



~ San Eusebio - Venezuela



CURSO VIRTUAL
Gestión sostenible de socio-ecosistemas de
altura en Latinoamérica: cambios y
continuidad en paisajes de montaña

Una mirada a la dinámica de los Bosques Andinos en Venezuela

Emilio Vilanova, PhD.
Red de Bosques Andinos
Wildlife Conservation Society
evilanova@wcs.org



**RED DE
BOSQUES
ANDINOS**



CONDESAN
Consortio para el Desarrollo Sostenible
de la Ecorregión Andina

Septiembre 2023





Aclaratoria

Introducción

- Los bosques en el contexto global
- Extensión y estado actual
- Deforestación y degradación
- Integridad ecológica
- Cambio Climático



~ Guayana Francesa

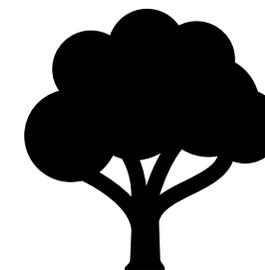


Bosques Andinos (II)

- Dinámica de los Bosques Andinos - Venezuela
- Efectos del cambio climático



~ San Eusebio, Venezuela © Luis Gamez



~ La Mucuy, P.N Sierra Nevada Venezuela
© Luis Gamez



©Jan R. Baiker



Políticas y Manejo

- Necesidades de investigación
- Conservación y manejo de los Bosques Andinos
- Mecanismos financieros
- Proyecciones futuras



Bosques Andinos (I)

- Bosques de montaña a escala global
- Dinámica bosques Región Andina
- Características ambientales y estructurales
- Perturbaciones

Introducción

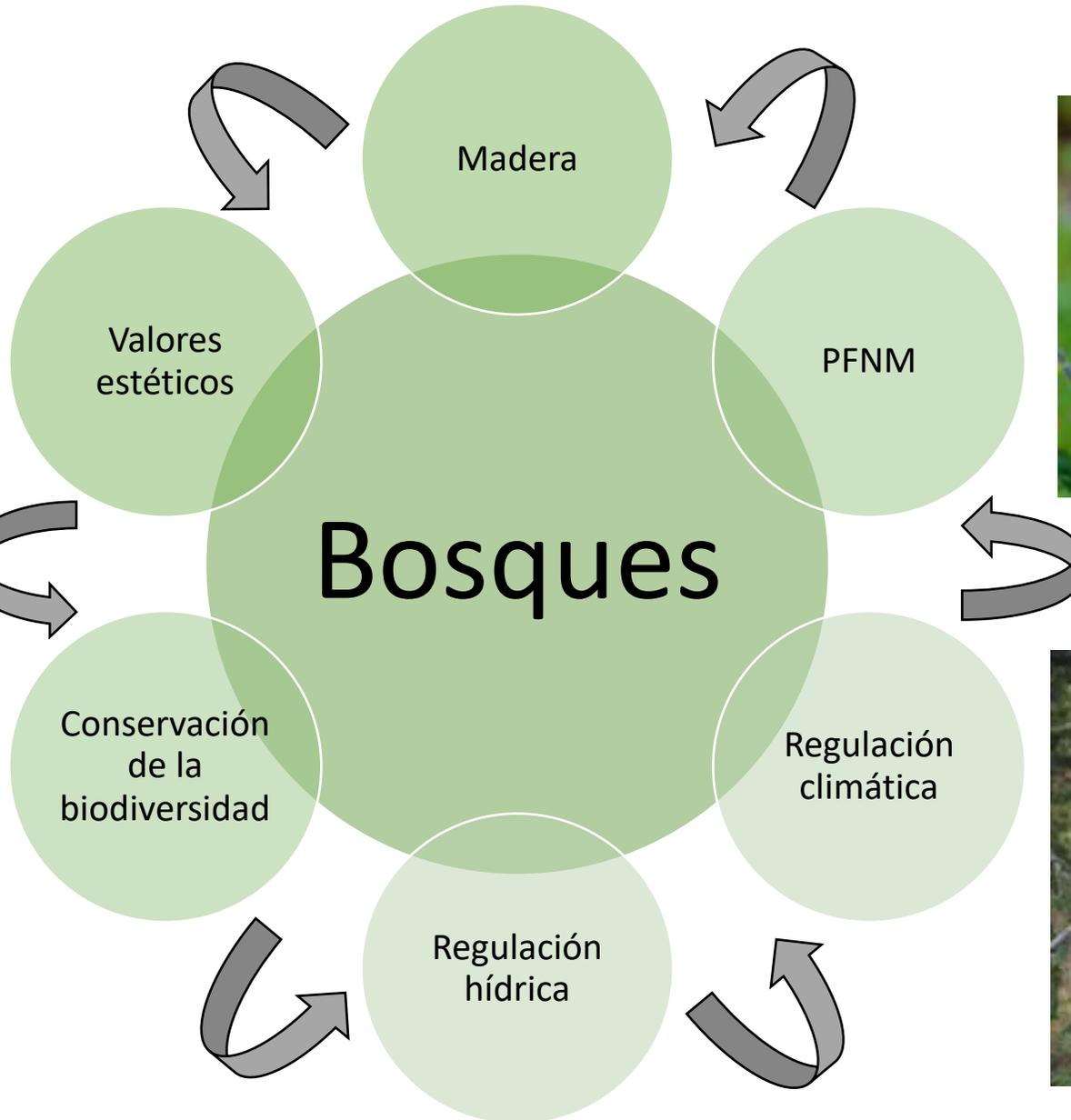
Los bosques en el contexto global – servicios ecosistémicos



