesos locales muy complejos, en consecuencia, las proyecciones de la precipitación son menos robustas que las de la temperatura del aire (Christensen *et al.*, 2011). En esta línea, la información proveniente de los modelos climáticos globales, no muestran el comportamiento local de esta variable, por lo que los

resultados que a continuación se presentan deben ser tomados en el marco de estas consideraciones.

La discusión se restringe al cambio relativo promedio de la precipitación estacional para el año 2030, expresado en términos porcentuales (%). Se ha considerado que los cambios dentro del intervalo +/-15% están dentro de la variabilidad de la precipitación en la región andina tropical (SENAMHI, 2011). La tonalidad verde de la escala indica incrementos, mientras que la escala en naranja indica reducciones.

En la Figura 5 se observa el cambio medio de la precipitación en las tres sub-regiones, expresado en porcentajes (%). Debe entenderse que la capacidad de cada modelo de representar bien algunas características del clima actual está en función de sus características internas o estado de desarrollo, de modo que es esperable que las respectivas simulaciones de un clima modificado por una nueva composición de la atmósfera, difieran. Los modelos indican incrementos bastante discretos de la precipitación (dentro de su variabilidad).

**Proyecciones de temperaturas del aire.** Los resultados muestran un patrón de calentamiento en toda la Región de alrededor + 1,4 °C en promedio, respecto al periodo de referencia 1971-2000.

No toda la Región San Martín experimentaría el mismo grado de calentamiento. Para la temperatura máxima, el cambio sería más notable en invierno en gran parte de la Región y en primavera en la franja oriental (+ 1,7 °C), mientras que el resto de la región experimentaría incrementos entre + 1,0 °C y + 1,4°C. En cuanto a la temperatura mínima, el mayor incremento se daría en invierno y del orden de + 1,7 °C, principalmente en la región suroccidental de la Región.

En toda la Región, la temperatura máxima tiende a incrementarse algo más que la temperatura mínima, aproximadamente 0,3 °C más.

**ANOMALIAS ESTACIONALES Y ANUALES  
DE PRECIPITACIÓN SAN MARTIN**

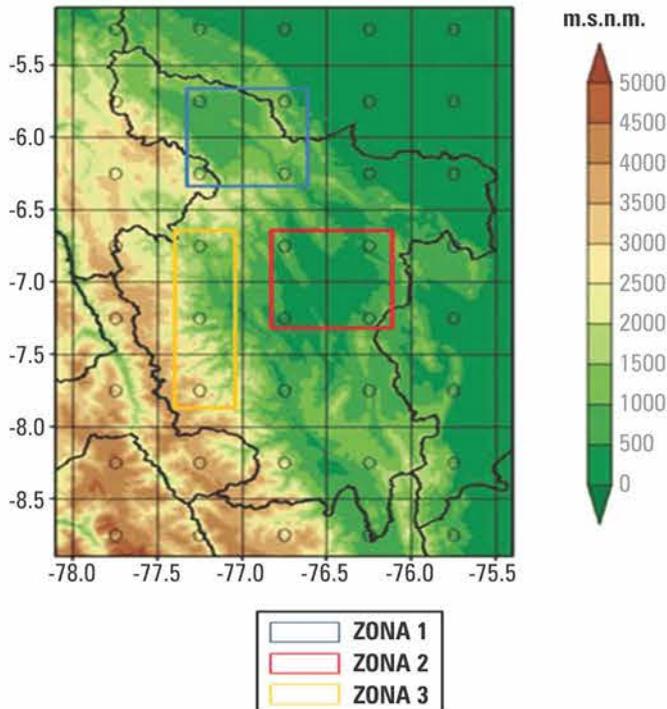


Figura 4. Subregiones analizadas para determinar la tendencia de cambio. Zona 1 (norte); Zona 2 (centro-oriental); Zona 3 (occidental, parte alta). Fuente SENAMHI.

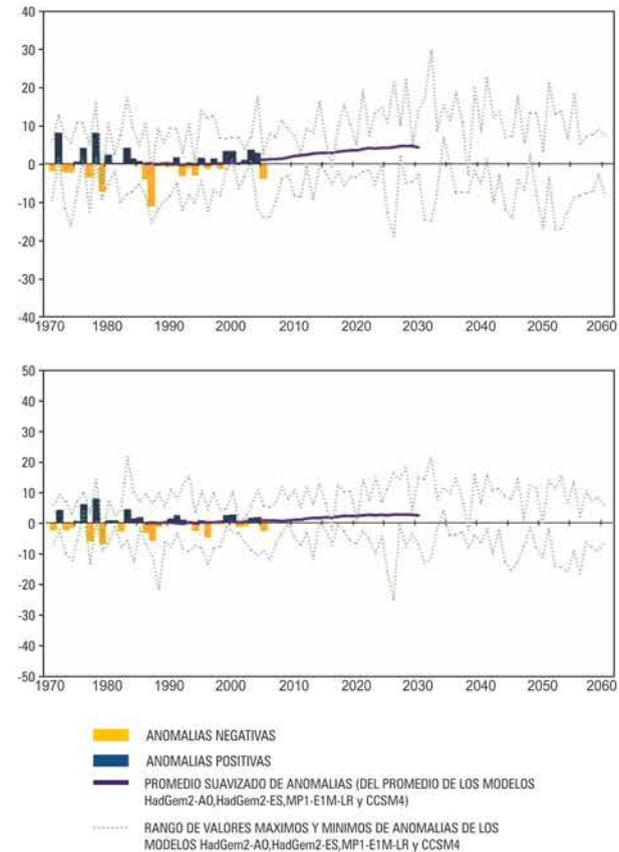


Figura 5. Evolución del cambio de la precipitación en las sub-regiones (regitradas o ajustadas con datos observados del CRU). (a) zona 1, (b) zona 2 y (c) zona 3. Cambio expresado en porcentaje (%).



# Una propuesta esperanzadora: Fondo mundial amazónico de investigación, educación e innovación tecnológica

## INTRODUCCIÓN

La Amazonía tiene la mitad de los bosques tropicales del mundo y alberga entre un quinto y un cuarto de su biodiversidad. Los bosques amazónicos son ecosistemas mega diversos que almacenan entre 86,000 a 96,000 millones de toneladas de carbono (Malhi et.al. 2006). En la Amazonía peruana hay alrededor de 50 millones de hectáreas que se encuentran bien conservadas y que representan el 65% del territorio amazónico peruano, de las cuales:

- Más de 21.5 millones de ha (28% del territorio nacional) de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, Áreas de Conservación Regional y Áreas de Conservación Privada.
- Más de 13 millones de ha (17% del territorio amazónico) ocupados por 60 pueblos indígenas.
- Más de 13.9 millones de ha (20% del territorio nacional) de humedales (IIAP - WWF, 2009).

La propuesta es una iniciativa de la CNPP-OTCA que busca sensibilizar a la comunidad internacional en el marco de la COP20. El objetivo

específico de la propuesta es propiciar la creación de un fondo mundial que contribuya a implementar y desarrollar acciones que permitan conservar una de las regiones más importantes para las regiones amazónicas de los países que conforman la OTCA, y el planeta, frente a los impactos del cambio climático.

