



Adaptación a las sequías en la Amazonía: enfoques participativos para fortalecer la perspectiva de las comunidades ribereñas

Ana Carolina Moreira Pessôa^{1, 2*}; Aurora Miho Yanai³;
Mônica Alves de Vasconcelos⁴; Pablo De La Cruz⁵;
Pierre Alvaro Florentín Díaz⁶; Letícia Santos de Lima⁷

¹Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), Brasília, DF, Brasil –
acmoreirapessoa@gmail.com

²Tropical Ecosystems and Environmental Sciences Lab (TREES),
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Brasil

³Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia, Av. André Araújo, 2936, CEP 69067-375,
Manaus, Amazonas, Brasil – yanai@inpa.gov.br

⁴Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Manaus, Brasil –
monica.engbio@gmail.com

⁵Universidad de Concepción, Victor Lamas Concepción, Chile – pdelacruz@udec.cl

⁶Universidad Nacional del Este, Ciudad del Este, Paraguay – pieral@hotmail.com

⁷Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona
(ICTA-UAB), Campus de la UAB, 08193 Cerdanyola del Vallès, Catalunya, Espanha –
leticia.lima@uab.cat

*Autor correspondente: Ana Carolina Moreira Pessôa – acmoreirapessoa@gmail.com

RESUMEN

La Amazonía ha experimentado, en las últimas décadas, eventos de sequía extrema (por ejemplo, 2005, 2010 y 2015/16) en los que los impactos en las poblaciones locales fueron severos: aislamiento de las comunidades debido a restricciones en el transporte fluvial, escasez de alimentos, medicamentos y combustible en zonas rurales, aumento en el precio de insumos importantes, pérdida de cultivos agrícolas, incendios forestales con consecuencias para la salud humana, entre otros. Si bien la estación seca es parte natural de la variabilidad estacional en la disponibilidad de agua, reflejada en los niveles de los ríos y la humedad del suelo, las sequías severas, por otro lado, son períodos en los que el déficit hídrico se presenta de manera exacerbada en intensidad y/o duración y que conlleva consecuencias negativas y graves para los ecosistemas y las poblaciones humanas. Los datos históricos muestran una tendencia creciente en el número de días secos en la región sur de la cuenca amazónica y una tendencia opuesta en la región norte, mostrando que los cambios que está experimentando la cuenca son espacialmente heterogéneos. Las proyecciones climatológicas para la cuenca del Amazonas apuntan a un aumento considerable del área expuesta a sequías moderadas y severas durante los próximos ochenta años, junto con un aumento en la frecuencia de eventos extremos como sequías e inundaciones. En ese sentido, ¿cómo podemos trabajar la adaptación a nivel local? Experiencias participativas con comunidades locales en la región amazónica han demostrado que existen estrategias desarrolladas por la propia comunidad basadas en conocimientos tradicionales que pueden ayudar a enfrentar los impactos de sequías severas. Ilustramos algunas experiencias en el presente trabajo, entre ellas: adaptaciones de alojamiento y transporte, adaptaciones en las actividades agrícolas, la elaboración de un calendario ecológico y sistemas híbridos de gobernanza entre diferentes actores sociales (i.e., líderes comunitarios, científicos y representantes gubernamentales) para enfrentar los extremos climáticos. Al final se presentan recomendaciones que abordan aspectos técnicos y de políticas públicas. Este documento está dirigido a investigadores, docentes, líderes socioambientales, servidores públicos y representantes políticos electos a nivel local, regional y nacional, además de ciudadanos interesados en conocer más sobre la importancia de la percepción de las poblaciones locales en el proceso de adaptación al cambio climático, principalmente las sequías extremas.

Palabras clave: eventos extremos climáticos, impacto, adaptación, conocimientos tradicionales, cambio climático, poblaciones amazónicas.

*Cobra-grande tanta seca estorvou
O prenúncio da Amazônia é savana
Uirapuru, amiúde não cantou
Chora, chora Amazônia*

Letra de la canción "Amazônia Eterna", Tribos Munduruku

Definiciones de sequía y sus percepciones locales y regionales en la Amazonía

1. ¿Qué es la sequía?

La palabra "sequía", en general, corresponde a la falta de agua. Los conceptos y nociones sobre la sequía son complejos y varían según la literatura. La sequía se puede clasificar en: *meteorológica*: cuando hay un índice de precipitación bajo, es decir, cuando llueve mucho menos de lo esperado; *agrícola*, cuando la sequía golpea, a corto plazo, el suelo durante los períodos de crecimiento de las plantaciones; *hidrológico*, cuando hay una reducción en el caudal de los ríos y en los niveles de agua de lagos, embalses y otros cuerpos de agua superficiales, además de alcanzar niveles de agua subterránea; *socioeconómica*, debido a los efectos sobre las condiciones de vida, los bienes económicos y el bienestar humano; y *ambiental*, cuando causa incendios, degradación de la tierra y tormentas de arena (Tonina *et al.* 2009, UNISDR 2009, Stanke *et al.* 2013). En este sentido, la sequía puede definirse como un fenómeno que, aunque recurrente y natural, puede llegar a ser severo (sequía extrema), causando consecuencias negativas a las actividades socioeconómicas de las poblaciones y ecosistemas locales (Alpino *et al.* 2014).

Es común que la estación seca se defina por el régimen de lluvias. La estación seca varía mucho a lo largo de la cuenca del Amazonas. Si definimos la estación seca como los meses consecutivos con precipitación por debajo de la tasa de evapotranspiración, es posible identificar 74 regiones con estaciones secas distintas en el territorio amazónico (Carvalho *et al.* 2021). Esta definición tiene en cuenta el estrés hídrico impuesto al bosque, es decir, si llueve menos que el agua evaporada a la atmósfera desde el bosque, los espejos de agua y el suelo, el bosque pierde más agua de la que repone y, por lo tanto, estaría bajo un estrés hídrico. Esta es una definición técnica, que puede delimitar una estacionalidad que es diferente de la percepción local de la sequía. Sin embargo, es una definición útil para la identificación de eventos extremos, es decir, eventos en los que la estación seca esperada es más intensa y/o duradera de lo normal.

No existe un consenso claro sobre una sola tendencia con respecto a la precipitación histórica en la Amazonía (Marengo 2018), sin embargo, la cuenca del Amazonas ha estado enfrentando cambios en su régimen de lluvias. Algunos estudios indican un aumento en el número de días húmedos en la región norte de la Amazonía en las últimas décadas y un aumento en el número de días secos en la región sur (por ejemplo, Espinoza 2019). Li (2008) encontró evidencia de una reducción en la precipitación en la cuenca en su conjunto equivalente a 0.32% por año. Además de estos cambios observados en las últimas décadas, también hay eventos naturales como El Niño Oscilación del Sur (ENOS) y otros fenómenos de cambios en la temperatura de la superficie del mar (e.g., Océano Atlántico) que causan sequías extremas en algunas partes de la Amazonia (Aragão *et al.* 2007; ; Yoon & Zeng 2010). Es posible identificar al menos cuatro regiones que han experimentado sequías extremas en la Amazonía en las últimas décadas:

1. Suroeste de la Amazonía: La región que incluye partes de Bolivia, Brasil y Perú ha experimentado una de las sequías más severas en la Amazonía en los últimos años. La combinación del cambio climático y la deforestación ha hecho que esta área sea particularmente vulnerable a la escasez de agua y los incendios forestales (Panisset *et al.* 2018);
2. Amazonía oriental: En 2015-2016, una sequía relacionada con El Niño causó daños generalizados a los bosques y plantaciones en la Amazonía oriental (Panisset *et al.* 2018);
3. Zona de transición entre la Amazonia y el Cerrado: área ubicada en el centro de Brasil, en la que se concentra la deforestación. La conversión del bosque en campos agrícolas y pastizales redujo la capacidad del área para retener la humedad, haciéndola más susceptible a la sequía; y
4. Amazonía peruana: región que ha experimentado varias sequías severas en los últimos años, incluida una sequía en 2010 que causó daños generalizados a los bosques y plantaciones (Marengo y Espinoza 2016). La deforestación, la minería y otras actividades humanas han contribuido a la vulnerabilidad de esta zona a las sequías.

También se espera que el cambio climático tenga un impacto significativo en estos fenómenos, aumentando la intensidad, el alcance y la frecuencia de las sequías extremas (Anderson *et al.* 2018). A medida que aumentan las temperaturas y cambian los patrones de lluvia, los ecosistemas amazónicos entran en una situación de estrés hídrico cada vez más intenso, volviéndose más susceptibles a los efectos nocivos de las sequías, como la degradación forestal, que conduce a pérdidas de biodiversidad y mayores emisiones de carbono (Marengo *et al.* 2011;

Duffy *et al.* 2015). Además, algunas áreas de la cuenca que actualmente son menos vulnerables a la sequía pueden volverse más susceptibles. Las implicaciones de estos cambios son potencialmente significativas, ya que los ecosistemas y las comunidades humanas de la Amazonía están adaptadas a los patrones históricos de lluvia, temperatura y régimen fluvial. Los cambios en la distribución espacial de las sequías pueden alterar la distribución de las especies, provocar cambios en los tipos de vegetación (Esquivel-Muelbert *et al.* 2017) y afectar el ciclo hidrológico regional, entre otros impactos que se discutirán con más detalle en este documento. Las sequías también podrían exacerbar las desigualdades sociales y económicas existentes en la Amazonía, ya que algunas regiones pueden tener más recursos y capacidad de adaptación en relación con las sequías que otras (Marengo y Espinoza 2016). En este sentido, la percepción local de los cambios en los regímenes de sequía es fundamental para la elaboración de planes de adaptación y mitigación de sus impactos de manera contextualizada y útil.

2. ¿Cómo se perciben y definen los fenómenos de sequía desde la perspectiva local y regional de la Amazonía?

En la Amazonía, las poblaciones tienen una fuerte conexión con el agua y, por lo tanto, sus vidas están relacionadas con los pulsos de los ríos que suben y bajan. El agua es un agente transformador del modo de vida de la región (Tocantins 2000). Al mismo tiempo, el régimen de lluvias rige las actividades socioculturales en la Amazonía, ya que las aguas modifican el espacio y el paisaje, y este movimiento se llama estacionalidad (Pereira & Oliveira 2012). La estacionalidad de los ríos se describe en cuatro fases: inundación, inundación, refluo y seco. Cada fase de la estacionalidad impone, a su manera, las estrategias de uso e intercambio entre los grupos humanos y la naturaleza, a veces limitando, o poniendo a disposición sus recursos (Figura 1).