~ RF Imataca



~ Pack Forest, USA



~ Pack Forest, USA



~ Guayana Francesa



~ RF Imataca



~ Blodgett Forest, USA



~ Pack Forest, USA



~ RF Imataca

Introducción

Los bosques en el contexto global - cobertura



Tropical
45%



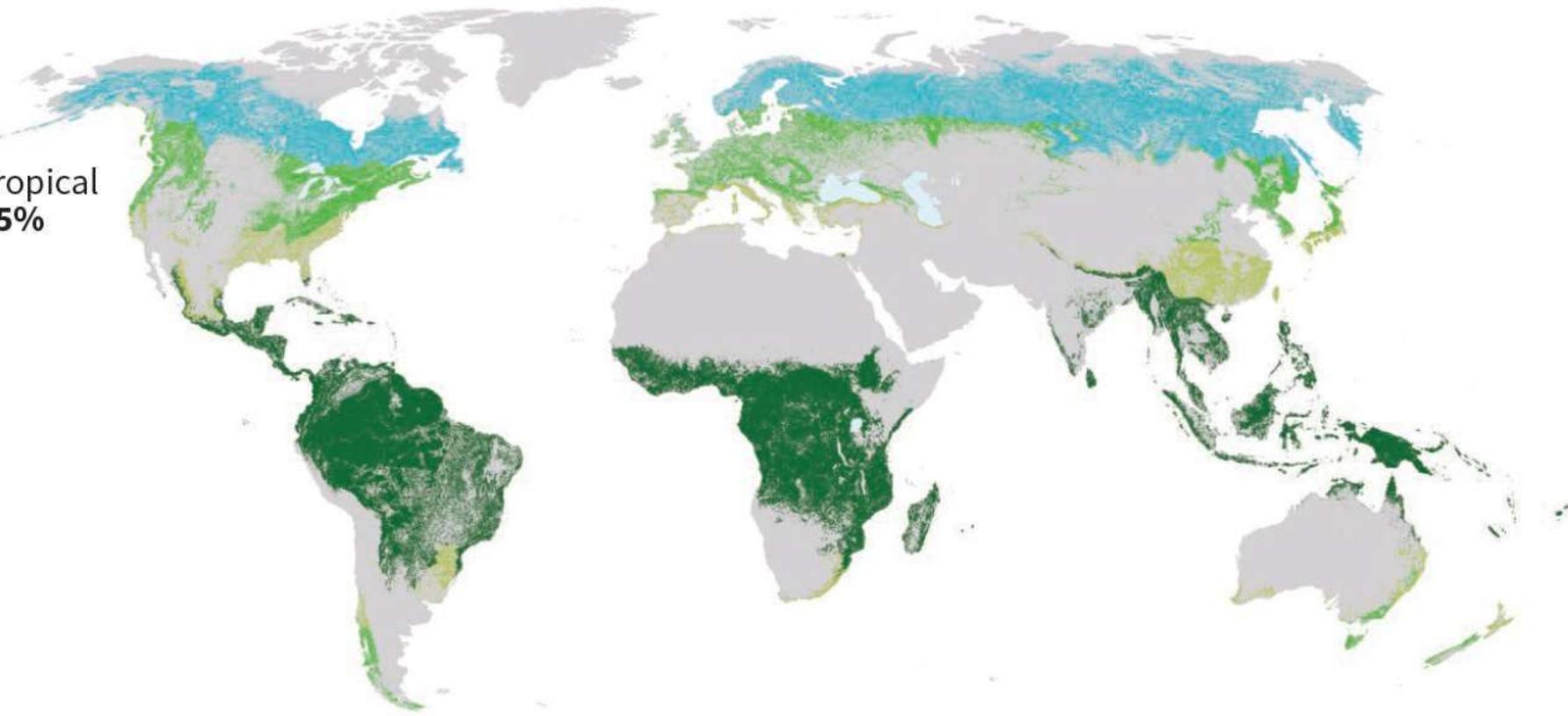
Boreal
27%



Temperate
16%



Subtropical
11%



** 4 mil millones ha (~30% superficie terrestre)

** 5 países suman casi 50%

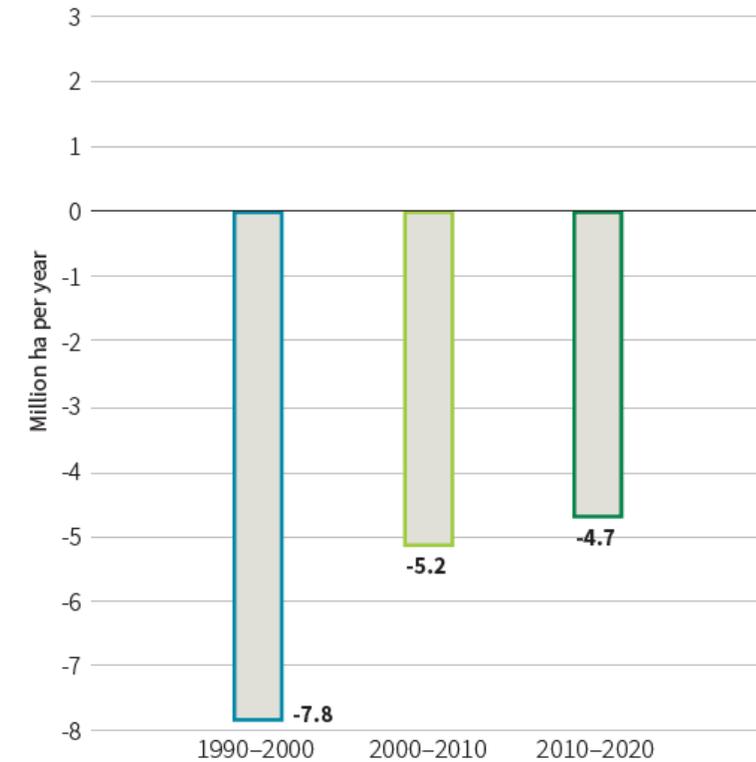
*** cobertura forestal ***



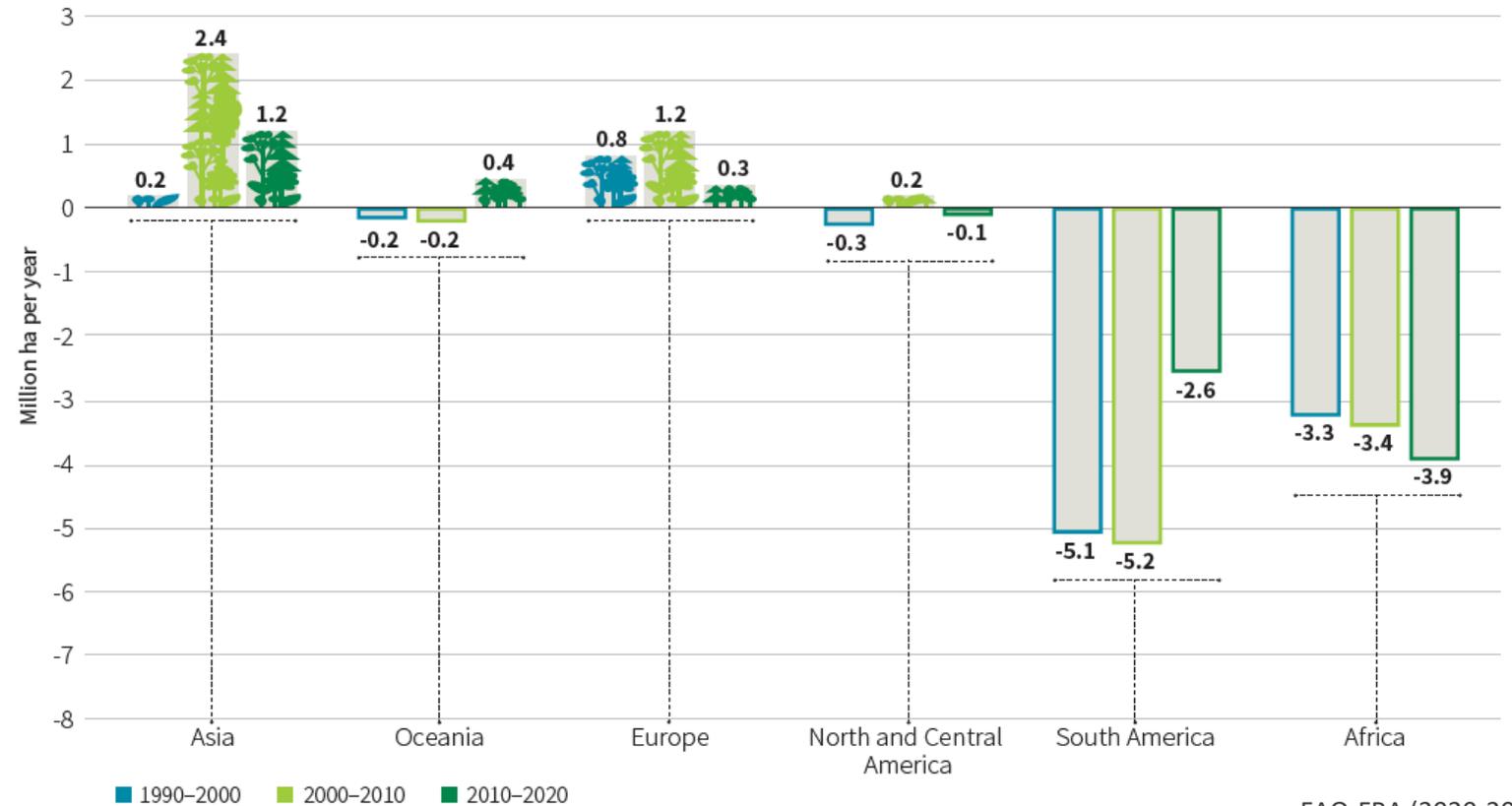
Introducción

Los bosques en el contexto global – cobertura y dinámica

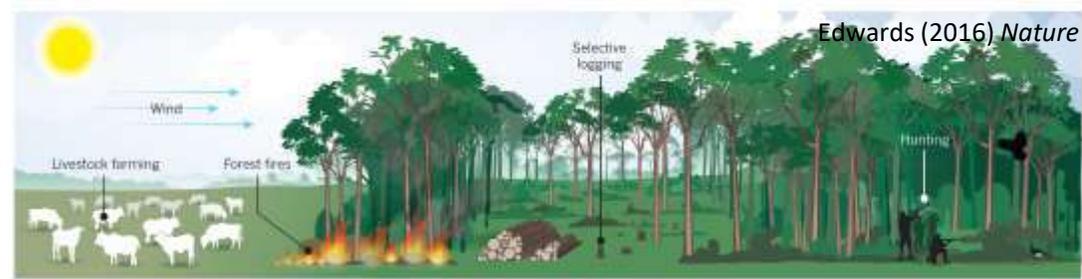