## JUSTIFICACIÓN

Hay evidencias científicas sobre los potenciales impactos del cambio climático en la región amazónica. Los modelos climáticos disponibles indican que la pérdida masiva de la cobertura vegetal en la Amazonía occidental, a su vez, puede afectar severamente el clima hemisférico, incluso tan lejos como el noroeste de los Estados Unidos; se calcula que podría resultar en una reducción de hasta el 50 % de la nieve en Sierra Nevada, y del 15 al 20 % de reducción en las lluvias en esta región occidental de Estados Unidos (Medvigy et al., 2013).

Estudios recientes sugieren que los bosques amazónicos están experimentando cambios en su composición de especies debido a las alteraciones climáticas globales (Baker, et al., 2004; Feeley et al., 2011;

Davidson et al., 2012). Se ha observado además cambios en la dinámica sucesional de los bosques, con una tasa de producción de árboles mayor a la tasa de mortalidad, consecuencia de una mayor presencia de especies de crecimiento rápido y de ciclo de vida más corto (Malhi et al., 2002; Feeley et al., 2011). Los árboles de menor masa tienen una baja capacidad de almacenamiento de carbono y ciclos de vida más cortos que aceleran el reciclaje del carbono en estas áreas. Esta tendencia incluye una mayor presencia de lianas y otras epífitas (Phillips et al., 2005). Muchas epífitas son una fuente de emisión de metano, producto de su microbiota asociada, lo cual altera el patrón de emisiones de carbono de estos bosques.

El estudio de cambios en la composición y biomasa en bosques tropicales se apoya en metodologías basadas principalmente en observaciones de la composición de especies y velocidades de crecimiento de árboles, las cuales se relacionan con parámetros climáticos y tipo de suelo (Mahli y Phillips, 2004; Mahli et al., 2002). La incorporación de tecnologías de monitoreo usando sensores remotos más sofisticadas como el uso de LIDAR y reflectancia espectral (Asner et al., 2010) y el monitoreo de flujos turbulentos (covarianza de Eddy) de gases invernadero sobre el dosel del bosque complementan y añaden detalle a las estimaciones de la dinámica del ciclo de carbono en bosques tropicales.

La medición de flujos de dióxido de carbono en la Amazonía se inició hace veinte años en el suroeste de Brasil (Gash et al., 1996). Estas primeras mediciones sirvieron de base para la iniciativa LBA (Large Scale Biosphere Atmosphere Program) la cual se refinó progresivamente eliminando errores inherentes a las mediciones de flujo turbulento (Krujij

et al., 2004; Miller et al., 2004). También se ha incorporado el monitoreo de flujos de metano en respuesta a la preocupación sobre su papel en el balance total de carbono en bosques lluviosos (Frankenberg et al., 2005; Bloom et al., 2010), y la emisión de compuestos orgánicos volátiles biogénicos (BVOCS) debido a su papel en la química atmosférica e importancia como indicadores de estrés fisiológico y de tendencias de largo plazo en bosques tropicales (Kesselmeier et al., 2000; Vivanco et al., 2005; Peñuelas y Staudt, 2010). La combinación de datos de flujo y químico/atmosféricos con la data de mediciones fenológicas y fisiológicas ha logrado mostrar que muchos bosques tropicales lluviosos están acumulando carbono en biomasa a tasas significativas (Phillips et al., 2009). Al mismo tiempo, muestra la fragilidad de los ecosistemas amazónicos que pueden convertirse en emisores netos de carbono durante periodos cíclicos de sequía prolongada (López-González et al., 2011).

En este contexto existe una necesidad de implementar una plataforma que apoye a la generación información técnica y científica del ecosistema amazónico, que sirva como base y sustento para la toma de decisiones en los diferentes niveles.

## EVIDENCIAS DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AMAZONÍA

Medvigy, et al., (2001), también encontró que la progresiva deforestación en la Amazonía ocasiona grandes incrementos de las frecuencias e intensidad de eventos extremos fríos, tanto en Amazonía

occidental como en las zonas del sur de Sudamérica, afectando a la agricultura local, los ecosistemas naturales y a la población humana.

El problema del calentamiento global, debido a la emisión de gases de efecto invernadero (cambio climático), el fenómeno “El Niño” (variabilidad climática) y los cambios del uso del suelo y el uso del fuego han incrementado episodios de sequías severas, inundaciones y de eventos de fríos extremos, generando una pérdida progresiva de la cubierta forestal en diferentes regiones de la Amazonía Peruana y es una de las más grandes preocupaciones mundiales. El 40 a 45% de deforestación de la Amazonía traería consecuencias irreparables para el mundo (Seminario CNPP-COP20, 2014), afectando a la fauna silvestre, cultivos, el desarrollo de la acuicultura, disponibilidad de agua que afectaría a la cuenca amazónica. Los efectos ya son perceptibles, como las inundaciones y sequías intensas que afectan a la biodiversidad amazónica ocasionando problemas muy serios de seguridad alimentaria de las comunidades rurales e indígenas que están muy ligadas al bosque. Las enfermedades endémicas también se han incrementado según el Ministerio de Salud (Seminario CNPP-COP20, 2014).

El último informe del IPCC (marzo 2014), prevé en la Amazonía un incremento de la temperatura, un aumento de periodos de intensa y poca precipitación el cual se refleja en los caudales, una reducción de los bosques, un aumento del cambio de uso de tierras por agricultura y un incremento de vectores de enfermedades. Estos cambios de hecho alterarán el ciclo natural del ecosistema atmósfera-biosfera de la Amazonía y requerirá establecer y poner en práctica medidas adecuadas de mitigación. (Figura 1)

A nivel del Perú, los estudios científicos realizados en aspectos de

clima e hidrología nos muestran que en el contexto de cambio climático no se tiene un nivel de certeza del comportamiento de los caudales en épocas lluviosas durante los últimos 30 años en la selva alta y en la selva baja, sin embargo es claro y notorio que en los últimos 30 años ha ido disminuyendo el nivel de caudales en épocas de estiaje (Espinoza, et. al. 2011, JGA). Se puede observar en la figura 2, las grandes sequías de 1995, 1998, 2005 y 2010.

En la figura 3 se observa en la cuenca amazónica caudales elevados durante los años 1970, una fuerte frecuencia de grandes avenidas desde los años de 1970, 16 eventos que superan a los 250 000 m<sup>3</sup>/s (solamente cinco eventos entre 1903 y 1970); además se observó una fuerte disminución de caudales de estiaje desde 1990. Se puede resaltar que los extremos hidrológicos se han agudizado en los últimos años: sequías extremas en 2005 y 2010, crecidas excepcionales en 2009 y 2012, (Espinoza et.al. 2011).

En la figura 4, se muestra mediciones realizadas en las localidades de San Martín y Tarapoto, sobre el comportamiento climático a lo largo de un periodo mayor de 30 años. Estas observaciones indican una correlación positiva entre el incremento de temperatura y los niveles de deforestación, al mismo tiempo una disminución de la precipitación con el incremento de la deforestación (SENAMHI, 2014). Es necesario aumentar el número de observaciones e investigaciones en la región amazónica para poder, al menos, lograr algún grado de entendimiento de la relación bosques y clima y la dinámica de su comportamiento.

Como se puede observar, el problema del cambio climático unido a la deforestación progresiva debe ser una de las más grandes preocupaciones mundiales. (Seminario CNPP-COP20, 2014).