Al evaluar el uso de la terminología "sequía" para las poblaciones de la Amazonía, podemos identificar que esto no está relacionado con los desastres, sino como una de las fases de la estacionalidad, como se dijo anteriormente. La fase seca de los ríos está asociada con el período de reducción de las precipitaciones en la región. En la mayor parte de la cuenca amazónica, las poblaciones definen dos estaciones climáticas marcadas por el período de mayor o menor ocurrencia de lluvias, siendo invierno y verano. La intensidad y distribución de la temporada de lluvias, así como la estacionalidad de los ríos, no son homogéneas a lo largo de la cuenca, debido a su extensión (Alves 2013). Sin embargo, con las últimas ocurrencias de eventos climáticos extremos, las poblaciones han notado un aumento en la intensidad y frecuencia de las sequías después de la década de 2000 y han denominado

los eventos de: sequías extremas, grandes sequías, sequías severas, grandes reflujos y / o reflujos extremos (Nascimento 2017; Vasconcelos 2020; Silva 2022).



Figura 1 Sequía en el río Juruá, comunidad Nova União, en la Reserva Extractivista del Río Juruá en la municipalidad de Carauari, Amazonas, Brasil. Agosto de 2022. *Foto: Mônica Vasconcelos (2022).*

Las poblaciones amazónicas desarrollan una serie de actividades socioeconómicas a partir de los recursos naturales de los ríos y el bosque y, por lo tanto, tienen una conexión con el entorno que las rodea. Organizan sus calendarios agrícolas anuales en función de las precipitaciones y los ciclos fluviales y, por esta razón, han notado los cambios de los últimos años (Vasconcelos 2020). En un estudio realizado en el bajo Río Negro, con mujeres, la ocurrencia de eventos de sequía se percibió como:

Hay un cambio en el calendario regular de lluvias y esto contribuye a la ocurrencia de incendios en el bosque, además de que dicen que las grandes sequías dificultan la realización de los trabajos en pesca, agricultura y tala. En grandes sequías la dificultad de acceso trae la necesidad de utilizar canoas más pequeñas. Las grandes sequías están asociadas a períodos de menor pluviosidad y mayor calor, según las comunidades de la Reserva de Desarrollo Sostenible – RDS del Río Negro (Vasconcelos 2020).

Debido a esta dinámica de intercambio con el sistema ambiental, las poblaciones tradicionales ajustan sus formas de vida a una cierta previsibilidad relativa a la estacionalidad de los ríos. Para Fraxe (2004, p. 330), “el río es un factor dominante en la estructura fisiográfica y humana, un *ethos* y un ritmo para la vida regional”. Sin embargo, en 2005, por ejemplo, los residentes de la comunidad ribereña de Terra Nova, ubicada en el distrito de Careiro da Várzea, Amazonas (río Amazonas), fueron sorprendidos por una sequía extrema que dificultó la captación de agua para consumo doméstico y riego, obstaculizando también el flujo de producción y la locomoción de las personas, y especialmente de los niños a la escuela (Nascimento 2017). Además, en años de sequías intensas, las casas flotantes se amontonan en espacios más pequeños y esto puede dañar sus estructuras. En un estudio que buscó evaluar la percepción de las poblaciones ribereñas Madeira, Silva (2022) señaló que, en episodios de sequías anormales, los residentes reportan un aislamiento de las comunidades ribereñas, dejándolas sin acceso a agua potable o peces en lagos y ríos, mayor vulnerabilidad al fuego debido a incendios que pueden llegar a las comunidades. Además del aumento en el costo del combustible, el gas para cocinar y la canasta básica. Según el pueblo indígena Wapichana, que ocupa los valles del río Uraricoera y el río Tacutu en el estado de Roraima, el calentamiento del agua de los ríos ha provocado la migración de los peces, disminuyendo su disponibilidad para alimentarse. Creen que esto es una consecuencia del cambio climático (Alcántara 2019). Aunque los problemas causados por las grandes sequías en la Amazonía son notorios, las percepciones de las poblaciones locales indican que, dependiendo del caso, estas también pueden traer impactos positivos a sus formas de vida, como la mayor disponibilidad de pescado para el consumo debido a su confinamiento en espacios restringidos como lagos.

Finalmente, la percepción del fenómeno de la sequía es bastante plural en la Amazonía. Las poblaciones tradicionales evolucionaron sus prácticas en el contexto de la estacionalidad de las precipitaciones, los ríos y los diferentes

cultivos, reconociendo la conexión entre estas dinámicas. Las lluvias marcan la estacionalidad. La llegada de las lluvias se recibe con campos de cultivo preparados y una dinámica sociocultural que espera la crecida de los ríos y es notorio que, además del contexto sociocultural influenciado por la estacionalidad de los ríos, hay un cambio en el paisaje local debido a la dinámica de las aguas que cubren las tierras (Figura 2). Sin embargo, el cambio climático afecta esta estacionalidad y lo que antes se conocía y era predecible, se convierte en un factor adicional de vulnerabilidad para las poblaciones que viven en estrecha relación con los ríos.

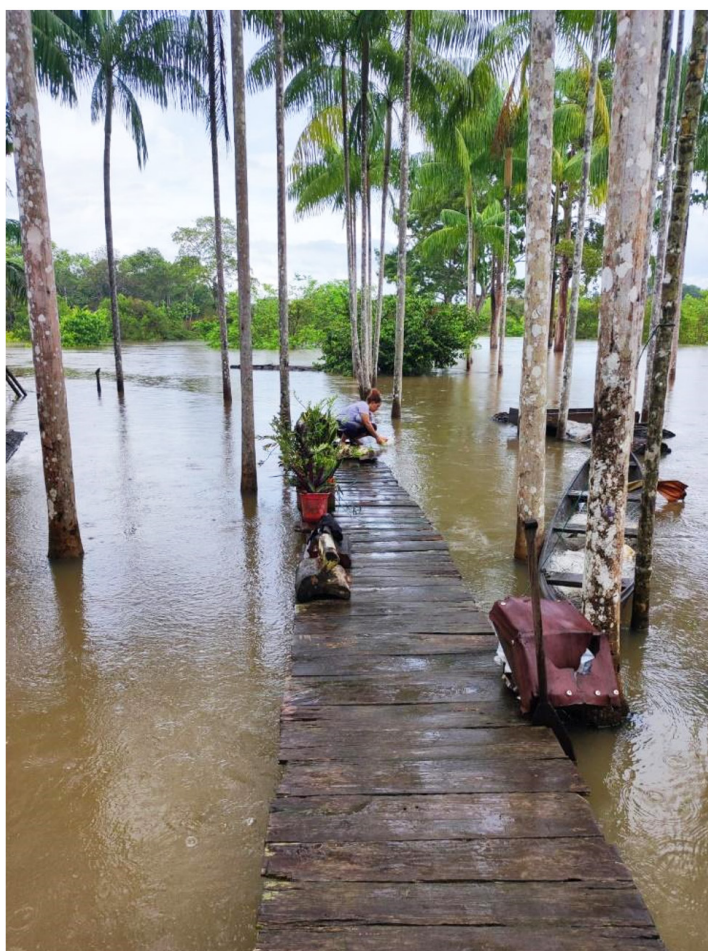


Figura 2 Temporada de lluvias en la comunidad de São Raimundo, en la Reserva Extractivista del Río Juruá en la municipalidad de Carauari, Amazonas, Brasil. Foto: Mônica Vasconcelos (2022).

Cabe señalar que el fenómeno de la sequía en la Amazonía está relacionado con un cambio observado en los ciclos climáticos del calendario ecológico, que, en algunos casos, incluye la prolongación de los periodos de sequía. Estos cambios han provocado que las poblaciones locales reduzcan su capacidad para mantener sus sistemas tradicionales de adaptación socioecológica, cambiando las dinámicas de pesca, caza, siembra, caza y recolección, teniendo que satisfacer las necesidades generadas por la adopción de estilos de vida basados en la dependencia de los mercados y el Estado. Según Moraes y Schor (2010) en algunos ítems de la canasta básica regionalizada existe una variación en el costo según la estacionalidad de los ríos, siendo esta mayor, en periodos de sequías extremas, porque dificultan la llegada de las embarcaciones a ciudades más distantes y especialmente a las comunidades ribereñas, haciendo costoso el flete debido al acceso limitado.

Los escenarios que consideran los fenómenos asociados con la sequía en la Amazonía demuestran como este tipo de eventos pueden afectar negativamente el futuro de la selva y las poblaciones locales (por ejemplo, ribereñas, urbanas e indígenas). Las proyecciones realizadas a partir de modelos climáticos pueden ayudar a los tomadores de decisiones en el desarrollo de acciones para reducir los impactos de las sequías en la Amazonía y contribuir al fortalecimiento de las estrategias de adaptación de las poblaciones locales, especialmente aquellos asociados con sequías severas (Duffy *et al.* 2015). A través de un diagnóstico de las condiciones climáticas observadas en un periodo histórico es posible comprender los mecanismos que dirigen los eventos de sequía en la Amazonía (Nobre *et al.* 2007; Philips y otros 2009; Mu *et al.* 2023). Esta comprensión es esencial para proyectar la ocurrencia de futuros eventos de sequía severa y sus posibles impactos negativos en el bosque y las poblaciones locales en la Amazonía.

Los modelos de predicción climática pueden representar de antemano dónde, cómo y cuándo pueden ocurrir posibles eventos de sequía severa. Por ejemplo, el modelo del Centro de Pronóstico del Tiempo y Estudios Climáticos del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (CPTEC/INPE) logró, con un mes de anticipación, producir indicaciones y condiciones de sequía para los eventos ocurridos en 1998, 2005 y 2010 (Borma & Nobre 2013). A pesar del tiempo, con esta información, las instituciones gubernamentales pueden emitir alertas y proponer medidas de emergencia para reducir los impactos asociados a estos fenómenos, especialmente en áreas que pueden ser altamente afectadas por estos eventos. Con un buen sistema de gobernanza y alerta, la población

local puede, con el apoyo del gobierno, prepararse con anticipación, reduciendo así el daño económico, social y ambiental (Borma y Nobre 2013).

Factores como la deforestación, la degradación forestal por la tala, los incendios forestales, los efectos de los bordes en el bosque, las sequías extremas y la expansión de las áreas urbanas han acelerado el cambio climático y/o intensificado sus efectos locales (Foley *et al.* 2007; Lawrence y Vandekar 2015). Se estima que alrededor de $2,5 \times 106 \text{ km}^2$ (38%) del bosque restante en la Amazonía está degradado, lo que puede reducir la evapotranspiración hasta en un 34% en la estación seca causando importantes perturbaciones en el funcionamiento del bosque, pérdida de biodiversidad e impactos en la forma de vida de las poblaciones locales (Lapola *et al.* 2023).

1. ¿Qué indican las proyecciones climáticas?