Global annual forest area net change, by decade, 1990–2020



Annual forest area net change, by decade and region, 1990–2020



FAO-FRA (2020-2022)

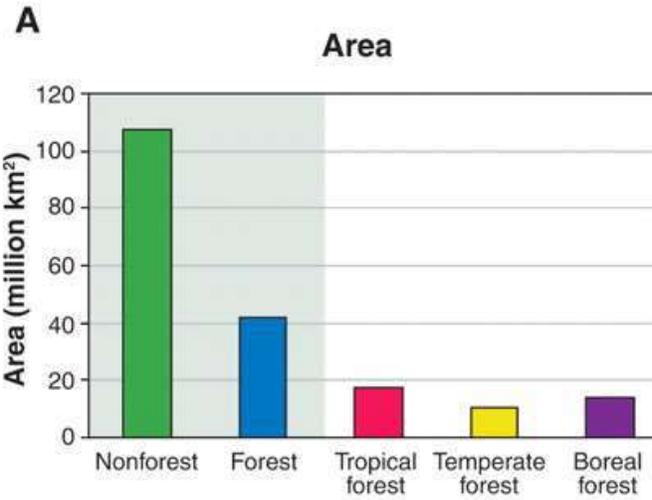


**** Cambio neto de cobertura en declive pero aún alto**

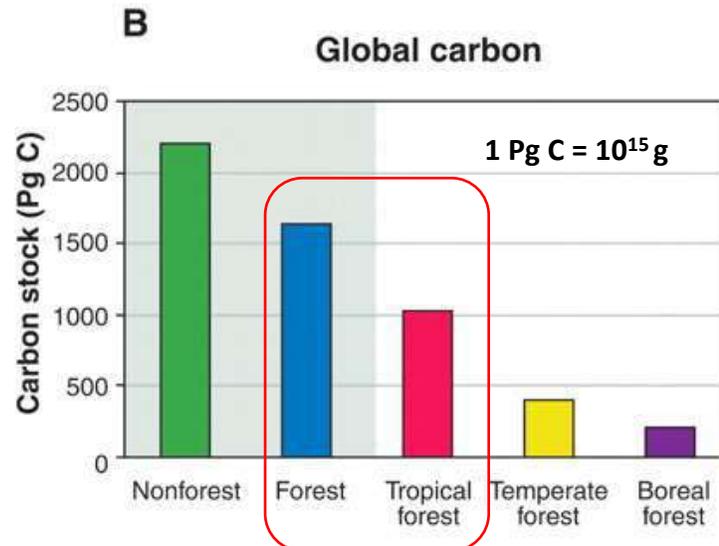
**** Bosques tropicales de Suramérica y África los más afectados por la reducción de cobertura (mayormente por deforestación).**

Introducción

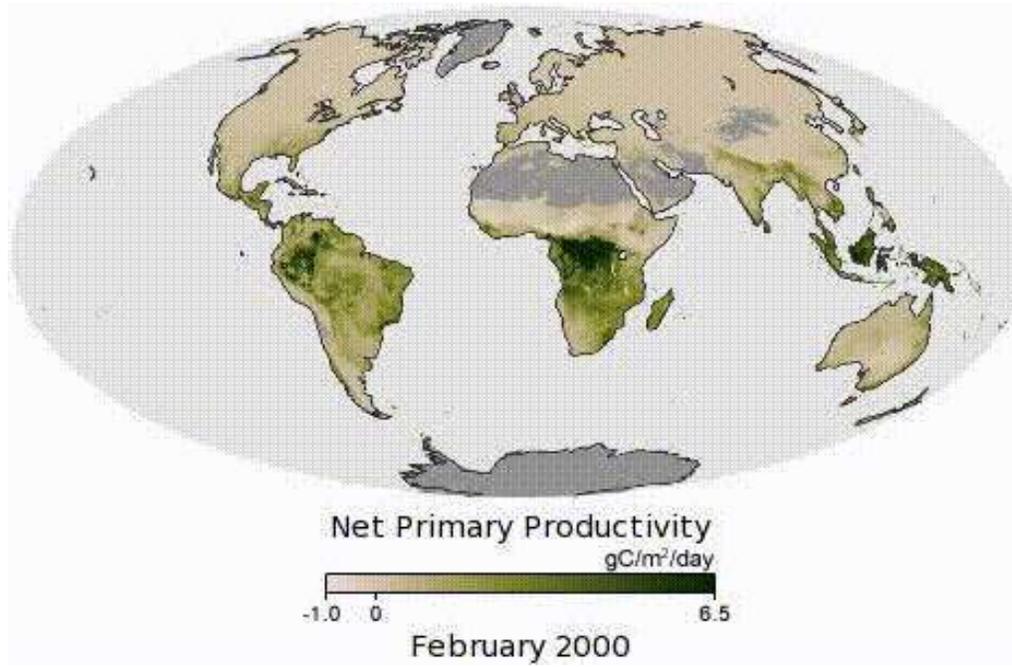
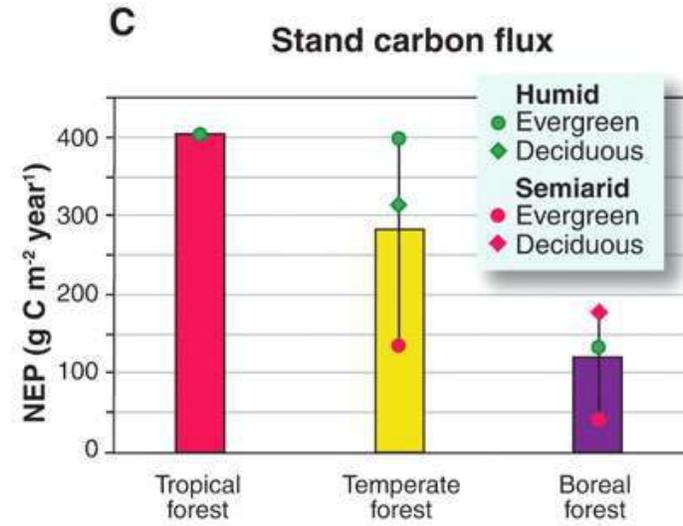
Los bosques en el contexto global – cambio climático



Bonan (2008) - *Science*



Créditos: "[Net primary productivity](#)," NASA, dominio público.