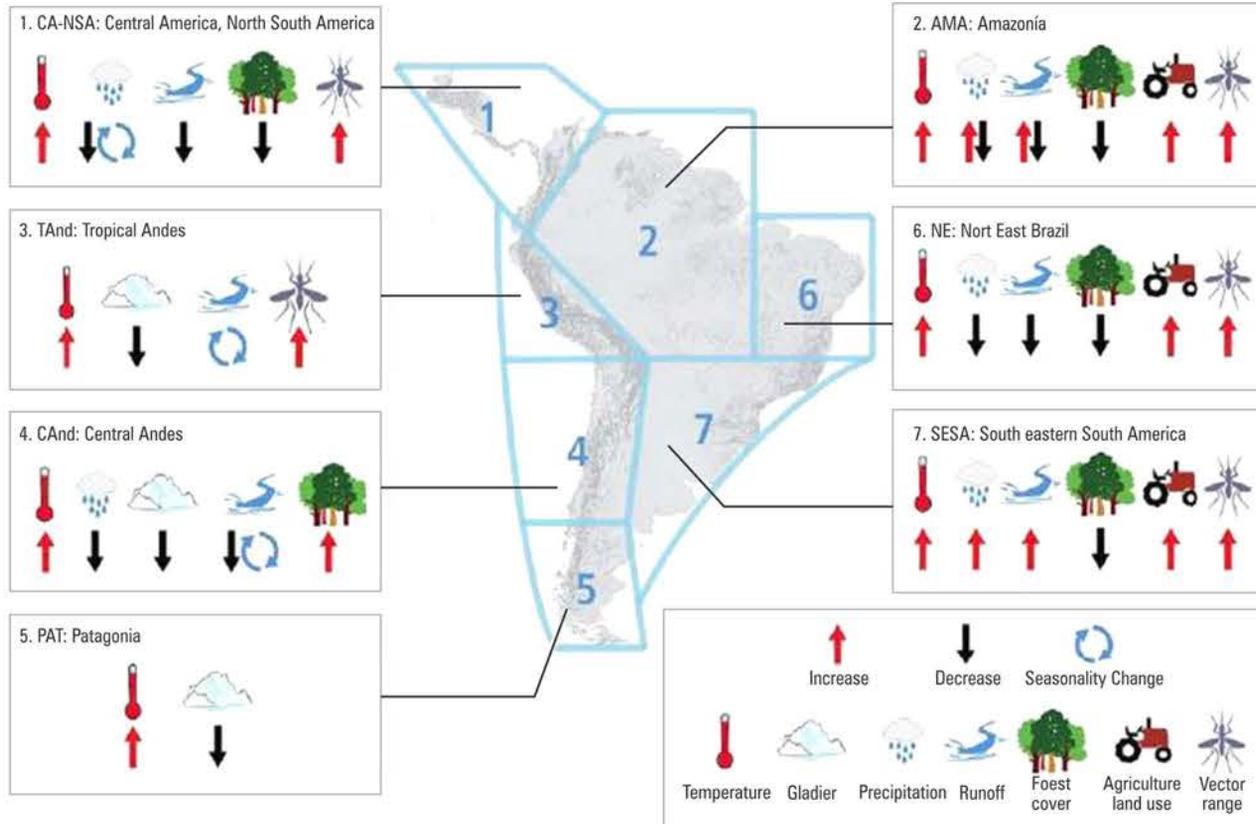


Figura 1. Impactos de cambio climático en la región latinoamericana (IPCC, 2014)

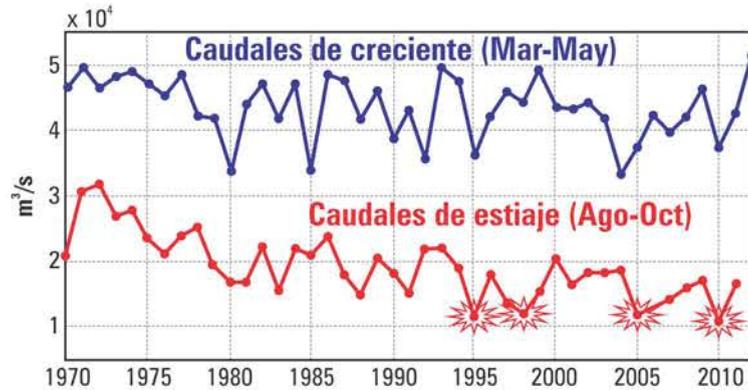


Figura 2. Comportamiento hidrológico de la cuenca del Amazonas en los últimos 30 años (Espinoza, et. al. 2011)

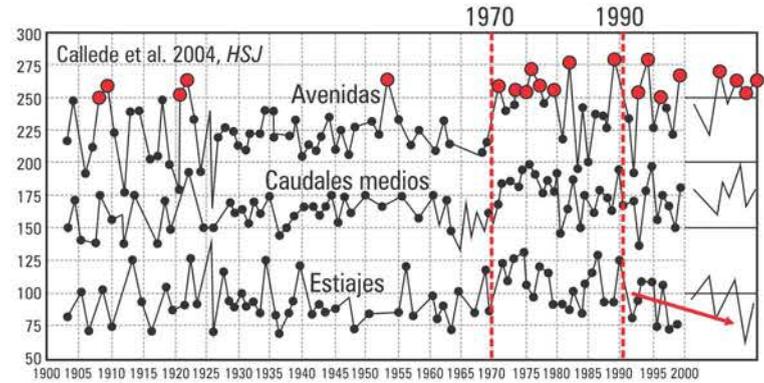
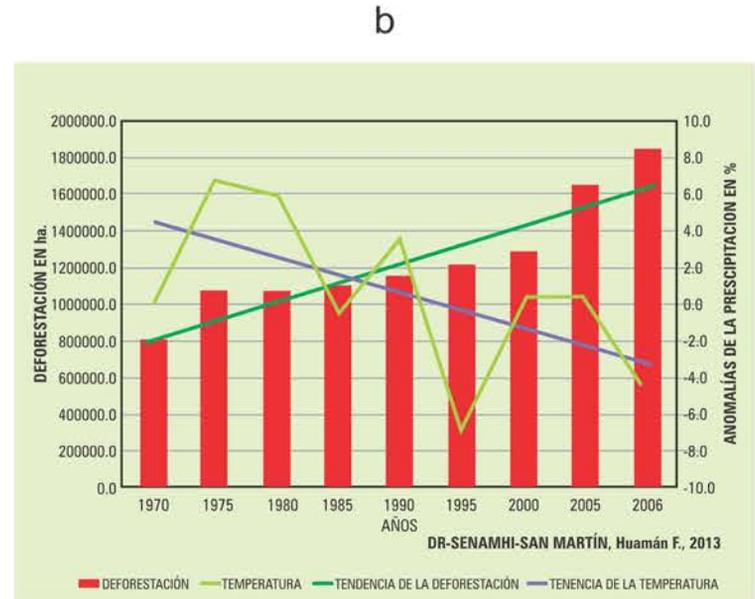
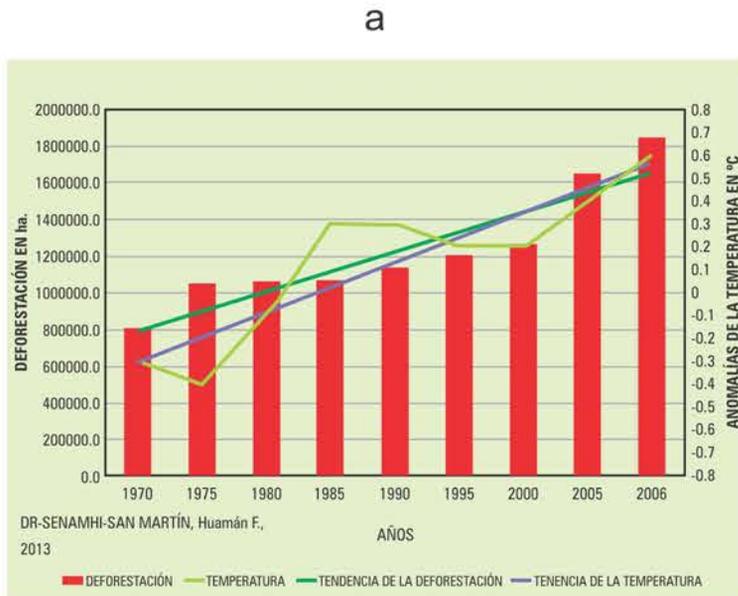