Los estudios basados en observaciones climáticas ya han mostrado evidencia en regiones de fuerte presión antrópica en la Amazonía, especialmente en la estación seca, en las próximas décadas. En el futuro, la estación seca puede volverse más intensa y prolongada, al igual que los eventos de sequía severos como los que ocurrieron en 2005 y 2010 pueden ocurrir con mayor frecuencia (Gatti *et al.* 2021; Marengo y otros 2011; Mu *et al.* 2023; Soares y Marengo 2013). Las proyecciones climáticas en la región amazónica también han demostrado que la tendencia es que el clima se vuelva más seco y cálido en el futuro (Marengo *et al.* 2010). Según un modelo de probabilidad de ocurrencia de eventos de sequía como el de 2005, la ocurrencia de este tipo de eventos fue de 1 cada 20 años en el pasado, pero puede aumentar llegando a 9 cada 10 años hasta 2060 (Cox *et al.* 2008). Por otro lado, algunas regiones de la Amazonía pueden enfrentar grandes inundaciones con mayor frecuencia en el futuro cercano (Duffy *et al.* 2015).

Estudios que consideran escenarios de deforestación indican que el aumento del área deforestada en la Amazonía puede contribuir a un aumento en el número de días con déficit hídrico en la región suroeste, particularmente en las cuencas de los ríos Juruá y Purús, debido a cambios en la precipitación (Lima *et al.* 2014). Estos y otros cambios hidroclimatológicos proyectados a partir de estudios con modelos y escenarios se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1 Cambios hidroclimatológicos esperados para la cuenca amazónica según algunos estudios que utilizan simulaciones con modelos y escenarios de cambio climático.

Área de estudio	Cambios diseñados por los modelos	Referencia
Cuenca del Amazonas	El tamaño del área actualmente afectada por sequías moderadas se duplicará para el año 2100. Además, el área afectada por sequías severas se triplicará y habrá una tendencia al alza en la precipitación anual promedio en la parte occidental de la cuenca.	Duffy <i>et al.</i> (2015)
Cuenca del Amazonas	Los eventos de sequía extrema como el de 2005 podrían ocurrir 9 veces cada 10 años para 2060.	Cox <i>et al.</i> (2008)
Amazonía Occidental	Los eventos de inundaciones extremas ocurrirán con mayor frecuencia después de 2040.	Duffy <i>et al.</i> (2015)
Amazonía Occidental	Aumento de la temperatura media anual del orden de 6°C en la Amazonía occidental, que puede tener un aumento de hasta 8°C durante la estación seca.	Marengo <i>et al.</i> (2010)
Cuenca del Amazonas y otras 23 cuencas a lo largo de los continentes	A finales del siglo XXI, los flujos anuales promedio disminuirán en los afluentes del sur de la cuenca del Amazonas. Se prevé que los caudales estacionales aumenten más en la temporada de inundaciones y disminuyan aún más en la estación seca, es decir, aumenten la amplitud de los caudales a lo largo del ciclo anual.	Nakaegawa <i>et al.</i> (2013)
Amazonía Oriental	Es probable que el estrés hídrico durante la estación seca aumente en el este de la Amazonía en el transcurso del siglo XXI. Varios factores contribuyen a esto, incluyendo: el aumento de la temperatura y las tasas de evapotranspiración, el aumento de la deforestación y la degradación forestal.	Malhi <i>et al.</i> (2009)
Cuenca del río Madeira	Los escenarios diseñados a través de modelos hidrológicos utilizando proyecciones de cambio climático indican una reducción en el régimen de flujo mínimo en la cuenca del río Madeira. En presencia de cambio climático y deforestación combinados, las proyecciones sugieren una reducción en los caudales mínimos en la parte superior de la cuenca, y cambios en los caudales, en general, a lo largo del año hidrológico en la parte inferior de la cuenca.	Siqueira Júnior <i>et al.</i> (2015)

Por lo tanto, la vulnerabilidad de la Amazonía y sus habitantes al cambio climático está relacionada con la variabilidad climática observada en las últimas décadas y el impacto causado por el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, cuyas actividades antropogénicas relacionadas con la degradación y deforestación del bosque restante son vectores importantes. Los estudios indican que el aumento de la deforestación en los últimos años y la intensificación de la estación seca causan un aumento en la ocurrencia de incendios y emisiones de carbono, especialmente donde el ecosistema ya está bajo estrés hídrico, como la parte oriental de la Amazonía (Gatti *et al.* 2021). Por lo tanto, los modelos de proyección que relacionan el efecto de la deforestación con la variabilidad temporal y espacial de la estación seca a diferentes intensidades en toda la región amazónica pueden representar de una manera más refinada los impactos futuros asociados con los cambios en el uso de la tierra y la cobertura del suelo en la Amazonía (Staal *et al.* 2020). Es importante enfatizar que los modelos son simplificaciones de la realidad, por lo tanto, todas las proyecciones climáticas tienen incertidumbres y limitaciones, ya que no es posible representar toda la complejidad del sistema climático y los cambios en el uso y la cobertura de la tierra asociados con la pérdida de bosques en un modelo (Soares & Marengo 2013).

La selva amazónica juega un papel clave en el mantenimiento del clima global, sin embargo, con el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, la deforestación y los incendios forestales, los ecosistemas amazónicos son más susceptibles al cambio climático global (Albert *et al.* 2023; Marengo y Souza Jr. 2018). Esto tiene un gran efecto en las poblaciones amazónicas que dependen de los recursos forestales. El riesgo de cambio climático para estas poblaciones es enorme. Por lo tanto, es esencial fortalecer la percepción local sobre las mejores formas de adaptarse al cambio climático. Esto se puede hacer asociando las estrategias basadas en el conocimiento tradicional y local de los residentes amazónicos sobre eventos extremos de sequía, con estudios científicos de predicción climática que muestran las posibles trayectorias de cambios en la cuenca amazónica.

Impacto de las sequías en las poblaciones locales

Los ríos son las principales rutas de transporte para gran parte de la población amazónica, siendo esenciales en prácticamente toda la cuenca, así como fundamentales para la economía local, a través del transporte de diversos bienes de consumo. El transporte acuático (también llamado transporte fluvial) es

particularmente esencial en regiones donde no hay acceso por carretera o donde las carreteras no están en buenas condiciones, especialmente durante los períodos de lluvia, cuando muchas carreteras se vuelven inadecuadas para el tráfico. Por lo tanto, viajar a través de los ríos es parte de la vida cotidiana, los medios de vida y la cultura de muchas poblaciones amazónicas, especialmente las ribereñas (David 2019). Las sequías extremas pueden causar grandes problemas de movilidad y accesibilidad, ya que hay una reducción considerable en los niveles de agua de los ríos (Pereira *et al.* 2021; Lima *et al.* 2023). Los buques requieren una profundidad mínima para el tráfico a través de ríos y arroyos. Si el nivel del agua es demasiado bajo, los buques pueden encallar en bancos de arena o dañarse al chocar con rocas y grava del lecho del río expuesto durante la sequía. Cuando la sequía es muy intensa, los barcos pueden quedar encallados en el propio puerto, sin forma de salir (Kolanski *et al.* 2021). Además, incluso cuando los barcos todavía son accesibles, la sequía puede hacer que los pasajeros tengan que caminar a lo largo de los bancos de arena que se forman entre el puerto y el punto de anclaje de los barcos. Todo esto causa muchas dificultades en el transporte acuático (Lima *et al.*, *en prep.*).

Cuando los barcos logran hacer los viajes durante sequías intensas, todavía encuentran muchas dificultades hasta su destino. Los barcos pesados y grandes deben ser reemplazados por barcos más ligeros que dependen de menos profundidad. Sin embargo, estos barcos también suelen tener una capacidad reducida para transportar pasajeros y carga. Por lo tanto, para transportar la misma cantidad de mercancías o pasajeros se requieren varios viajes y esto puede aumentar el costo del transporte. Además, debido al riesgo de accidentes, los viajes deben realizarse más lentamente y, a menudo, con rutas en zigzag para esquivar los obstáculos. Con el aumento del riesgo de accidentes, es común que las autoridades que controlan establezcan restricciones de navegación, ya sea en relación con el calado máximo de la embarcación, o en relación con los horarios y tiempos permitidos para el tránsito (Lima *et al.*, *en prep.*).

El transporte acuático es fundamental para innumerables comunidades amazónicas en lo que respecta al acceso a bienes de consumo, como alimentos, ropa, tecnología, medicamentos, así como electrodomésticos y materiales de construcción. Por esta razón, durante las sequías severas, el suministro de bienes de consumo puede verse muy comprometido, lo que puede conducir a un aumento de los precios, además de causar escasez temporal de comunidades enteras (Pinho *et al.* 2015; Pereira *et al.* 2021; Smith 2022). Esto es particularmente alarmante cuando se refiere a bienes de consumo inmediato de gran importancia, como alimentos y medicamentos (Marengo *et al.* 2013). La

sequía severa no solo conduce a la escasez, sino que también obstaculiza el flujo de producción agrícola en las comunidades rurales. En algunas ocasiones, las comunidades pueden perder toda la producción de un cultivo debido a la dificultad de transporte a los centros regionales de consumo o intermediarios que venden los productos (Lima *et al.* 2023).

Las sequías severas también afectan la pesca, la caza, el corte y la agricultura y el extractivismo. Cuando ocurren sequías intensas, las especies que habitualmente son pescadas o cazadas pueden ver alterada su dinámica de comportamiento, o incluso sufrir una reducción en su abundancia debido a la escasez de alimentos en el medio ambiente o cambios ecológicos resultantes de la sequía (Pinho *et al.* 2015). En lagos y arroyos, el calor y los bajos niveles de agua pueden provocar la muerte de peces debido al efecto sobre la calidad del agua. Sin embargo, dependiendo de la intensidad del evento de sequía, en algunas regiones amazónicas, puede ocurrir lo contrario, es decir, la pesca puede ser facilitada, debido a que el nivel reducido del agua proporciona la concentración de bancos de peces en espacios más pequeños. Sin embargo, con bajos niveles de agua, el desplazamiento de quienes practican la pesca, la caza o el extractivismo puede verse comprometido, dificultando el acceso a los recursos. Dependiendo de la intensidad del evento de sequía, las actividades de corte y quema también pueden verse afectadas. Esto se debe a que, durante las sequías severas, la cantidad de agua almacenada en los suelos puede reducirse intensamente y provocar la pérdida de la siembra. La sequía también puede afectar la germinación de las plantas y retrasar los programas de cosecha.