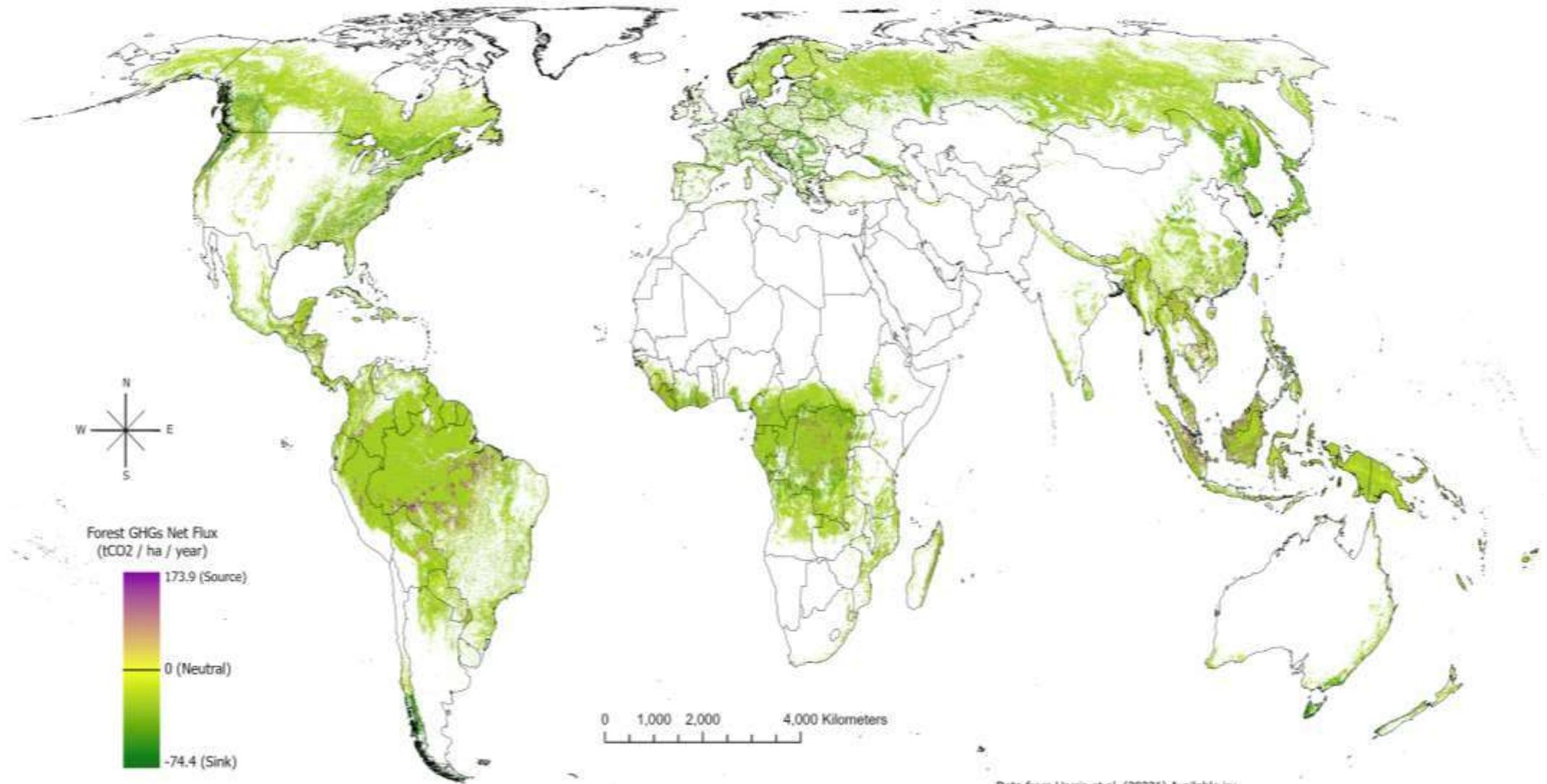
© Amazon Tall Tower Observatory (ATTO)
Manaos, Brasil.

Introducción

Los bosques en el contexto global – cambio climático

2001-2021: Bosques globales actuando como sumideros de carbono

66% de las emisiones brutas y 45% de las remociones brutas (22% del flujo neto -sumidero) ocurre en los trópicos