Figura 3. Comparación entre periodo de avenidas y estiajes en la Cuenca Amazónica (Espinoza, et. al 2011)



**Figura 4. Relación entre deforestación y Temperatura (4.a) y Deforestación y Precipitación (4.b)**

## PROPUESTA

### FONDO MUNDIAL AMAZÓNICO DE INVESTIGACIÓN, EDUCACIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

## INTRODUCCIÓN

La propuesta tiene por finalidad propiciar la creación de un fondo internacional que contribuya a implementar y desarrollar acciones que permitan conservar una de las regiones más importantes para el país y el planeta, frente a los impactos del cambio climático y se fundamente en los siguientes hechos: (a) la insuficiente investigación científica en la Amazonía Peruana la cual posee muchas especies aún desconocidas dentro de gran biodiversidad; (b) la carencia de recursos humanos y financieros en los programas de educación y desarrollo; (c) la falta de instrumentos normativos y técnicos que ayuden a la investigación y puesta en valor de las especies; (d) los efectos sociales y culturales que se vienen generando debido a los cambios (a la alteración del ecosistema amazónico).

La propuesta busca establecer condiciones de vida más saludables para la población y el aumento de la productividad que impulse el desarrollo sostenible a través del incremento del conocimiento y entendimiento de los procesos que lleven a tomar decisiones y acciones por las autoridades y decisores de política basadas en Investigación Científica y uso de tecnología de punta como parte del establecimiento de redes de monitoreo que generen información.

Esta propuesta no busca el liderazgo particular ni aislado, sino más

bien una propuesta conjunta de todas las instituciones que conforman la CNPP/OTCA y que priorice con certeza las áreas sobre las cuales realizar dichas acciones.

## ESTRUCTURA DEL FONDO

Considerando a la Innovación Tecnológica como un medio de consolidación y transferencia de los procesos de investigación, Educación, y desarrollo tecnológico se propone que este Fondo considere en su estructura (Figura 1), los siguientes aspectos prioritarios:

### I. En aspectos de Gobernanza

1. Fortalecimiento de las instituciones que tienen competencias en la gestión de los recursos naturales de la Amazonía, en los tres niveles de gobierno (nacional, regional y local), teniendo en cuenta también la política del Estado en materia de modernización de la gestión pública, la eficiencia en la gestión de los recursos naturales y de servicio al ciudadano, y la meritocracia.
2. Proporcionar apoyo científico a la generación de políticas que generen alternativas coherentes, saludables y de largo plazo frente a los impactos del cambio climático, teniendo en cuenta que las Organización de las Naciones Unidas (2000) puso en marcha una iniciativa a escala mundial denominada "Evaluación de los Ecosistemas del Milenio" y que la provisión, producción, e información de datos ambientales presentan variaciones continuas por efecto del clima.
3. Impulsar inversiones para gestionar un programa de fondos concursables para la investigación; para formar y fortalecer

capacidades, mediante pasantías, becas de grado y postgrado; y para el fortalecimiento de las instituciones de enseñanza e investigación.

4. Incorporar de forma inclusiva los aspectos socio-ambientales y de salud en la generación, mitigación y adaptación frente al Cambio Climático, considerando de manera especial a los pueblos indígenas y la población vulnerable.

## II. En aspectos de Educación:

1. Fortalecimiento de las instituciones de enseñanza universitaria y de los Institutos de investigación, con la finalidad de pasar de las generalidades a la generación de conocimiento que sirva de apoyo a los tomadores de decisiones políticas.
2. La educación universitaria está en relación directa con la calidad de los docentes universitarios, quienes deberían también cumplir con los mas altos estándares de formación académica, lo cual solo se obtiene propiciando que para ser docente universitario se requiere contar como mínimo con el grado académico avanzado a nivel de doctorado o post doctorado. Solo así se podrán alcanzar niveles educativos y de formación académica de calidad mundial.
3. Con la integración de las ciencias sociales establecer y desarrollar metodologías de sensibilización e incidencia en la población en general como parte del proceso de educación ambiental para docentes, y autoridades de educación en todos los niveles.
4. Fortalecimiento de la educación a nivel primario y secundario en aspectos relacionados con la importancia de nuestros recursos naturales y el cuidado del ambiente para que promuevan y/o realicen actividades para su conservación y preservación. Los

estudiantes deben adquirir el conocimiento de los problemas ambientales globales entre ellos la del cambio climático y la necesidad de su mitigación y adaptación.

5. Incluir, como parte de la educación básica, temas relacionados con el impacto del cambio climático en la salud del poblador amazónico. Los problemas de salud más comunes que se necesita prevenir y controlar son: la malaria, dengue, problemas gastrointestinales, picaduras de víboras, arañas, etc.

## III. En aspectos de Investigación:

1. Contar con profesionales con experiencia y con grado de doctorado, post doctorado y maestría, especializados en los aspectos físicos y biológicos, sociales y económicos de la Amazonía, considerando a las ciencias naturales y de la tierra como base.
2. En base a la necesidad de investigación, establecer redes de monitoreo integrales, de captura de carbono, climáticos, hidrológicos, biodiversidad, entre otros que sean de libre acceso.
3. Desarrollo de tecnologías para la conservación y manejo productivo sostenible del bosque en pie. También hay otras actividades de apoyo como ecoturismo, aprovechamiento de la biodiversidad, aprovechamiento del paisaje, la biodiversidad de los suelos aluviales, servicios ecosistémicos, entre otros.
4. Ser parte de las redes internacionales de monitoreo de la Amazonía, tales como la Red Nacional Infocarbono, GEOCARBON, RAINFOR y FLUXNET, quienes además de monitoreo promueven la investigación científica como herramienta para la toma de decisiones.

- Desarrollo de modelos ecosistémicos y redes de monitoreo, para definir los impactos del cambio climático en la salud (enfermedades metaxénicas, enteropatógenas), con miras a establecer las medidas de adaptación adecuadas al cambio climático.

## MANEJO DEL FONDO

Los pilares de la sostenibilidad y operación del fondo se presentan en la figura 2. El Fondo propuesto recogerá las buenas prácticas y experiencias de asociación público-privada para su manejo como es el

caso de PROFONANPE y otros fondos existentes en los demás países miembros de la OTCA. El eventual manejo del Fondo debe estar a cargo de una plataforma que integre a los actores involucrados de los diferentes países de la OTCA en el marco de la gobernanza y participación ciudadana. El proceso de la institucionalización del fondo y la procedencia o mecanismos de conformación de los recursos financieros se hará mediante sucesivas coordinaciones internas para recoger los aportes de las diversas entidades. El conjunto de acciones relacionadas con el sector empresarial requerirá de una provisión directa del fondo.