El combustible es otro producto importante cuyo acceso se reduce durante las sequías severas (Pinho *et al.* 2015). Varios sectores de la economía local se ven perjudicados por esta escasez, dado que el combustible no solo es estratégico para el transporte local y regional, sino también para la generación de energía. Muchas comunidades en regiones más remotas de la Amazonía no están conectadas a las redes de transmisión eléctrica y, por lo tanto, dependen de generadores diesel para usar electrodomésticos en el hogar y en negocios locales, así como en escuelas y unidades de salud. Los refrigeradores y congeladores son esenciales para almacenar alimentos perecederos, como carne y pescado, y algunos medicamentos, como vacunas e insulina. Por lo tanto, en ausencia de electricidad, durante la escasez de combustible debido a una sequía severa, muchas comunidades pueden perder productos perecederos (Lima *et al.*, *en prep.*).

Una sequía severa también puede conducir a una restricción considerable del acceso a servicios de gran importancia para la población, como la salud y la educación. Las situaciones que involucran diversos accidentes, embarazo y

parto, enfermedades crónicas, cuidado de recién nacidos y ancianos pueden empeorar debido a la dificultad en el transporte (Garnelo *et al.* 2020). Los viajes reducidos y más lentos afectan la llegada de pacientes a los establecimientos de salud, agentes de salud, enfermeras y médicos a los hogares de las familias afectadas (Lima *et al.*, *en prep.*). Del mismo modo, el acceso a las escuelas se ve obstaculizado durante el período de sequías intensas, debido a la discontinuidad y los retrasos en el calendario escolar. Todos los materiales de los que dependen los estudiantes también se vuelven escasos, comprometiendo el progreso de las clases.

Finalmente, otro desafío importante que plantean las sequías severas es el aumento de los incendios forestales debido a la baja humedad del aire y del suelo y el aumento en el número de árboles muertos. Los incendios forestales rara vez pueden ser de origen natural, pueden ocurrir por actividades ilegales en el bosque o por el uso incontrolado del fuego en campos agrícolas y pastizales. Estos eventos causan grandes problemas a las poblaciones amazónicas, aumentando la incidencia de problemas respiratorios, lo que afecta principalmente la salud de niños, ancianos y personas con problemas crónicos (Marengo *et al.* 2013). Los incendios forestales causan daños económicos, dificultan el transporte aéreo y fluvial cuando el humo reduce la visibilidad durante los trayectos, y daña infraestructura como casas y zonas de cultivo.

Estrategias de adaptación basadas en el conocimiento local y enfoques participativos para hacer frente a las sequías

La adaptación al cambio climático se refiere al “proceso de ajuste al clima actual o esperado y sus efectos, con el objetivo de reducir el daño o aprovechar las oportunidades beneficiosas” (IPCC 2018). En el presente trabajo, nos referimos a ajustes relacionados con eventos de sequía extrema en la Amazonía. La adaptación puede clasificarse, según su intencionalidad, en planificada o espontánea (Lindoso; Rodrigues Filho 2016). Según Smit *et al.* (2000), las “adaptaciones planificadas” son aquellas realizadas por los gobiernos, generalmente a través de políticas públicas, mientras que las “adaptaciones espontáneas”, como su nombre lo indica, son autónomas y/o reactivas, y estas son, por ejemplo, las realizadas por las poblaciones rurales de la amazonia. Muchas de estas adaptaciones se realizan en ausencia de acciones gubernamentales, principalmente

gracias al protagonismo y resistencia de estas poblaciones en escenarios de cambio climático.

Algunas propuestas de adaptación a los fenómenos de sequía se basan en innovaciones que integran el conocimiento de las poblaciones locales con el conocimiento científico. Muchas de estas propuestas se basan en experiencias participativas en las que se implementaron prácticas que, con relativo éxito, abordaron la resolución de problemas técnicos de adaptación y anticiparon medidas de mitigación para sequías severas en la Amazonía. En este sentido, muchas organizaciones no gubernamentales (ONG), agencias gubernamentales, movimientos sociales, universidades e institutos de investigación están liderando experimentos con resultados importantes para la adaptación y mitigación de los efectos que la sequía puede tener sobre la alimentación, la salud y el bienestar de los pueblos indígenas (Abdenur *et al.* 2019). Ilustramos algunas experiencias en el presente trabajo, entre ellas: adaptaciones de alojamiento y transporte, adaptaciones en las actividades agrícolas, la elaboración de un calendario ecológico y sistemas híbridos de gobernanza entre diferentes actores sociales (i.e., líderes comunitarios, científicos y representantes gubernamentales) para enfrentar los extremos climáticos.

1. *Adaptaciones de vivienda y transporte*

Comenzamos con el caso de la Comunidad Lago do Catalão, que está ubicada en el municipio de Iranduba, en la confluencia de Río Negro y Río Solimões. En esta comunidad, debido al fenómeno de las “tierras caídas”, que es el proceso fluvial provocado por la acción de los ríos, y fuertemente intensificado por los extremos hidrológicos (Guimarães *et al.* 2019), todas las casas, así como la escuela local, están construidas sobre troncos de árboles que sirven como estructuras flotantes de apoyo, de tal manera que las edificaciones se adaptan a la estacionalidad de los niveles de agua (Menin 2021). Debido a la intensificación de los deslizamientos de tierra en la comunidad, a partir de 2007, los residentes comenzaron a trasladarse a tierra firme, p ya que los cimientos y las vigas de las casas flotantes a menudo se dañan y necesitan ser reemplazadas (Guimarães *et al.* 2019; Menin 2021).

Durante sequías intensas, el curso de agua principal está muy lejos de las casas y para facilitar el acceso al agua, se utilizan bombas hidráulicas. Además, se construye una represa temporal, hecha con sacos de arena, en el lago Catalão para evitar que el agua se drene completamente hacia el lecho principal (Menin 2021). Una adaptación importante para destacar en esta comunidad en relación con las fluctuaciones en los niveles de agua ocurre en las instalaciones de ocio,

principalmente para jugar fútbol, una práctica común en la Amazonía, y que en la Comunidad Catalão se ha vuelto a llevar a cabo en canchas construidas sobre troncos flotantes (Vasconcelos 2020).

En el bajo Río Negro, las adaptaciones realizadas en años de fuerte sequía están asociadas principalmente al transporte por los ríos mediante canoas menores que se utilizan para actividades productivas (extracción de madera, agricultura, pesca, extractivismo y caza), el acceso a la escuela, los servicios de salud y el ocio. Además, a lo largo de los años se han construido pozos artesianos debido a la dificultad de acceso al agua (Vasconcelos 2020). El uso de embarcaciones más pequeñas durante sequías severas es una adaptación frecuente en muchas partes de la Amazonía, ya que permite el tránsito por ríos y arroyos con niveles de agua muy bajos, lo que no sería factible utilizando embarcaciones más grandes. Sin embargo, como estas embarcaciones tienen menor capacidad, se necesitan más viajes para transportar la misma cantidad de carga o personas (Lima *et al.*, *en prep.*).

Respuestas similares fueron identificadas en el trabajo de Nascimento (2017), sin embargo, en la comunidad de Lago do Rei, la adaptación más destacada es la vivienda, ya que, en sequías severas, las casas flotantes tradicionales necesitan ser trasladadas a áreas que todavía tienen agua y esto no siempre es posible. Además, este espacio más restringido deja las casas en riesgo de colisión con otras o con embarcaciones. Nascimento (2017) describe una alternativa de casa flotante sobre boyas de tambor de plástico, que no necesita ser movida en sequías extremas y que tiene un precio más asequible en comparación con las casas flotantes tradicionales construidas sobre troncos de açacu (*Hura crepitans* L.). En la cuenca del río Madeira, se produjo una interesante adaptación en relación con la logística del tránsito de los buques: las poblaciones locales cambiaron sus horarios de flujo de producción en años de extrema sequía, ya que el evento ocurre en el mismo período del verano amazónico con altas temperaturas y debido a la formación de largas playas, el movimiento de los comuneros hacia las embarcaciones se ve dificultado por el malestar térmico, por lo que se realiza en horas de la tarde (Silva 2022).

2. Estrategias agrícolas

Entre las diversas estrategias de adaptación al cambio climático en la Amazonía, se encuentran aquellas que buscan enfrentar los impactos en la agricultura. Aquí informamos sobre algunas experiencias participativas que ilustran los esfuerzos realizados por diferentes grupos sociales para promover la conservación del suelo, para ajustar los tiempos de cosecha al cambio climático, así como

otras acciones para proteger las prácticas agrícolas tradicionales con el apoyo de la ciencia.

Comenzamos con el caso de colaboración entre científicos e indígenas en acciones para enriquecer suelos en sistemas de chagra. Chagra es un sistema agroforestal ancestral practicado por comunidades tradicionales de la región amazónica y andina, de origen indígena, basado en conocimientos tradicionales (Marentes *et al.* 2022). Una posible aproximación en portugués sería “roçado” o “roça” tradicional. Este sistema de agricultura rotacional se practica principalmente en países como Ecuador, Colombia y Perú e integra una serie de actividades que favorecen a la vez la producción de alimentos y la biodiversidad. Es importante señalar que, cuando es realizada por poblaciones tradicionales, su impacto sobre el bosque es mínimo en comparación con la agricultura moderna, en la que la tala y quema se realiza en grandes extensiones, siendo así un vector de deforestación y una práctica insostenible.

El enriquecimiento de suelos en chagras es un tema importante en algunas regiones de la Amazonía, debido a las condiciones climáticas adversas. La sequía es uno de los mayores desafíos que enfrentan los agricultores de la Amazonía, ya que puede afectar seriamente la productividad de sus cultivos (UN Periódico 2022). Los períodos cambiantes de sequía y lluvia dieron como resultado cambios en las actividades de tala y quema en el sistema chagra (UN Periódico 2022). En el caso de comunidades cercanas a la ciudad de Leticia, en la Amazonía colombiana, el enriquecimiento de suelos a través de prácticas agroecológicas ha demostrado ser una forma efectiva de mejorar la productividad de los cultivos en chagras y aumentar su resiliencia ante eventos de sequía. Estas prácticas incluyen la rotación de cultivos, el uso de fertilizantes orgánicos, prácticas de conservación de suelos y diversificación de cultivos.

Además, el monitoreo y la evaluación continuos de las condiciones del suelo y los rendimientos de los cultivos son esenciales para garantizar el éxito a largo plazo del enriquecimiento del suelo en la Amazonía. La participación activa de las comunidades tradicionales en este proceso es fundamental para asegurar la implementación efectiva y sostenible de las prácticas agroecológicas (UN Periódico 2022). Por ejemplo, grupos indígenas del sur y oriente de la Amazonía colombiana, en el interfluvio Caquetá-Putumayo (Uitoto, Muinane, Nonuya) y en el trapezio amazónico colombiano (Ticuna y Cocama) han implementado prácticas de fertilización y enriquecimiento de suelos para la horticultura.