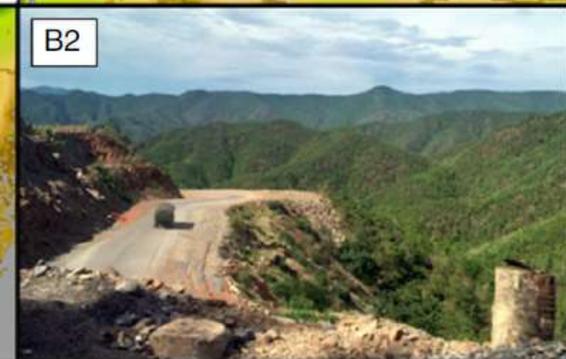
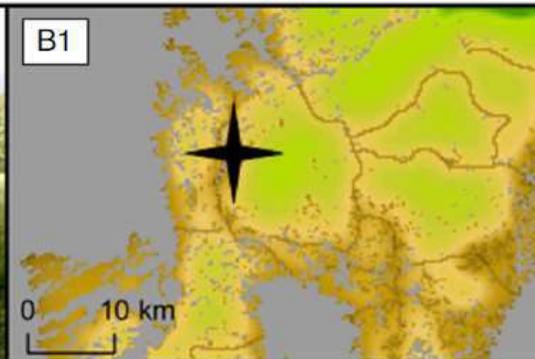
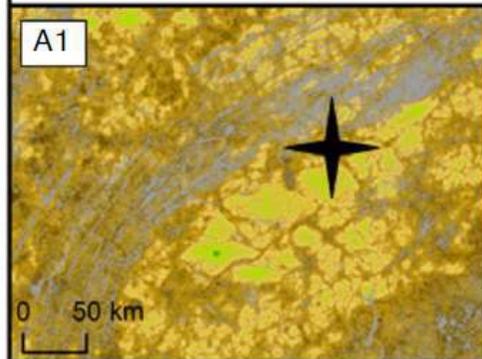
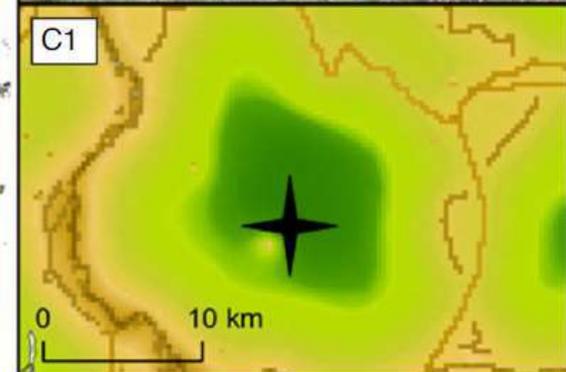
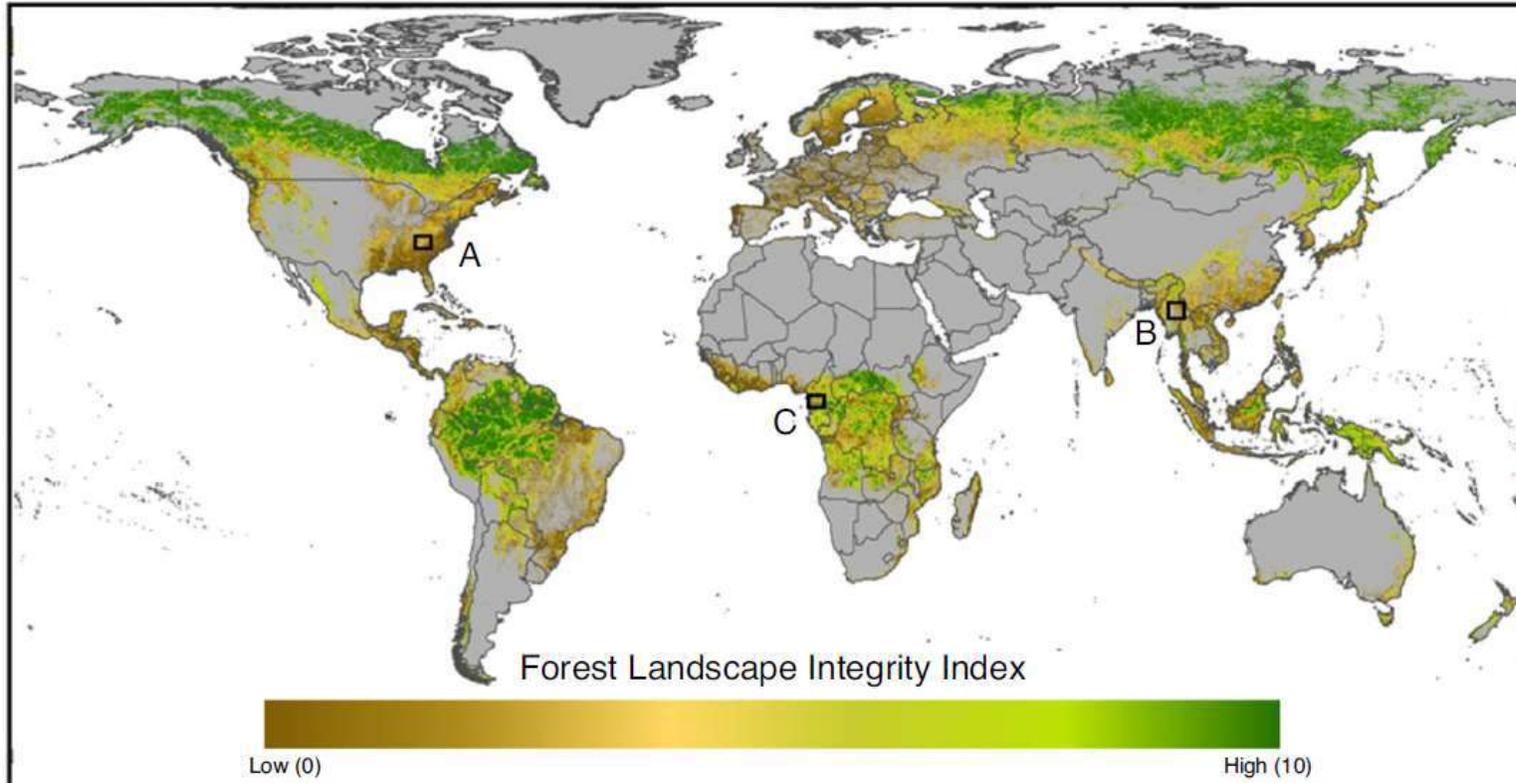
Data from Harris et al. (2022) Available in:
<https://data.globalforestwatch.org/datasets/gfw::forest-greenhouse-gas-net-flux/about>

Introducción

Los bosques en el contexto global – integridad

Forest Landscape Integrity Index (FLII)
Índice de integridad del paisaje forestal

Tab
Bio
Afr
Aus
Ind
Nec
Oce
Pale
Nea
Tot
A sul
Score



—
—
n
—
ty.