Figura 1. Estructura del fondo mundial amazónico de investigación, educación e innovación tecnológica



Figura 2. Pilares de la sostenibilidad y operación



UNA PROPUESTA ESPECIAL DEL FONDOS MUNDIAL PARA EL ANÁLISIS  
DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

## Agradecimientos

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas que participaron en el proceso de planificación participativa interinstitucional en el seno de la Comisión Nacional Permanente Peruana (CNPP), que tuvo como uno de sus resultados más importantes la celebración del Seminario CNPP-COP 20 "Amazonía y cambio climático: perspectivas, oportunidades y amenazas", insumo principal para la presente publicación y materialización del trabajo conjunto de todas las instituciones comprometidas con la mitigación del cambio climático en la región amazónica. Agradecemos sinceramente a Liliam Ballón de Amézaga, Eduardo Williams Calvo Buendía, Flor de Liz Tica Fuertes, Keneth Reátegui del Aguila, Pedro Trillo, Julio Jesús Salazar, Angel Salazar, Luis Campos Baca, Dennis del Castillo, José Alvarez Alonso, Richard Bodmer, Manuel Martín Brañas, Jhan Carlo Espinoza, Josyane Ronchail, Jean Loup Guyot, Waldo Lavado, William Santini, Grinia Avalos Roldán, Alan Llacza Rodríguez, Gerardo Jácome, Christian Barreto Schuler y a todos los que de manera directa o indirecta posibilitaron que la presente edición se materialice definitivamente.



## Referencias bibliográficas

- Álvarez, J. & N. Shany. 2012.** Una experiencia de gestión participativa de la biodiversidad con comunidades amazónicas. *Rev. Peru. Biol.* 19(2): 223 – 232.
- Asner, G. P., N. Alencar. 2010.** Drought impacts on the Amazon forest: The remote sensing perspective, *New Phytol.*, 187,569–578, doi:10.1111/j.1469-8137.2010.03310.x
- Asner, G.P., Powell, G.V.N., Mascaró, J., (et.al). 2010.** High-resolution forest carbon stocks and emissions in the Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* 107, 16738-16742
- Berenguer, E., J. Ferreira, T.A. Gardner, L. E. Oliveira Cruz Araga, P. Barbosa de Camargo, C. E. Cerri, M. Durigan, R. C. de Oliveira Jr., I C. Guimaraes Vieira & J. Barlow. 2014.** A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests. *Global Change Biology* (2014), doi: 10.1111/gcb.12627.
- Bodmer, R.E., Puertas, P.E., Antúnez, M.S., Fang, T.G. y G. Gil. 2012.** Monitoreo de Fauna Silvestre e Implicancias de Impacto de Fluctuaciones Climáticas en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, Loreto, Perú. WCS, Lima, Perú.
- Bodmer, R. E., T. G. Fang, P. E. Puertas, M. Antúnez, K. Chota & W. E. Bodmer. 2014.** Cambio climático y fauna silvestre en la Amazonía peruana. Impacto de la sequía e inundaciones intensas en la Reserva Nacional Pacaya Samiria. *Fundamazonía-Wust Ediciones*. Lima.
- Brack Egg, A. 2004.** Perú: Biodiversidad, pobreza y bionegocios. PNUD, Lima.
- Brando, P.M., J.K. Balch, D.C. Nepstad, D.C. Morton, F.E. Putz, M.T. Coeb, D. Silvério, M.N. Macedo, E.A. Davidson, C.C. Nóbrega, A. Alencar & B.S. Soares-Filhoj. 2014.** Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought–fire interactions. *PNAS* www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1305499111
- Bunyard, P. 2010.** The Real Importance of the Amazon Rain Forest. *ISIS Report*, 15/03/2010.
- Butler, R. A. & W. F. Laurance. 2009.** Is oil palm the next emerging threat to the Amazon? *Tropical Conservation Science* Vol. 2(1):1-10.
- Cáceres, I.V. (ed.). 2010.** Cambio Climático en el Perú: Amazonía. Fundación Manuel J. Bustamante de la Fuente, Lima, Perú.
- Callède, J, Guyot, J, Ronchail, J, L Hote, Y, Niel, H, de Oliveira, E. 2004.** Evolution du débit de l'Amazone à Obidos de 1903 à 1999, *Hydrol. Sci. J.*, 49, 85–98, 11177.
- Callède, J, Cochonneau, G, Ronchail, J, Alves, V, Guyot, J, et al. 2010.** Les apports en eau de l'Amazone a l'Océan Atlantique, *Rev. Sci. l'Eau*, 23, 247–273, 11174, 11189, 11191, 11192, 11209, 11212
- Campos Baca, L. 2005.** Algunos parámetros físicos, químicos y bioecológicos que influyen en el comportamiento migratorio de la "gamitana" *Colossoma macropomum* en el Río Ucayali. Coloquio Internacional Biología de las poblaciones de Peces de la Amazonia y Piscicultura. RIIA.
- Chen, J. L., Wilson, CR., Tapley, DB. 2010.** The 2009 exceptional Amazon flood and interannual terrestrial water storage change observed by GRACE, *Water Resources*, 46, 1-10, doi:10.1029/2010WR009383.

**Christensen, J.H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R.K. Kolli, W.-T. Kwon, Mearns, C.G. Menéndez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr and P. Whetton. Regional Climate Projections. In Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, S. D. Solomon et al., Eds. (Cambridge Univ. Press, Cambridge and New York, 2007), chap. 11.**

**Christensen OB, Goodess CM, Harris I. Watkiss P. 2011.** European and Global Climate Change Projections: Discussion of Climate Change Model Outputs, Scenarios and Uncertainty in the EC RTD ClimateCost Project. In Watkiss, P (Editor), 2011. The ClimateCostProject.Final Report. Volume 1: Europe. Published by the Stockholm Environment Institute, Sweden, 2011. ISBN 978-91-86125-35-6.

**CIAM. 2011.** La Amazonía vale un Perú. Consejo Interregional Amazónico – CIAM, documento técnico. Lima.**Connor, S. 2007.** The True Devastation of the Rainforest. The Independent, UK. [http://www.organicconsumers.org/articles/article\\_8638.cfm](http://www.organicconsumers.org/articles/article_8638.cfm)

**Cook, B., Zeng, N., y J.H. Yoon. 2012.** Will Amazonia Dry Out? Magnitude and Causes of Change from IPCC Climate Model Projections. Earth Interactions 16, paper No. 3.

**Costa, M.H. & Foley, J.A.** 1999. Trends in the hydrologic cycle of the Amazon basin. *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*, 104, 14189-14198.

**Costa, M.H. & Foley, J.A.** 2000. Combined effects of deforestation and doubled atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations on the climate of Amazonia. *Journal of Climate*, 13, 18-34.

**Cox P.M, Betts R.A., Collins M., Harris P.P., Huntingford C., Jones C.D.** Amazonian forest die-back under climate-carbon cycle projections for the 21st century. *Theor. Appl. Climatol.* 2004;78:137–156.doi:10.1007/s00704-004-0049-4.

**Cox PM, Harris PP, Huntingford C, Betts RA, Collins M, et al. 2008.** Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution. *Nature* 453:U212–U217.