Las chagras tradicionales tienen una vida útil limitada, que dura solo unos pocos años, antes de ser abandonadas temporalmente y convertidas en áreas de barbecho para la recuperación de las condiciones locales. Aunque el sistema

forestal itinerante se beneficia del proceso de sucesión ecológica para reponer los nutrientes del suelo durante el período de barbecho, las poblaciones tradicionales no están acostumbradas a las prácticas de enriquecimiento del suelo adoptadas en otras regiones. Para incentivar el enriquecimiento de suelos en chagras, la idea de compostaje y prácticas de mantenimiento de suelos fueron promovidas por el Instituto Sinchi, una institución gubernamental en Colombia, en el trapezio amazónico y el río Igaraparana (región Caquetá-Putumayo). Recomiendan no quemar el bosque, sino sembrar en campos existentes, manteniendo la productividad y agregando fertilizantes naturales (cenizas, madera podrida, etc.). Este sistema está siendo implementado en sus primeros pasos y sus resultados aún están por verse. Esto requiere una dedicación mucho más intensa a la horticultura, que compite con el tiempo disponible para otras actividades de subsistencia (UN Periódico 2022).

Seguimos con otros casos: un ejemplo de cómo se tratan los suelos para el cultivo de plantas medicinales aromáticas y de condimentos en traspatios agroforestales y quemas en áreas de planicies inundables lo reporta Chagas (2011) en dos comunidades ubicadas en la margen izquierda del río Solimões: São Francisco y Santa Luzia do Baixo. Están ubicados en el Distrito de Careiro da Várzea, microrregión de Manaus en el estado de Amazonas. En estas comunidades, el cultivo se realiza en el suelo durante la estación seca y en camas elevadas durante la crecida del río. Así, cuando se acerca el período de inundaciones, el suelo fertilizado en el suelo se traslada a las camas elevadas donde se realiza la siembra (Chagas 2011). Para la fertilización del suelo, se utilizan fertilizantes químicos y orgánicos como estiércol de aves y ganado, cenizas de material orgánico quemado (p. ej., madera, ramas y hojas) y restos de prácticas culturales que ayudan a la fertilización del suelo (Chagas 2011).

Un estudio reciente de Silva (2022) describe estrategias de adaptación de sistemas de cultivo realizadas por habitantes de cuatro comunidades ribereñas en la Reserva de Desarrollo Sostenible Río Madeira, en el municipio de Novo Aripuanã, Amazonas. Estas estrategias de adaptación fueron necesarias debido a la alta tasa de mortalidad observada en cultivos frutales, arbóreos y de ciclo corto (Silva 2022). La primera estrategia se refiere al cultivo en zonas más altas del terreno, ya que, en general, no se ven afectadas por los efectos de la deposición de sedimentos y suelos arenosos. La segunda estrategia se refiere a la forma de plantar la maniva (yuca) y aumentar la profundidad del hoyo. Los residentes comenzaron a sembrar maniva verticalmente y aumentaron la profundidad del hoyo en 20 cm para sembrar banano (Silva 2022).

3. Calendario Ecológico

Desde hace treinta años, las organizaciones indígenas, con el apoyo de ONG y organismos estatales, han venido impulsando la sistematización de los saberes agrícolas, climáticos y culturales a través de lo que en la Amazonía colombiana y peruana se ha denominado “calendario ecológico”. Estas iniciativas apuntan a fortalecer la investigación comunitaria y el autogobierno de las organizaciones locales, indígenas y comunitarias. A través del enfoque de “diálogo de saberes”, se representa en el calendario ecológico el conocimiento de los cambios ecosistémicos en los ciclos bioculturales, climáticos y estacionales (Echeverri 2009).

El calendario ecológico es un concepto que se adoptó para describir el conocimiento sobre el uso y manejo de la naturaleza y los sistemas productivos de las comunidades indígenas. Se considera un proceso participativo, impulsado por la comunidad, inducido por la acción de líderes indígenas, investigadores, funcionarios gubernamentales y activistas interesados en generar experiencias de aprendizaje en las que se recopilen y organicen conocimientos ecológicos indígenas y científicos sobre animales, plantas, suelos y paisajes.

En la academia y las instituciones, el calendario ecológico se llama así porque ha sido la forma en que ha sido representado por las contribuciones del conocimiento occidental, tanto de forma gráfica como escrita. La herramienta también se utiliza en los programas de Educación Indígena, que, en el caso de Ciencias Naturales, han estructurado planes de estudio bajo parámetros de gestión de grupos indígenas (proceso que la organización *Cabildo Indígena Mayor del Tarapacá*, CIMTAR, viene realizando en la Amazonía colombiana), que busca poner al mismo nivel el conocimiento científico y el tradicional, sin que uno se superponga al otro (De La Cruz 2013).

Los calendarios ecológicos también se han implementado en la Amazonía como estrategia local de adaptación al cambio climático. En el sur de la Amazonía colombiana, los resultados de estas reflexiones establecieron dos dimensiones para el tratamiento del tema: por un lado, cómo se entienden o interpretan los fenómenos asociados al cambio climático desde las tradiciones culturales y, por otro lado, las valoraciones del impacto de estos cambios en las actividades cotidianas de las comunidades (Lasprilla 2015).

El calendario ecológico (Figura 3) se basa en el conocimiento tradicional de las comunidades indígenas y la investigación científica y se utiliza para anticipar la disponibilidad esperada de recursos naturales en la región según la estacionalidad local. Por ejemplo, se utiliza para predecir los mejores momentos para la

caza, la pesca, la recolección de frutas y la siembra. El calendario también se utiliza para promover la gestión sostenible de los recursos naturales, fomentando la conservación y la sostenibilidad a largo plazo. Al utilizar el conocimiento y la ciencia locales, el calendario ecológico se convierte en una herramienta importante para ayudar a las comunidades a tomar decisiones informadas y proteger la biodiversidad y los recursos naturales de la región.

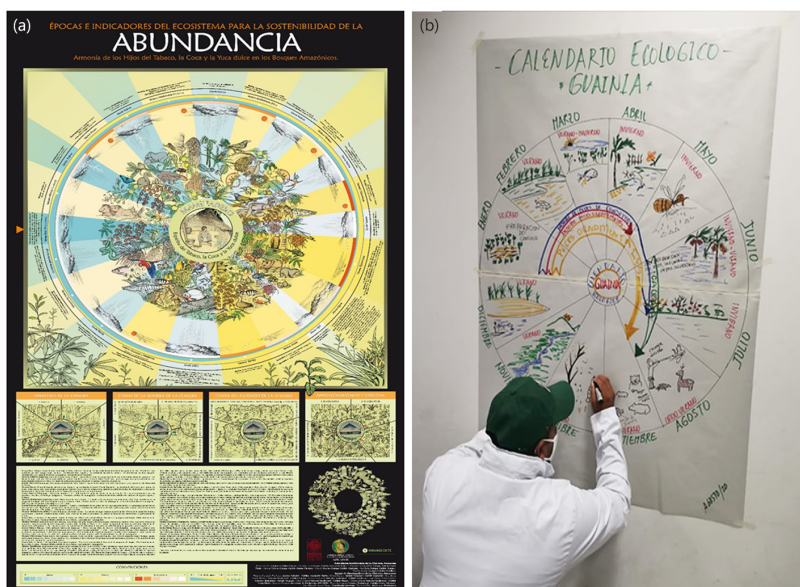


Figura 3 (a) Calendario de Abundancia de etnias en la región central de la Amazonía colombiana. Fuente: Instituto Sinchi (2012). (b) Elaboración del Calendario Ecológico en la escuela de formación de OPIAC. Fuente: OPIAC (2018).

4. Gobernanza híbrida

Los modelos actuales de gobernanza ambiental están adoptando cada vez más propuestas comunitarias, basadas en el conocimiento local y la práctica tradicional. En el suroeste de la Amazonía, más específicamente en la región MAP¹, se realiza desde hace más de una década un experimento, conocido como Iniciativa MAP, que adopta un enfoque híbrido de gobernanza ambiental que combina las perspectivas de las comunidades locales, el conocimiento científico y la participación del Estado, con este último proporcionando recursos públicos para apoyar la gobernabilidad local (Perz *et al.* 2008).

1. La región MAP comprende el departamento de Madre de Dios (Perú), el estado de Acre (Brasil) y el departamento de Pando (Bolivia).

La Iniciativa MAP es una red trinacional que nació de la interacción entre científicos, líderes comunitarios y representantes gubernamentales y el reconocimiento de que las soluciones a los desafíos transfronterizos, como las amenazas ambientales y el cambio climático, requieren una planificación ambiental integrada (Rioja 2005). La iniciativa cuenta con varias organizaciones en cada país miembro, que sirven como nodos en una red más amplia de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales y comunidades, con el objetivo principal de identificar y defender colectivamente estrategias para mitigar los impactos ambientales (Brown *et al.* 2002). El éxito de la iniciativa en sus acciones iniciales dio lugar a grupos de trabajo, denominados mini-MAP, con objetivos específicos.

La sequía ocurrida en 2005, seguida de las inundaciones de 2006 en el suroeste de la Amazonía, que afectaron principalmente al estado de Acre (Brasil) y al departamento de Madre de Dios (Perú), provocaron cuantiosos daños materiales y graves problemas de salud debido al humo resultante y el aumento de las quemaduras e incendios forestales (Perz *et al.* 2022). La sequía prolongada provocó la quema de más de 300 000 ha de bosque en el sudoeste de la Amazonía y pérdidas económicas directas por al menos 50 millones de dólares estadounidenses (Brown *et al.* 2006). En respuesta a estos eventos, la Iniciativa MAP ha tomado medidas para mejorar la gobernanza en la respuesta a los desastres naturales y la adaptación al cambio climático. Uno de ellos fue la creación de un grupo de trabajo sobre gestión de riesgos llamado “Mini-MAP Gestão de Risco” (MMGR), con el objetivo de mejorar la preparación para eventos climáticos extremos (Perz *et al.* 2022).

A través de este grupo de trabajo, se establecieron foros públicos regulares para discutir acciones de planificación ambiental regional participativa, involucrando a participantes de universidades regionales, ONG, gobiernos locales y algunos ministerios nacionales, así como autoridades de defensa civil, incluidos bomberos y militares (Perz *et al.* 2022). Los foros públicos establecieron espacios de diálogos participativos, que permitieron el intercambio de experiencias y con el objetivo de coproducir conocimiento sobre la gestión futura del riesgo para ser utilizado como base para la acción en términos de preparación para responder a las sequías. Además de foros, esta coproducción de conocimiento y preparación de respuesta también incluyó visitas periódicas a comunidades en zonas de alto riesgo, con el fin de discutir experiencias y coordinar planes de emergencia (Perz *et al.* 2022). La continuidad del grupo de trabajo de MMGR se basó en la formación de capacidades regionales, junto con los socios de la iniciativa, durante eventos extremos, para coordinar respuestas de emergencia utilizando datos en tiempo real sobre precipitaciones y condiciones hidrológicas del sistema de alerta temprana (Perz *et al.* 2022).