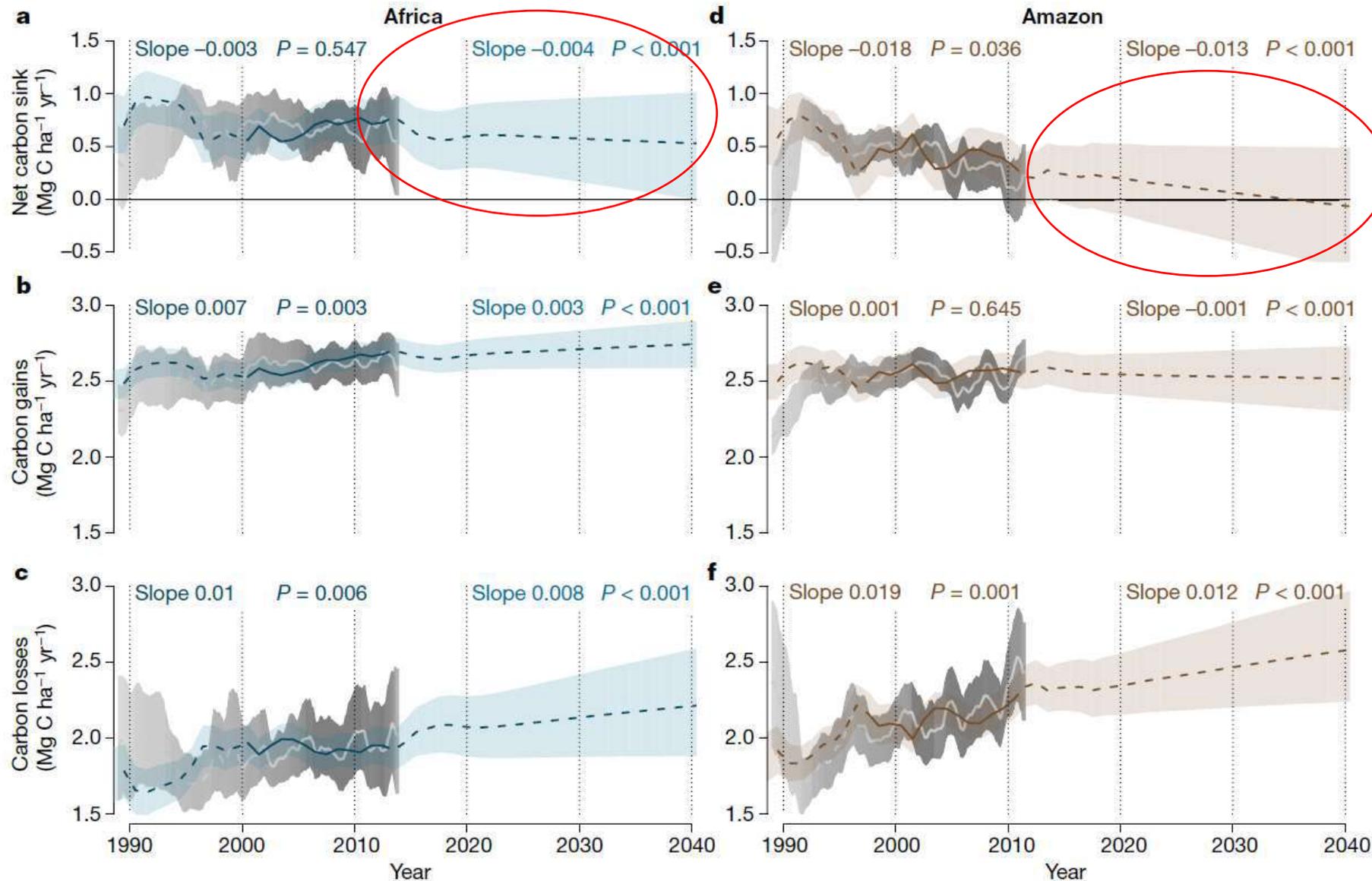
~ 40%
África
~ Sólo
~ 56%

onia,

Introducción

Los bosques en el contexto global – cambio climático

Debilitamiento del sumidero global tropical, mayor intensidad en la Amazonia



Reducción pronosticada pero con amplio rango de incertidumbre

Productividad continúa

Incremento en la mortalidad





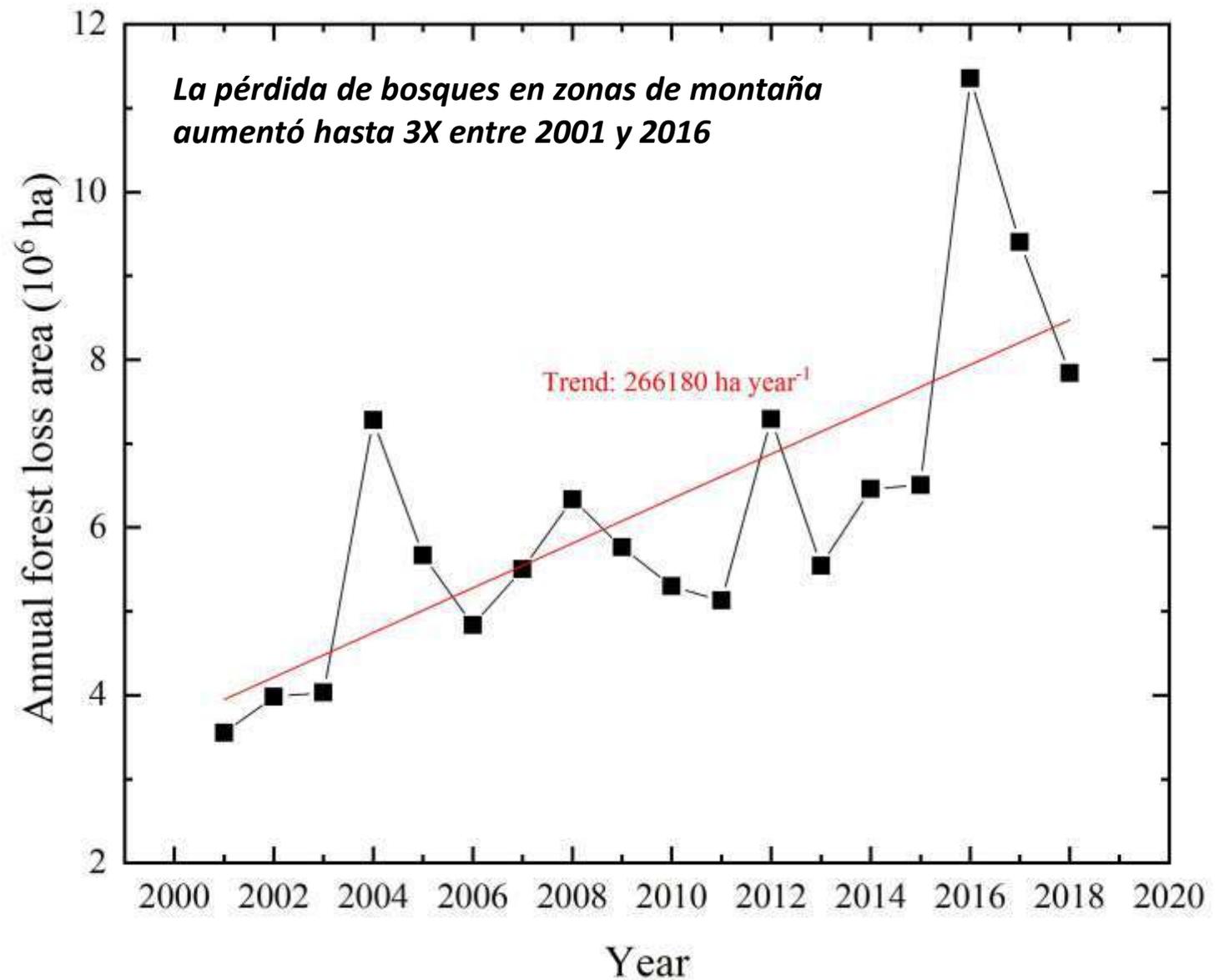
Bosques Andinos (I)

- Bosques de montaña a escala global
- Dinámica bosques Región Andina
- Características ambientales y estructurales
- Perturbaciones



Los Bosques Andinos (I)