**Davidson, E.A., de Araújo, A.C., Artaxo, P. (et.al). 2012.** The Amazon basin in transition. *Nature* 481, 321-328

**ENDES. 2012.** Encuesta Demográfica y Salud Familiar. Ministerio de Salud – MINSA).

**Espinoza, J.-C., Fraizy, P., Guyot, J.-L., Ordoñez, J., Pombosa, R., Ronchail, J. 2006.** La variabilité des débits du rio Amazonas au Pérou. *Climate Variability and Change-Hydrological impacts.* IAHS Publ, 308:424–429.

**Espinoza, J.C., Ronchail, J., Guyot, J.-L., Cocheneau, G., Filizola, N., et al. 2009a.** Spatio-Temporal rainfall variability in the Amazon Basin Countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia and Ecuador). *International Journal of Climatology* 29: 1574–1594.

**Espinoza, J.C., Guyot, J.-L., Ronchail, J. Cochonneau, G., Filizola, N., et al. 2009b.** Contrasting regional discharge evolutions in the Amazon basin (1974-2004). *Journal of Hydrology* 375: 297–311.

**Espinoza, J. C., J. Ronchail, J. L. Guyot, C. Junquas, P. Vauchel, W., et al. 2011.** Climate variability and extreme drought in the upper Solimões River (western Amazon Basin): Understanding the exceptional 2010 drought, *Geophysical Research Letters*, 38(13), 1-6, doi:10.1029/2011GL047862.

**Espinoza J.C., Ronchail J., Frappart F., Lavado W., Santini W., Guyot J.L. 2013.** The major floods in the Amazonas River and tributaries (Western Amazon basin) during the 1970 – 2012 period: A focus on the 2012 flood. *J. Hydromet.* doi: 10.1175/JHM-D-12-0100.1.

**Fernandes, K., Baethgen, W., Bernardes S., DeFries, R., Hewitt, DG., et al 2011.** North Tropical Atlantic influence on western Amazon fire season variability, *Geoph. Res. Lett.*, 38(12), 1-5, doi:10.1029/2011GL047392.

**Figuroa, SN, Nobre, CA. 1990.** Precipitation distribution over central and western tropical South America. *Climanálise* 5: 36–45.

**Foley, J. A., Botta, A., Coe, M. T. y M. H. Costa. 2002.** El Niño: southern oscillation and the climate, ecosystems and rivers of Amazonia. *Global Biogeochem. Cy.* 16:1–17.

**Fundación Bustamante. 2010.** Cambio climático en el Perú. Amazonía. 2010. Apus Graph Ediciones, Lima. (J. Álvarez, miembro del equipo de redacción). 143 pp.

**García, R.V & Gagliardi, G.U. 2009.** Identificación de los procesos ecológicos y evolutivos esenciales para la persistencia y conservación de la biodiversidad en la Región Loreto, Amazonas, Perú. PROCREL-Nature & Culture International-IIAP-GOREL

**Gasché, J. and Vela, N. 2012.** Sociedad Bosquesina, Tomo I. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP, Iquitos. 292 pp.

**Glaser, B., L. Haumaier, G. Guggenberger & W. Zech. 2001.** The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften* 88:37–41. DOI 10.1007/s001140000193.

**Goulding, M., C. Cañas, R. Barthem, B. Fosberg y H. Ortega. 2003.** *Amazon Headwaters. Rivers, Wildlife and Conservation in Southeastern Peru.* ACA y ACCA. Gráfica Biblos. Lima, Perú, 198 pp.

**Hageneder, F. 2012.** The impacts of forests on climate. Umpublish. Manusc. <http://www.themeaningoftrees.com/impact-forests-climate>.

**Halloy SRP. 1992.** Threats to biodiversity in Latin America and rights to genetic resources. Latin America in a changing world order. The Papers of the Twenty-seventh Foreign Policy School. University of Otago, Dunedin

**Halloy SRP, Mariaca J, Arteaga R. 1996.** El Sistema Nacional de Conservación y Desarrollo de Recursos Genéticos de Bolivia (SRG) – Principios, objetivos, estructura y puesta en marcha. Dirección Nacional de Conservación de la Biodiversidad, La Paz, Bolivia

**Harris, J. B. C., D. D. Putra, S. D. Gregory, B. W. Brook, D. M. Prawiradilaga, N. S. Sodhi, D. Wei & D. A. Fordham. 2014.** Rapid deforestation threatens mid-elevational endemic birds but climate change is most important at higher elevations. *Diversity and Distributions*, (Diversity Distrib.) (2014) 20, 773–785.

**IIAP – AEI. 2002.** Zonificación Ecológica Económica para el desarrollo sostenible del área de influencia de la Carretera Iquitos – Nauta. Doc. Técnico, Tomo I. Ed. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos.

**IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policy Makers, Working Group 1 IPCC, Geneva, 2007.**

**Junk, W.J. y M.T. Piedade. 1997.** Plant life in the floodplain with special reference to herbaceous plants. En: *The Central Amazon Floodplain.* Junk, W.J. (ed.). Springer, Berlin, Germany.

**King, R. 2013.** Biochar: a brief history and developing future. <http://news.mongabay.com/2013/0102-biochar-ryking.html#MfQX6orJPG2ubFkh.99>

**Langerwisch, F., Rost, S., Gerten, D., Poulter, B., Rammig, A. y W. Cramer. 2012.** Potential effects of climate change on inundation patterns in the Amazon Basin. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 9:261–300.