Otra iniciativa que en los últimos años ha contribuido al sistema de alerta temprana en la región MAP y a la construcción de capacidades para la mitigación y adaptación al cambio climático en el suroeste de la Amazonía es el proyecto MAP-Fire (plan de adaptación multiactor para enfrentar el aumento del riesgo de incendios forestales²) que cuantifica el riesgo de incendios en la región MAP y estudia la interacción entre los impactos potenciales y la gestión del riesgo (Anderson *et al.* 2020). Dos productos principales son el resultado de este proyecto: (i) la plataforma de gestión de riesgos e impactos de incendios forestales³, con monitoreo en tiempo real y disponibilidad de datos geoespaciales que pueden apoyar las actividades de los técnicos y tomadores de decisiones, y (ii) el libro “É Fogo!”⁴, escrito para la comunidad escolar y con el objetivo de incluir el tema del fuego en el currículo (Anderson *et al.* 2020). Ambos productos fueron coproducidos con actores sociales interesados a través de talleres y capacitaciones, lo que permitió adaptar el contenido a las necesidades y particularidades locales. El proyecto MAP-Fire es un ejemplo de diálogo entre la ciencia y la sociedad, una acción esencial para la gobernanza del riesgo de desastres que trasciende fronteras, ya sean políticas, ambientales o disciplinarias (Anderson *et al.* 2020).

Consideraciones finales

Este trabajo arroja luz sobre la relevancia del tema de las sequías severas en la Amazonía, explorando tanto las definiciones científicas como las percepciones locales sobre este fenómeno. El impacto de las sequías extremas en los medios de vida y el bienestar de las comunidades locales en la Amazonía ya es evidente, tal como se reporta en la literatura en relación con eventos extremos recientes. Las proyecciones climáticas indican que el escenario podría volverse aún más desafiante si no se hace nada para contener el avance de la deforestación y la degradación de la selva amazónica. Las proyecciones también muestran la importancia de adoptar medidas urgentes para reducir los impactos negativos del cambio climático en las poblaciones locales y el bosque.

En este contexto, el conocimiento científico y la experiencia de las comunidades locales deben combinarse para fortalecer las estrategias de adaptación al cambio climático en la región amazónica. Las experiencias participativas exploradas en este trabajo sugieren posibles formas de adaptación y mitigación de

2. El acrónimo MAP-Fire en el original en inglés significa: Plan de Adaptación de Actores Múltiples para hacer frente a los Bosques bajo un Riesgo Creciente de Incendios Extensivos.

3. Se puede acceder a la plataforma en <http://terrama.cemaden.gov.br/griif/mapfire/monitor/>

4. Se puede acceder al libro de forma gratuita en <https://efogo.weebly.com/>

la sequía en la Amazonía a través de la integración de conocimientos indígenas, locales y científicos. Al involucrar a las poblaciones locales, en particular a los pueblos tradicionales, estos enfoques facilitan el desarrollo de estrategias específicas del contexto, aumentando la resiliencia y reduciendo la vulnerabilidad de estas poblaciones. En última instancia, un enfoque holístico e inclusivo es esencial para hacer frente a la compleja dinámica de las sequías en la Amazonía y garantizar el futuro sostenible de la región y sus habitantes. A continuación, se hacen algunas recomendaciones, tanto con respecto a las investigaciones realizadas en la Amazonía como al uso de estrategias adaptativas y enfoques participativos:

- ◆ Promover la adopción de medidas de adaptación y mitigación ante eventos extremos, como sequías e inundaciones, con base en los conocimientos tradicionales de las poblaciones afectadas, además de promover el acceso a información y sistemas de alerta generados por sensores remotos sobre fenómenos meteorológicos, en una estrategia combinada de conocimientos científicos y tradicionales.
- ◆ Establecer mecanismos para acercar a las comunidades y gobiernos locales a experiencias participativas, a través de enfoques integrados y de largo plazo que favorezcan la participación integral de la sociedad civil en la definición y planificación de medidas más efectivas para enfrentar eventos extremos.
- ◆ Detener de forma permanente la deforestación en el bioma Amazónico, principalmente mediante la contención de la expansión de la frontera agrícola, considerando sus efectos sobre los patrones de lluvia en la Amazonía y también las emisiones de carbono derivadas de la deforestación y degradación forestal. Adicionalmente, fortalecer la protección de las unidades de conservación y tierras indígenas, especialmente aquellas ubicadas en áreas de fuerte presión de deforestación. Como se ilustró anteriormente, la deforestación contribuye enormemente al aumento del período de déficit hídrico en la Amazonía y favorece los incendios forestales.
- ◆ Intensificar la adopción de medidas para mitigar y adaptarse a las sequías en la Amazonía mediante la promoción de prácticas sostenibles en los sectores agrícola, forestal y energético. Alentar la colaboración entre organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, universidades e institutos de investigación para desarrollar estrategias de mitigación y adaptación a la sequía, integrando el conocimiento científico, indígena y local. Promover la participación activa de las comunidades locales en la toma de decisiones e implementación de políticas relacionadas con

las sequías, reconociendo y valorando sus conocimientos y experiencias. Fortalecer la capacidad de las comunidades indígenas y locales para hacer frente a las sequías proporcionando apoyo técnico, recursos y acceso a información relevante.

- ♦ Fortalecer los sistemas actuales de monitoreo y alerta temprana de sequías (ej., en Brasil se encuentra el CEMADEN/MCTI - *Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais*), dotándolos de recursos presupuestarios y tecnología avanzada para una cobertura integral y detallada de la cuenca amazónica, facilitando la planificación y respuesta oportuna a eventos climáticos extremos. Además, invertir en la política de transparencia de datos, financiar y mejorar las plataformas de datos abiertos, así como fomentar las publicaciones científicas abiertas, para facilitar el acceso al conocimiento científico sobre los extremos climáticos.
- ♦ Los gobiernos regionales y nacionales deben invertir en estudios transdisciplinarios sobre vulnerabilidad a eventos de sequía extrema, identificando regiones y comunidades en la situación más crítica de exposición a eventos de sequía extrema (o que enfrentarán situaciones críticas en el futuro), así como las condiciones que aumentan el riesgo y/o apoyan la capacidad de adaptación frente a estos eventos. Fortalecer el Sistema Nacional de Protección y Defensa Civil, en particular los cuerpos locales de defensa civil, brindando recursos financieros, capacitación técnica y apoyo logístico para el desarrollo de acciones estratégicas que integren la participación de las poblaciones locales, con el objetivo de anticipar acciones de mitigación de los impactos de sequías extremas en la sociedad.

Agradecimientos – Los autores agradecen a los organizadores de SPSAS “Amazonía Inclusiva y Sostenible”, FAPESP, Dra. Simone Athayde y Dra. Marlúcia Bonifácio Martins por sus sugerencias y el intercambio de ideas durante y después de la SPSAS. A.C.M.P. agradece el proyecto FAPESP-Brasil “Vozes em Recuperação” (procesos nº 2021/07660-2 y 2022/09380-0). A.M.Y. agradece al proyecto “Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais” (proyecto 402832/2018-3, llamado Rede Clima continuación 20148 acuerdo FINEP 01.13.0353.02) y el Programa de Apoyo para el Establecimiento de Jóvenes Médicos en Brasil (Proceso No. 01.02.016301.01073/2023-57). L.S.L. agradece al Programa Beatriz de Pinós, AGAUR, Catalunya (caso nº 2020BP-000156) y al Programa de la American Geophysical Union, AGU, *Voices for Science*. Este trabajo contribuye al Programa María de Maeztu, ICTA-UAB, España (caso n.º CEX2019-000940-M); M.A.V. agradece al Fixação de Recursos Humanos para o Interior do Estado: Mestres e Doutores por

Calha de Rio” – PROFIX –RH – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM (proceso No. 612/2021).

Contribuciones de los autores – Todos los autores contribuyeron por igual a la conceptualización, metodología y redacción de las versiones inicial y final del texto.

Conflictos de intereses – Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses relacionados con la publicación de este manuscrito.

Ética – El presente estudio no involucra seres humanos y/o ensayos clínicos que deban ser aprobados por el Comité de Ética Institucional.

Referencias

- ABDENUR, A. E., KUELE, G., & AMORIM, A. (Eds.). **Clima e Segurança na América Latina e Caribe**. In: INSTITUTO IGARAPÉ. 2019. Disponível em: <https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2019/12/2019-12-02-publication-Clima-and-Security-PT-web.pdf>.
- ALBERT, James S. *et al.* Human impacts outpace natural processes in the Amazon. **Science**, [S.L.], v. 379, n. 6630, p. 1, 27 jan. 2023. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.abo5003>.
- ALCANTARA, L. **5 Ensinaamentos indígenas sobre mudanças climáticas. Horizontes ao Sul**. 2019. Disponível em: <https://www.horizontesaosul.com/single-post/2019/12/19/5-ensinaamentos-indigenas-sobre-munda%C3%A7as-climticas>.
- ALPINO, T. de M.A., FREITAS, C.M. & COSTA, A.M. Seca como um desastre. **Ciência & Trópico**, [S.L.], v. 38, p. 2, p. 1–26. 2014. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/39605>.
- ALVES, Neliane de Sousa. **Mapeamento hidromorfodinâmico do Complexo Fluvial de Anavilhanas**: contribuição aos estudos de Geomorfologia Fluvial de rios Amazônicos. 2013. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. doi:10.11606/T.8.2013.tde-02082013-130114.
- ANDERSON, Liana Oighenstein; RIBEIRO NETO, Germano; CUNHA, Ana Paula; FONSECA, Marisa Gesteira; MOURA, Yhasmin Mendes de; DALAGNOL, Ricardo; WAGNER, Fabien Hubert; ARAGÃO, Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de. Vulnerability of Amazonian forests to repeated droughts. **Philosophical Transactions Of The Royal Society B: Biological Sciences**, [S.L.], v. 373, n. 1760, p. 20170411, 8 out. 2018. The Royal Society. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2017.0411>.
- ANDERSON, Liana; PISMEL, Gleiciane de Oliveira; PAULA, Yara Araújo Pereira de; SELAYA, Galia; REIS, João Bosco Coura dos; ROJAS, Eddy Mendoza; RIOJA-BALLIVIAN, Guillermo; REYES, Juan Fernando; MARCHEZINI, Victor; BROWN, I. Foster. RELATOS DE EXPERIÊNCIAS DOS PROJETOS DE PESQUISA MAP-FIRE E ACRE-QUEIMADAS: diagnóstico e perspectivas de mitigação envolvendo a sociedade para redução do risco e de impactos associados a incêndios florestais. **Uáquiri - Revista do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre**, [S.L.], v. 2, n. 2, p. 14, 29 dez. 2020. Even3. <http://dx.doi.org/10.47418/uaquiri.vol2.n2.2020.4359>.
- ARAGÃO, Luiz Eduardo O. C.; MALHI, Yadvinder; ROMAN-CUESTA, Rosa Maria; SAATCHI, Sassan; ANDERSON, Liana O.; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. **Geophysical Research Letters**, [S.L.], v. 34, n. 7, p. L07701, abr. 2007. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1029/2006gl028946>.
- BORMA, L.D.S. & NOBRE, C.A., (Eds.). **Secas na Amazônia**: causas e consequências. Oficina de textos, 2013.
- BROWN, I. F., BRILHANTE, S. H. C., MENDOZA, E. & RIBEIRO DE OLIVEIRA. Estrada de Rio Branco, Acre, Brasil aos portos do Pacífico: como maximizar os benefícios e minimizar os prejuízos para o

desenvolvimento sustentável da Amazônia sul-ocidental. In: CEPEI, **La integración regional entre Bolivia, Brasil y Peru**. Lima, Peru: CEPEI, 2002. p. 281–296.