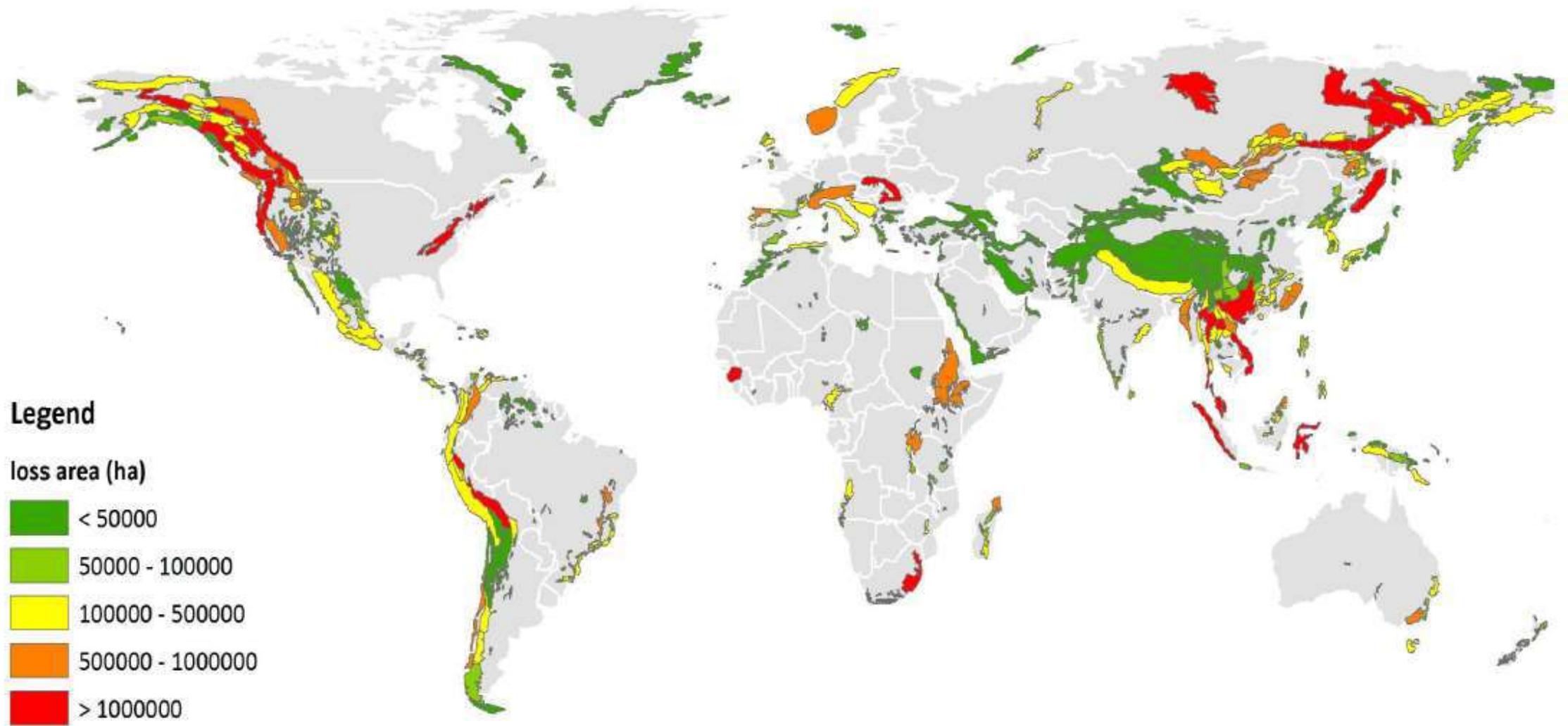
Breve reseña de los bosques montanos a escala global



➔ El área global de bosques montanos para el año 2000 fue estimada en ~1.200 M ha → 1/3 cobertura forestal global (He et al. 2021 – EGU abstracts)

Los Bosques Andinos (I)

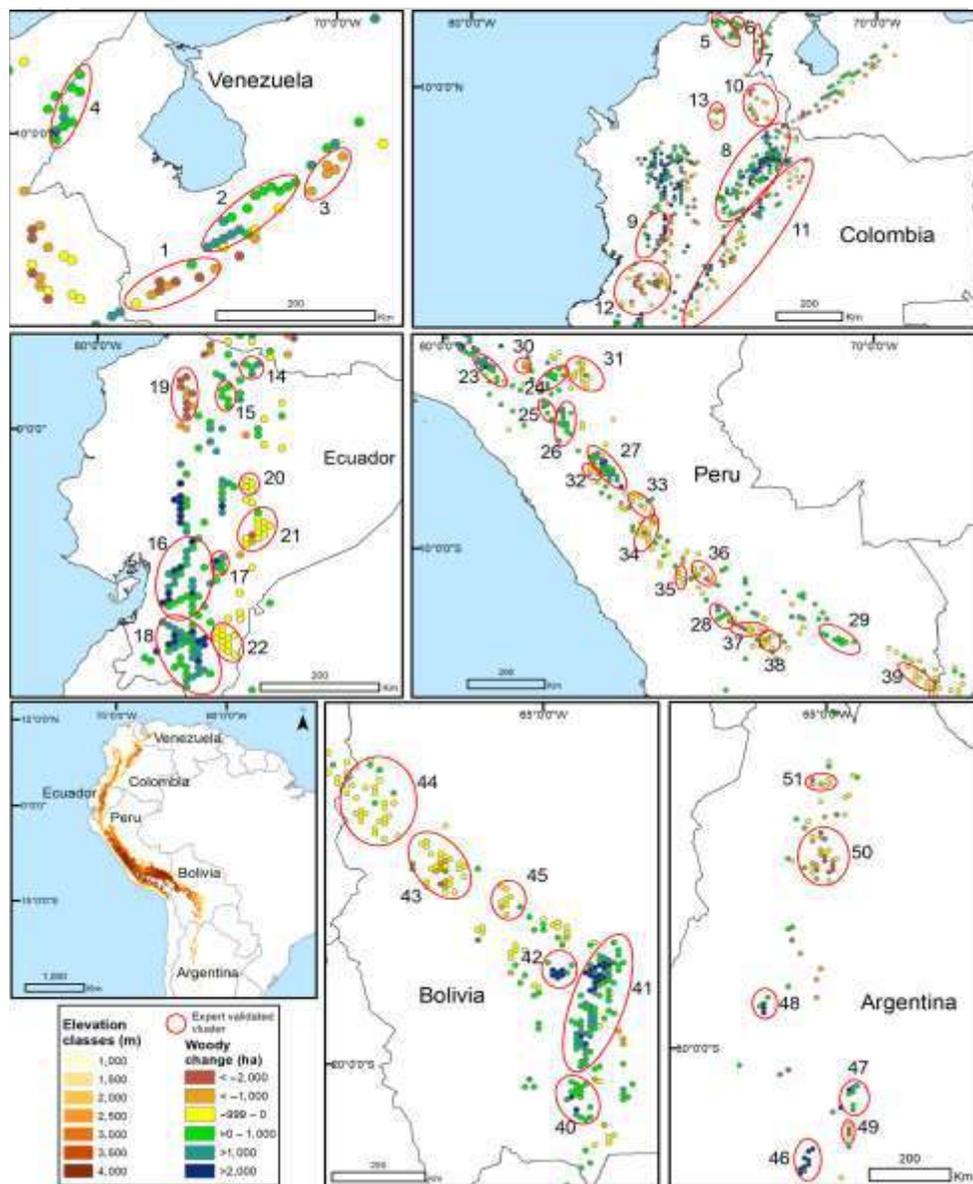
Breve reseña de los bosques montanos a escala global



➔ Entre 2001 y 2018 la mayor pérdida ocurrió en las zonas montañosas del sureste asiático, Russia, Estados Unidos y Canadá (He et al. 2021 – EGU abstracts)

Los Bosques Andinos (I)

Dinámica de la cobertura de bosques en la región Andina



Aide et al. (2019) – *Global Change Biology*

Elevation range
(m asl)

Forest cover (km²)