- Lavado, W., Ronchail, J., Labat, D., Espinoza JC., Guyot JL. 2012.** A basin-scale analysis of rainfall and runoff in Peru (1969-2004): Pacific, Titicaca and Amazonas drainages. *Hydr. Sc. J.* doi: 10.1080/02626667.2012.672985.
- Lerdau, M; Slobodkin, L. 2002.** Trace gas emissions and species-dependent ecosystem services. *Trends in Ecology & Evolution* 17, 309-312
- Lewis, S.L., P. M. Brando, O. L. Phillips, G.F van der Heijden & D. Nepstad. 2011.** The 2010 Amazon Drought. *Science* 4 February 2011: Vol. 331 no. 6017 p. 554 DOI: 10.1126/science.1200807.
- McMullen, C.P. 2009.** *Climate Change Science Compendium*. UNEP, New York.
- Malhi, Y., J. T. Roberts, R A. Betts, T. J. Killeen, W. Li & C. A. Nobre. 2008.** Climate Change, Deforestation, and the Fate of the Amazon. *Comment in Science*. 16; 320(5878):874.
- Marengo, J. 1992.** Interannual variability of surface climate in the Amazon basin. *International J. Clim.* 12:853–863.
- Marengo, J., Tomasella, J., Uvo, C. 1998.** Long-term stream flow and rainfall fluctuation in tropical South America: Amazonia, eastern Brazil, and northwest Peru. *Journal of Geophysical Research*, 103:1775–1783.
- Marengo J. A. & Nobre C. A. (2001)** The hydroclimatological framework in Amazonia. In: *Biogeochemistry of Amazonia*. Eds: J Richey, M McClaine, & R Victoria. Oxford, UK: Oxford University Press, 17-42.
- Marengo, J., Nobre, C., Tomasella, J., Oyama, M., de Oliveira, G., t al. 2008.** The drought in Amazonia in 2005. *J. of Clim.*, 21:495–516.
- Marengo, J. A., Tomasella, J., Alves, LM., Soares, WR., Rodriguez, DA. 2011a.** The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geoph. Res. Lett.*, 38(13), doi:10.1029/2011GL047436.
- Marengo, J. A., Tomasella, J., Soares, WR., Alves, LM., Nobre C. 2011b.** Extreme climatic events in the Amazon basin, *Theoretical and Applied Climatology*, doi:10.1007/s00704-011-0465-1.
- Medvigy, D., R.L. Walko, Avissar, R. 2010.** Effects of deforestation on spatiotemporal distributions of precipitation in South America. *J. Climate*, in revision.
- Medvigy, D., R.L. Walko, M.J. Otte, and R. Avissar. 2013:** Simulated changes in Northwest US climate in response to Amazon deforestation. *Am. Met. Society* 26: 9115-9136.
- MINAM. 2009.** Actualización del Inventario Nacional Integrado de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Perú al año 2009. [http://www.planccperu.org/IMG/pdf/Actualizacion\\_del\\_inventario\\_30-09-2013.pdf](http://www.planccperu.org/IMG/pdf/Actualizacion_del_inventario_30-09-2013.pdf).
- MINAM 2009.** Mapa de deforestación de la Amazonía peruana 2000. Ministerio del Ambiente: [http://geoservidor.minam.gob.pe/geoservidor/archivos/memoria/DEFORESTACION\\_Parte5.pdf](http://geoservidor.minam.gob.pe/geoservidor/archivos/memoria/DEFORESTACION_Parte5.pdf).
- MINAM. 2012.** Planificación ante el Cambio Climático - Plan CC. [http://cdkn.org/wp-content/uploads/2012/04/4-Presentacion-PLANCC\\_desayuno-periodistas.pdf](http://cdkn.org/wp-content/uploads/2012/04/4-Presentacion-PLANCC_desayuno-periodistas.pdf).
- Mindreau, M. 2013.** ¿Cómo incorporar Redes de Conectividad a la Planificación Territorial Regional? Experiencia de Cajamarca. Ed. PDRS-GIZ-SERNANP.

**Miyakawa V.; Álvarez J.; Encarnación F.; Cajañahupa, J.; Montreuil V. y Otarola E. 2009.** Diversidad Biológica Amazónica. DOCUMENTO TÉCNICO N° 01- BIODAMAZ, Perú – Finlandia. Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana 75 pp

**MONGABAY. 2012.** Nearly 200,000 homeless after floods in Peru's Amazon region  
<http://news.mongabay.com/2012/0502-peru-amazon-flooding.html>.

**Moss, R.,H., Edmonds, J.,A., Hibbard, K.,A., Manning, M.,R., Rose, S.,K., van Vuuren, D.,P., Carter, T.,R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G.,A., Mitchell, J.,F., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S.,J., Stouffer, R.,J., Thomson, A.,M., Weyant, J.,P., Wilbanks, T.,J. 2010.** The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*. 463(7282):747-56.

**Mountinho, P. & S. Schwartzman. 2005.** Tropical Deforestation and Climate Change. Amazon Institute for Environment Research – Environmental Defense. Washington DC, 131 pp.

**Nakicenovic, N., y R. Swart, (eds.), 2000.** Special Report on Emission Scenarios, pp. 1-599. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

**Nepstad, D. C., C. M. Stickler, B. Soares-Filho & F. Merry. 2008.** Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. *Phil. Trans. R. Soc. Bull.* doi:10.1098/rstb.2007.0036. Published online: [http://www.csr.ufmg.br/~britaldo/Nepstad\\_et al\\_08\\_PTRS.pdf](http://www.csr.ufmg.br/~britaldo/Nepstad_et al_08_PTRS.pdf)

**ONERN. 1982.** Clasificación de las tierras del Perú. Ed. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONERN, Ministerio de Agricultura, Lima.

**Ostrom, E. 2003.** Reformulando los bienes comunes. Pp. 48-77 en Smith R. Ch. & D. Pinedo (Eds.). El cuidado de los bienes comunes. Gobierno y manejo de los lagos y los bosques en la Amazonía. Lima, Ed. IEP.

**Peres, C. 2000.** Evaluating the impact and sustainability of subsistence hunting at multiple Amazonian forest sites. Pp. 31-56 en J. Robinson and E. Bennett (Eds.) *Hunting for Sustainability in Tropical Forests*. Columbia University Press, New York.

**Perfecto, I., Vandermeer, J. 2012.** Separación o integración para la conservación de biodiversidad: la ideología detrás del debate "land-sharing" frente a "land-sparing". *Ecosistemas* 21(1-2):180-191.

**Phelps, J. 2013.** Agricultural intensification escalates future conservation costs. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2013. 110: 19. 7601–7606, doi: 10.1073/pnas.1220070110

**Phillips, O., G. López-González, Y. Malhi, A. Monteagudo, J. Peacock, C. A. Quesada, G. van der Heijden, S. Almeida, I. Amaral, L. Arroyo, G. Aymard, T. R. Baker, O. Bánki, L. Blanc, D. Bonal, P. Brando, J. Chave, A. C. Alves de Oliveira, N. Dávila Cardozo, C. I. Czimczik, T. Feldpausch, M. A. Freitas, E. Gloor, N. Higuchi, E. Jiménez, G. Lloyd, P. Meir, C. Mendoza, A. Morel, D. A. Neill, D. Nepstad, S. Patiño, M. C. Peñuela, A. Prieto, F. Ramírez, M. Schwarz, J. Silva, M. Silveira, A. S. Thomas, H. ter Steege, J. Stropp, R. Vásquez, P. Zelazowski, E. Alvarez Dávila, S. Andelman, A. Andrade, K. Chao, T. Erwin, A. Di Fiore, E. Honorio C., H. Keeling, T. J. Killeen, W. F. Laurance, A. Peña Cruz, N. C. A. Pitman, P. Núñez Vargas, H. Ramírez-Angulo, A. Rudas, R. Salamão, N. Silva, J. Terborgh, A. Torres-Lezama. 2009.** Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest. *Science* 323: 1344-1347.

**Pohlker, C., K. T. Wiedemann, B. Sinha, M. Shiraiwa, S. S. Gunthe, M. Smith, H. Su, P. Artaxo, Q. Chen, Y. Cheng, W. Elbert, M. K. Gilles, A. L. D. Kilcoyne, R. C. Moffet, M. Weigand, S. T. Martin, U. Poschl, M. O. Andreae. 2012.** Biogenic Potassium Salt Particles as Seeds for Secondary Organic Aerosol in the Amazon. *Science*, 337 (6098): 1075 DOI: 10.1126/science.1223264.

**Pöschl, U., S. T. Martin, B. Sinha, Q. Chen, S. S. Gunthe, J. A. Huffman, S. Borrmann, D. K. Farmer, R. M. Garland, G. Helas, J. L. Jimenez, S. M. King, A. Manzi, E. Mikhailov, T. Pauliquevis, M. D. Petters, A. J. Prenni, P. Roldin, D. Rose, J. Schneider, H. Su, S. R. Zorn, P. Artaxo, M. O. Andreae.** 2010. Rainforest Aerosols as Biogenic Nuclei of Clouds and Precipitation in the Amazon. *Science* 17, September 2010: Vol. 329 no. 5998 pp. 1513-1516 DOI:10.1126/science.1191056.