BROWN, I. Foster *et al.* Monitoring fires in southwestern Amazonia Rain Forests. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, [S.L.], v. 87, n. 26, p. 253–259, 27 jun. 2006. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1029/2006eo260001>.

CARVALHO, N.S., ANDERSON, L.O., NUNES, C.A., PESSÔA, A.C.M., JUNIOR, C.H.L.S., REIS, J.B.C., SHIMABUKURO, Y.E., BERENGUER, E., BARLOW, J. & CARVALHO, Nathália *s et al.* Spatio-temporal variation in dry season determines the Amazonian fire calendar. **Environmental Research Letters**, [S.L.], v. 16, n. 12, p. 125009, 1 dez. 2021. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ac3aa3>.

CHAGAS, Jolemia Cristina Nascimento das. **Caracterização do cultivo de plantas medicinais, aromáticas e condimentares em duas comunidades Amazônicas**. 2012. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.

COX, Peter M.; HARRIS, Phil P.; HUNTINGFORD, Chris; BETTS, Richard A.; COLLINS, Matthew; JONES, Chris D.; JUPP, Tim E.; MARENGO, José A.; NOBRE, Carlos A.. Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution. **Nature**, [S.L.], v. 453, n. 7192, p. 212–215, maio 2008. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nature06960>.

DE LA CRUZ, P. **Informe de elaboración del Calendario Ecológico con asociaciones indígenas de la Amazonia colombiana**. Leticia: Instituto Sinchi. Leticia, 2013.

DAVID, R.C.A. **Esse rio é minha rua**: perspectivas para o transporte fluvial de passageiros no Amazonas. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2019. 231 p.

DUFFY, Philip B.; BRANDO, Paulo; ASNER, Gregory P.; FIELD, Christopher B.. Projections of future meteorological drought and wet periods in the Amazon. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [S.L.], v. 112, n. 43, p. 13172–13177, 12 out. 2015. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1421010112>.

ECHEVERRI, Juan Álvaro. Indigenous people and climatic change. **Bulletin de L'institut Français D'études Andines**, [S.L.], n. 381, p. 13–28, 1 abr. 2009. OpenEdition. <http://dx.doi.org/10.4000/bifea.2774>.

ESPINOZA, Jhan Carlo; RONCHAIL, Josyane; MARENGO, José Antonio; SEGURA, Hans. Contrasting North–South changes in Amazon wet-day and dry-day frequency and related atmospheric features (1981–2017). **Climate Dynamics**, [S.L.], v. 52, n. 9–10, p. 5413–5430, 26 set. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-018-4462-2>.

ESQUIVEL-MUELBERT, Adriane; BAKER, Timothy R.; DEXTER, Kyle G.; LEWIS, Simon L.; STEEGE, Hans Ter; LOPEZ-GONZALEZ, Gabriela; MENDOZA, Abel Monteagudo; BRIENEN, Roel; FELDPAUSCH, Ted R.; PITMAN, Nigel. Seasonal drought limits tree species across the Neotropics. **Ecography**, [S.L.], v. 40, n. 5, p. 618–629, 8 jun. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ecog.01904>.

FRAXE, T.J.P. **Cultura cabocla-ribeirinha**: mitos, lendas e transculturalidade. [S.L.]: Annablume, 2004.

FOLEY, Jonathan A. *et al.* Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the amazon basin. **Frontiers In Ecology And The Environment**, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 25–32, fev. 2007. Wiley. [http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[25:arfdal\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[25:arfdal]2.0.co;2).

GATTI, Luciana V.; BASSO, Luana S.; MILLER, John B.; GLOOR, Manuel; DOMINGUES, Lucas Gatti; CASSOL, Henrique L. G.; TEJADA, Graciela; ARAGÃO, Luiz E. O. C.; NOBRE, Carlos; PETERS, Wouter. Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. **Nature**, [S.L.], v. 595, n. 7867, p. 388–393, 14 jul. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>.

GARNELO, Luiza; PARENTE, Rosana Cristina Pereira; PUCHIARELLI, Maria Laura Rezende; CORREIA, Priscilla Cabral; TORRES, Matheus Vasconcelos; HERKRATH, Fernando José. Barriers to access and organization of primary health care services for rural riverside populations in the Amazon. **International Journal For Equity In Health**, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 54, 31 jul. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12939-020-01171-x>.

GUIMARÃES, David Franklin da Silva; VASCONCELOS, Mônica Alves de; ALEGRIA, Johnny Martin; FERREIRA, Fernanda Sousa; SENA, Tony Everton Alves de; SILVA, Suzy Cristina Pedroza da; OLIVEIRA,

Maria Antônia Falcão de; PEREIRA, Henrique dos Santos. Aplicação de geotecnologias em estudos de desastres naturais na Amazônia: O caso das terras caídas na Costa do Catalão, AM. In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019. **Anais eletrônicos...** São José dos Campos: INPE, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/trabalhos/aplicacao-de-geotecnologias-em-estudos-de-desastres-naturais-na-amazonia-o-caso?lang=pt-br>.

IPCC. **Glossary**. 2018. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/11/sr15_glossary.pdf.

KOLANSKI, M.M.P.; LIMA, L.S.; CUNHA, E.L.T.P.; PEREIRA, A.C.P.; ANASTÁCIO, P.R.D.; MENEZES, M.S.R.; MACEDO, M.N. O uso de notícias veiculadas por mídia digital na identificação e no estudo de eventos de seca na Amazônia Brasileira entre os anos de 2000 e 2020. In **ABRHidro**, XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 2021.

LAPOLA, David M.; PINHO, Patricia; BARLOW, Jos; ARAGÃO, Luiz E. O. C.; BERENGUER, Erika; CARMENTA, Rachel; LIDDY, Hannah M.; SEIXAS, Hugo; SILVA, Camila V. J.; SILVA-JUNIOR, Celso H. L. The drivers and impacts of Amazon forest degradation. **Science**, [S.L.], v. 379, n. 6630, p. 1, 27 jan. 2023. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.abp8622>.

LASPRILLA, V. **Aspectos culturales y socioeconómicos en la conformación del calendario ecológico del resguardo UITBOC**. Tarapacá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi, 2015. 28 p.

LAWRENCE, Deborah *et al.* Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. **Nature Climate Change**, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 27-36, 18 dez. 2014. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2430>.

LI, Wenhong *et al.* Observed change of the standardized precipitation index, its potential cause and implications to future climate change in the Amazon region. **Philosophical Transactions Of The Royal Society B: Biological Sciences**, [S.L.], v. 363, n. 1498, p. 1767-1772, 11 fev. 2008. The Royal Society. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2007.0022>.

LIMA, Letícia S.; COE, Michael T.; SOARES FILHO, Britaldo S.; CUADRA, Santiago V.; DIAS, Livia C. P.; COSTA, Marcos H.; LIMA, Leandro S.; RODRIGUES, Hermann O.. Feedbacks between deforestation, climate, and hydrology in the Southwestern Amazon: implications for the provision of ecosystem services. **Landscape Ecology**, [S.L.], v. 29, n. 2, p. 261-274, 6 dez. 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10980-013-9962-1>.

LIMA, Letícia Santos de; CUNHA, Evandro Landulfo Teixeira Paradela; ANASTÁCIO, Paula Rossana Dório; MENEZES, Mariane Stéfany Resende; PEREIRA, Ana Carolina Pires; KOLANSKI, Marina Marcela de Paula; MACEDO, Marcia Nunes. Drought effects on inland water transport and impacts on local communities of the Amazon Basin. **Egu General Assembly**, [S.L.], p. 1, 15 maio 2023. Copernicus GmbH. <http://dx.doi.org/10.5194/egusphere-egu23-17566>.

LIMA, L. S., SILVA, F. E., PIRES, A. C. P., ANASTÁCIO, P. R. D., MENEZES, M. S. R., KOLANSKI, M. M. P., CUNHA, E. T. P., MACEDO, M. N. Extreme droughts reduce river navigability and isolate Amazon communities. **In preparation**.

LINDOSO, D.; RODRIGUES FILHO, S. Vulnerabilidade e adaptação: Bases teóricas e conceituais da pesquisa In: BURSZTYN M. (org.), RODRIGUES FILHO S. (org.). **O clima em transe: vulnerabilidade e adaptação da agricultura familiar**. Rio de Janeiro: Garamond, 2016.

MALHI, Y., ARAGÃO A, L.E.O.C., GALBRAITH, D., HUNTINGFORD, C., FISHER, R., ZELAZOWSKI, P., SITCH, S., MCSWEENEY, C. & MEIR, P. **Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest**. 2009.

MARENGO, Jose A. *et al.* Future change of climate in South America in the late twenty-first century: intercomparison of scenarios from three regional climate models. **Climate Dynamics**, [S.L.], v. 35, n. 6, p. 1073-1097, 31 dez. 2009. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-009-0721-6>.

MARENGO, Jose A.; TOMASELLA, Javier; ALVES, Lincoln M.; SOARES, Wagner R.; RODRIGUEZ, Daniel A.. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical**

Research Letters, [S.L.], v. 38, n. 12, jun. 2011. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1029/2011gl047436>.

MARENGO, Jose A.; BORMA, Laura S.; RODRIGUEZ, Daniel A.; PINHO, Patrícia; SOARES, Wagner R.; ALVES, Lincoln M.. Recent Extremes of Drought and Flooding in Amazonia: vulnerabilities and human adaptation. **American Journal Of Climate Change**, [S.L.], v. 02, n. 02, p. 87-96, 2013. Scientific Research Publishing, Inc.. <http://dx.doi.org/10.4236/ajcc.2013.22009>.