**Pyhälä, A.** 2003. Productive Conservation in Amazonia: Institutions, Participation and Markets. PhD Thesis submitted to the School of Development Studies, University of East Anglia, U.K.

**Quesada, C. A., Lloyd, J., Schwarz, M. (et.al).** 2010. Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. *Biogeosciences*, 7, 1515-1541

**Ronchail, J., Cochonneau, G., Molinier, M., Guyot, JL., Gorette de Miranda Chaves, A., et al.** 2002. Rainfall variability in the Amazon Basin and SSTs in the tropical Pacific and Atlantic oceans. *Int. J. of Clim.* 22: 1663-1686.

**Ronchail, J., Guyot, JL., Espinoza, JC., Fraizy, P., Cochonneau, G., et al.** 2006. Impact of the Amazon tributaries on major floods at Óbidos. 5th FRIEND World Conference - Climate variability and change, Hydrological impacts. IAHS, 11/2006, La Havane (Cuba), 220-225.

**Rosenthal, J.P.** 1999. Drug discovery, economic development and conservation: the international cooperative biodiversity groups – Preface. *Pharm Biol* 37:5–5 CrossRef

**Rosenthal, J.P.** 2006. Politics, culture, and governance in the development of prior informed consent in indigenous communities. *Curr Anthropol* 47:119–142 CrossRef

**SENAMHI.** 2013. Estado de alerta de los ríos amazónicos. Informe Técnico N° 3, 2013. file:///D:/Downloads/INFORME%20TECNICO\_03.pdf

**SENAMHI.** 2007. Escenarios de cambio climático en la cuenca del río Mantaro para el año 2100. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Ministerio de Ambiente. En el marco del proyecto PRAA. 124 pp.

**SENAMHI.** 2009. Escenarios climáticos en el Perú para el año 2030. Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Ministerio del Ambiente. 136 pp.

**SENAMHI, 2011** [Avalos G., Cubas F., Oria C., Díaz A., Quispe N., Rosas G., Solís O.]. Atlas de precipitación y temperatura del aire en la cuenca del río Mantaro. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Ministerio de Ambiente. En el marco del proyecto PRAA. 157 pp.

**SERNANP.** 2009. Plan Maestro de la Reserva Nacional Pacaya Samiria: Para la Conservación de la Diversidad Biológica y el Desarrollo Sostenible de la Reserva Nacional Pacaya Samiria y su Zona de Amortiguamiento. SERNANP, Ministerio del Ambiente, Proyecto Araucaria-AECL, Lima, Perú.

**Shepherd, G.** 2006. El Enfoque Ecosistémico: Cinco Pasos para su Implementación. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. x + 30 pp. <https://portals.iucn.org/library/efiles/edocs/CEM-003-Es.pdf>

**Smith, D Ch.** 2003. Los bienes comunes y su gestión comunitaria: conceptos y prácticas. Pp. 13-30 en D. Ch. Smith & D. Pinedo (Eds.). El cuidado de los bienes comunes. Gobierno y manejo de los lagos y los bosques en la Amazonía. Lima, Ed. IEP.

- Sustainable Environmental News – SEN. 2011.** Two severe Amazon droughts in five years alarms scientists. [http://www.leeds.ac.uk/news/article/1466/two\\_severe\\_amazon\\_droughts\\_in\\_five\\_years\\_alarms\\_scientists](http://www.leeds.ac.uk/news/article/1466/two_severe_amazon_droughts_in_five_years_alarms_scientists)
- Soares-Filho, B.S., Nepstad, D.C., Curran, L.M., Cerqueira, G.C., Garcia, R.A., Ramos, C.A., Voll, E., McDonald, A., Lefebvre, P. & Schlesinger, P.** 2006. Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature*, 440, 520-523.
- Taylor, K.E., 2001.** Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram. *Journal of Geophysical Research*, 106(D7): 7183–7192.
- Terborgh, J., Nuñez-Iturri, G., Pitman, N.C.A; Cornejo, F.H, Alvarez, P, Swamy, V, Pringlle, E.G, Timothy, C.E.** 2008. *Tree recruitment in an empty forest.* *Ecology*, 89(6): 1757–1768.
- UNICEF 2009.** Hoja de datos: Día de los Pueblos Indígenas del Mundo. [http://www.unicef.org.gt/14comunicacion/paquete\\_ninaindigena/pdf/documentos\\_de\\_apoyo/hoja\\_datos\\_pueblos\\_indigenas\\_delmundo\\_unicef.pdf](http://www.unicef.org.gt/14comunicacion/paquete_ninaindigena/pdf/documentos_de_apoyo/hoja_datos_pueblos_indigenas_delmundo_unicef.pdf).
- Uvo, C., Repelli, C., Zebiak, S., Kushnir, Y. 1998.** The relationship between tropical pacific and atlantic SST and northeast Brazil monthly precipitation. *J. of Clim.*, 11:551–562.
- vo, C., Tolle, U., Berndtsson, R. 2000.** Forecasting discharge in Amazon using artificial neural networks. *Int. J. of Clim.*, 20:1495–1507.
- Vera, C., Higgins, W., Amador, J., Ambrizzi, T., Garreaud, R., et al. 2006.** Towards a unified view of the American Monsoon System. *J. Clim.* 19:4977–5000.
- Vieira, S., Trumbore, S., Camargo, P., Selhorst, D., Chambers, J., Higuchi, N., Martinelli, L. 2005.** Slow growth rates of Amazonian trees: consequences for carbon cycling. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* 102, 18502-18507
- Vivanco, J.M, Cosio, E.G., Loyola-Vargas, V.M., Flores, H.E. 2005.** Mecanismos químicos de defensa en las plantas. *Investigación y Ciencia - Scientific American Latinoamérica*, Febrero, 68-75
- Werth, D. & Avissar, R. 2002** The local and global effects of Amazon deforestation. *Journal of Geophysical. Research*, 107, 8087.
- Williams, E., A. Dall'Antonia, V. Dall'Antonia, J. de Almeida, F. Suarez, B., et al. 2005.** The drought of the century in the Amazon basin: An analysis of the regional variation of rainfall in South America in 1926. *Acta Amazonica*, 35 (2), 231–238.
- World Wildlife Fund. 2014.** The Amazon rainforest. [http://wwf.panda.org/about\\_our\\_earth/teacher\\_resources/best\\_place\\_species/current\\_top\\_10/amazon\\_rainforest.cfm](http://wwf.panda.org/about_our_earth/teacher_resources/best_place_species/current_top_10/amazon_rainforest.cfm). Acceso: 27.05.214.
- Xu, L., Samanta, A., Costa, M., Ganguly, S., Nemani, R., Myneni, R. 2011.** Widespread decline in greenness of Amazonian vegetation due to the 2010 drought, *Geoph. Res. Lett.*, 38, L07402, doi:10.1029/2011GL046824.
- Yoon, JH., Zeng, H. 2010.** An Atlantic influence on Amazon rainfall. *Clim. Dyn.* 34: 249-264.
- Zeng, N., Yoon, J., Marengo, J., Subramaniam, A., Nobre, C., Mariotti, A., and Neelin, J. 2008.** Causes and impact of the 2005 Amazon drought. *Env. Res. Lett.*, 3: 99pp.
- Zhou, J. and K. M. Lau. 1998,** Does a monsoon climate exist over South America?, *J Clim.*, 11, 1020-1040.



CNPP/OTCA  
Comisión Nacional  
Permanente Peruana