MARENGO, J. A.; ESPINOZA, J. C.. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. **International Journal Of Climatology**, [S.L.], v. 36, n. 3, p. 1033-1050, 14 jul. 2015. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.4420>.

MARENGO, José A.; SOUZA, Carlos. Mudanças Climáticas: impactos e cenários para a amazônia. **Unpublished**, [S.L.], p. 1-33, 2018. Unpublished. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.26925.72166>.

MARENTES, Maria Alejandra Hernandez; VENTURI, Martina; SCARAMUZZI, Silvia; FOCACCI, Marco; SANTORO, Antonio. Traditional forest-related knowledge and agrobiodiversity preservation: the case of the chagras in the indigenous reserve of monochoa (colombia). **Biodiversity And Conservation**, [S.L.], v. 31, n. 10, p. 2243-2258, 28 jul. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-021-02263-y>.

MOORE, Nathan; ARIMA, Eugenio; WALKER, Robert; SILVA, Renato Ramos da. Uncertainty and the changing hydroclimatology of the Amazon. **Geophysical Research Letters**, [S.L.], v. 34, n. 14, p. 1, jul. 2007. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1029/2007gl030157..>

MORAES, A. de O.; SCHOR, T. Redes, Rios e a Cesta Básica Regionalizada no Amazonas, Brasil. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 4, n. 7, p.79-89, jan./jul. de 2010. <https://doi.org/10.5654/acta.v4i7.298>.

NAKAEGAWA, Tosiyyuki; KITO, Akio; HOSAKA, Masahiro. Discharge of major global rivers in the late 21st century climate projected with the high horizontal resolution MRI-AGCMs. **Hydrological Processes**, [S.L.], v. 27, n. 23, p. 3301-3318, 11 jun. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.9831>.

NASCIMENTO, Ana Cristina Lima do. **Resiliência e adaptabilidade dos sistemas socioecológicos ribeirinhos frente a eventos climáticos extremos na Amazônia Central**. 2017. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

MENIN, Julia. **"A natureza se move e a gente se move junto"**: práticas de adaptação às mudanças climáticas em comunidades ribeirinhas da amazônia. 2021. 173 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Ciências Sociais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

MU, Ye; BIGGS, Trent W.; JONES, Charles. Importance in Shifting Circulation Patterns for Dry Season Moisture Sources in the Brazilian Amazon. **Geophysical Research Letters**, [S.L.], v. 50, n. 9, p. 1, 9 maio 2023. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1029/2023gl103167>.

NOBRE, Carlos A; SAMPALIO, Gilvan; SALAZAR, Luis. Mudanças climáticas e Amazônia. *Cienc. Cult.*, São Paulo, v. 59, n. 3, p. 22-27, set. 2007.

OPIAC, Organización Nacional de los Pueblos Indígenas de la Amazonía Colombiana. **Escuela de Formación Política**. Conocimiento para la Amazonía Indígena y sus Bases, COPAIBA. 2018. Disponível em: <https://www.opiacescuela-copaiba.info/katumare-de-saberes>.

PANISSET, Jéssica S.; LIBONATI, Renata; GOUVEIA, Célia Marina P.; MACHADO-SILVA, Fausto; FRANÇA, Daniela A.; FRANÇA, José Ricardo A.; PERES, Leonardo F.. Contrasting patterns of the extreme drought episodes of 2005, 2010 and 2015 in the Amazon Basin. **International Journal Of Climatology**, [S.L.], v. 38, n. 2, p. 1096-1104, 8 ago. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.5224>.

PEREIRA, N.R. de A. & OLIVEIRA, H. A influência das mudanças sazonais nos aspectos naturais e sociais no careiro da várzea -AM. **Revista Geonorte**, [S.L.], v. 2, n. 5, p.1399-1408, 2012.

PEREIRA, A.C.P.; LIMA, L.S.; CUNHA, E.L.T.P.; ANASTÁCIO, P.R.D.; KOLANSKI, M.M.P.; MENEZES, M.S.R.; MACEDO, M.N. O uso de notícias veiculadas por mídia digital na identificação e no estudo de eventos de seca na Amazônia Brasileira entre os anos de 2000 e 2020. In ABRHidro, **XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, 2021.

PERZ, Stephen; BRILHANTE, Silvia; BROWN, Foster; CALDAS, Marcellus; IKEDA, Santos; MENDOZA, Elsa; OVERDEVEST, Christine; REIS, Vera; REYES, Juan Fernando; ROJAS, Daniel. Road building, land use and climate change: prospects for environmental governance in the amazon. **Philosophical Transactions Of The Royal Society B: Biological Sciences**, [S.L.], v. 363, n. 1498, p. 1889-1895, 11 fev. 2008. The Royal Society. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2007.0017>.

PERZ, Stephen G.; ARTEAGA, Marliz; FARAH, Andrea Baudoin; BROWN, I. Foster; MENDOZA, Elsa Renee Huaman; PAULA, Yara Araújo Pereira de; YABAR, Leonor Mercedes Perales; PIMENTEL, Alan dos Santos; RIBEIRO, Sabina C.; RIOJA-BALLIVIÁN, Guillermo. Participatory Action Research for Conservation and Development: experiences from the amazon. **Sustainability**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 233, 27 dez. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su14010233>.

PHILLIPS, Oliver L. *et al.* Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest. **Science**, [S.L.], v. 323, n. 5919, p. 1344-1347, 6 mar. 2009. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1164033>.

Rioja Ballivián Guillermo. Antropología de frontera: investigación acción en la región trinacional MAP. **Revista de Antropología Iberoamericana**, [S.L.], n. 43, 2005.

SILVA, Michelle Andreza Pedroza da. **Influência dos eventos hidrológicos extremos nas estratégias adaptativas das comunidades ribeirinhas da RDS do rio Madeira**. 2022. 211 f. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2022.

SMITH, Barry; BURTON, Ian; KLEIN, Richard J.T.; WANDEL, J.. An Anatomy of Adaptation to Climate Change and Variability. **Climatic Change**, [S.L.], v. 45, n. 1, p. 223-251, 2000. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1023/a:1005661622966>.

SIQUEIRA JÚNIOR, J. L.; TOMASELLA, J.; RODRIGUEZ, D. A.. Impacts of future climatic and land cover changes on the hydrological regime of the Madeira River basin. **Climatic Change**, [S.L.], v. 129, n. 1-2, p. 117-129, 3 fev. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-015-1338-x>.

SOARES, W. & MARENGO, J.A. **Projeções de secas na Amazônia no futuro. In Secas na Amazônia: causas e consequências**. Oficina de textos, 2013. p. 367.

STAAL, Arie; FLORES, Bernardo M; AGUIAR, Ana Paula D; BOSMANS, Joyce H C; FETZER, Ingo; A TUINENBURG, Obbe. Feedback between drought and deforestation in the Amazon. **Environmental Research Letters**, [S.L.], v. 15, n. 4, p. 044024, 1 abr. 2020. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ab738e>.

STANKE, Carla; KERAC, Marko; PRUDHOMME, Christel; MEDLOCK, Jolyon; MURRAY, Virginia. Health Effects of Drought: a systematic review of the evidence. **Plos Currents**, [S.L.], p. 1, 2013. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/currents.dis.7a2cee9e980f91ad7697b570bcc4b004>.

TOCANTINS, L. **O Rio Comanda a Vida: Uma Interpretação da Amazônia** - Livraria da Vila. 9 ed. Valer, 2000.

TONNA, Anne; KELLY, Brian; CROCKETT, Judith; GREIG, Julie; BUSS, Richard; ROBERTS, Russell; WRIGHT, Murray. Improving The Mental Health Of Drought-Affected Communities: an australian model. **Rural Society**, [S.L.], v. 19, n. 4, p. 296-305, dez. 2009. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.5172/rsj.351.19.4.296>.

UN PERIODICO. Enriquecimiento de chagras en resguardos de Leticia, Departamento del Amazonas. En: **Periodico de la Universidad Nacional de Colombia**, 2022.

UNISDR. **Drought Risk Reduction Framework and Practices: Contributing to the Implementation of the Hyogo Framework for Action**. 2009. Disponível em: https://www.unisdr.org/files/11541_DroughtRiskReduction2009library.pdf.

VASCONCELOS, Mônica Alves de. **"A natureza mudou": alterações climáticas e transformações nos modos de vida da população no baixo rio Negro, Amazonas**. 2020. 123 f. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2020.

YOON, J., ZENG, N. 2010. An Atlantic influence on Amazon rainfall. **Climate Dynamics**, 34(2-3): 249-264.

Sobre los autores

Ana Carolina Moreira Pessôa es Bióloga, graduada de la Universidad Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) en conjunto con la Universidad de Montana, financiada por el programa Ciencia sin Fronteras. Tiene una maestría y un doctorado en Teledetección del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE). Actualmente es investigadora en el Instituto de Investigaciones Ambientales de la Amazonia (IPAM).

Aurora Miho Yanai es Ingeniera Forestal, graduada de la Universidad Federal de Amazonas (UFAM), con maestría y doctorado en Ciencias de los Bosques Tropicales por el Instituto Nacional de Investigaciones Amazónicas (INPA). Actualmente es becaria postdoctoral en el INPA.

Letícia Santos de Lima es Ingeniera Ambiental, graduada por la Universidad Federal de Ouro Preto (UFOP), con maestría en Análisis y Modelado de Sistemas Ambientales por la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG) y doctora en Geografía por la Humboldt-Universität zu Berlin (Alemania). Actualmente es investigadora en el Instituto de Ciencia y Tecnología Ambientales de la Universidad Autónoma de Barcelona (ICTA – UAB).

Mônica Alves de Vasconcelos es Ingeniera Forestal por la Universidad Federal de Amazonas (UFAM) Máster en Ciencias Forestales y Ambientales con un periodo de movilidad en el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE). Doctora en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad en la Amazonia – UFAM y en Ingeniería Ambiental – Universidad de Aveiro por el programa de cotutela. Actualmente es investigadora en la Universidad del Estado de Amazonas (UEA).

Pablo De La Cruz es Sociólogo de la Universidad Nacional de Colombia y Doctor en Ecología y Desarrollo Sostenible por El Colegio de la Frontera Sur de México.

Pierre Alvaro Florentín Díaz es Licenciado en Medicina de Emergencia por la Universidad Centro Médico Bautista, Licenciado en Lengua Guaraní por la Universidad Nacional de Asunción, Magíster en Gestión del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático por la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción y Doctor en Educación por la Universidad Nacional del Este.

¿Por qué mi río se ha secado?



El padre de Nina y Pablo no logró ir a la ciudad porque el río había bajado mucho.



Entonces Nina y Pablo tuvieron una idea: hablar con sus amigos...