2003

2014

500-1200

237,820.21

230,115.49

-7,704

1200-2000

175,122.11

171,684.02

-3,438

2000-2800

94,961.05

93,844.90

-1,116

2800-3600

39,172.57

38,744.63

-428

Weighted mean

547,075.95

534,389.05

-12,687

Duque et al. (2021) – *Nat. Comms.*

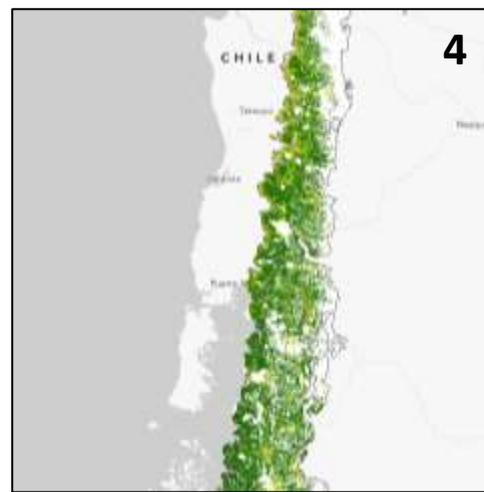
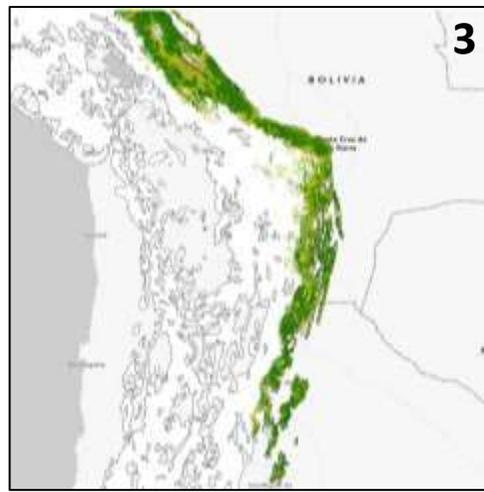
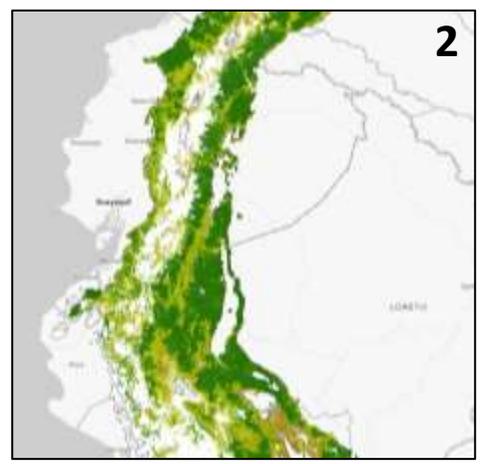
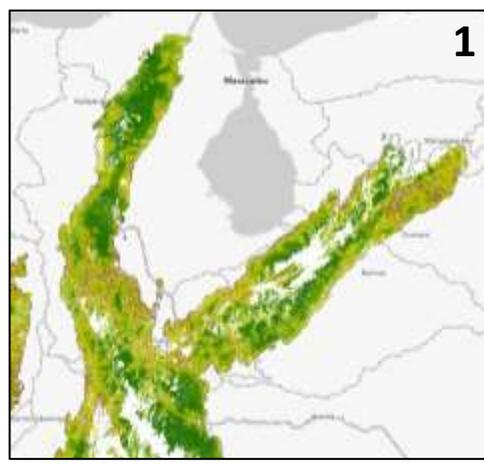
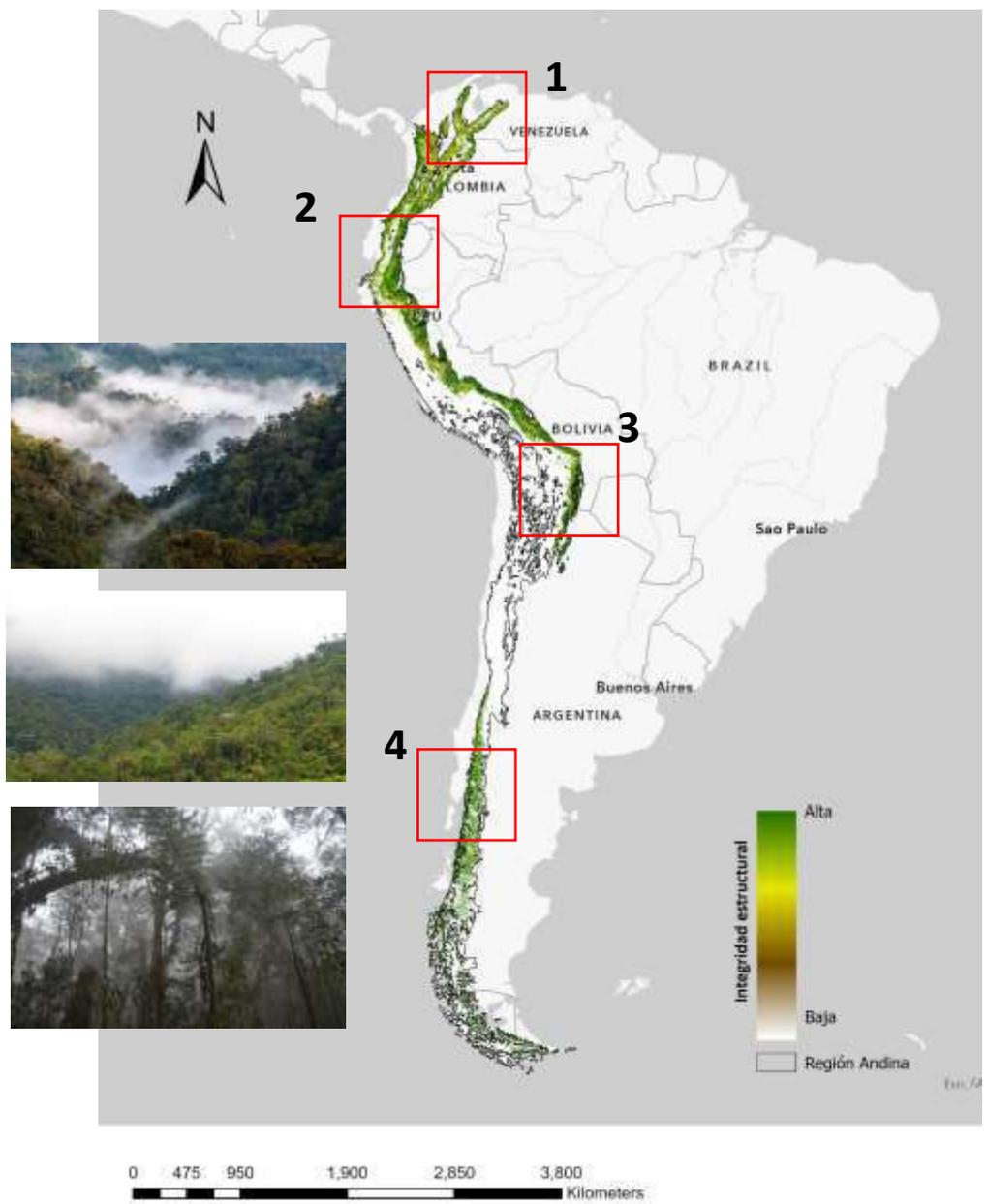


Entre 2003 y 2014 la cobertura forestal en la region Andina se redujo aproximadamente 13 mil km² (1.26 M ha equiv. to 115.335 ha año⁻¹). **Mayor reducción ocurrió entre 500 y 1200 msnm.**



Los Bosques Andinos (I)

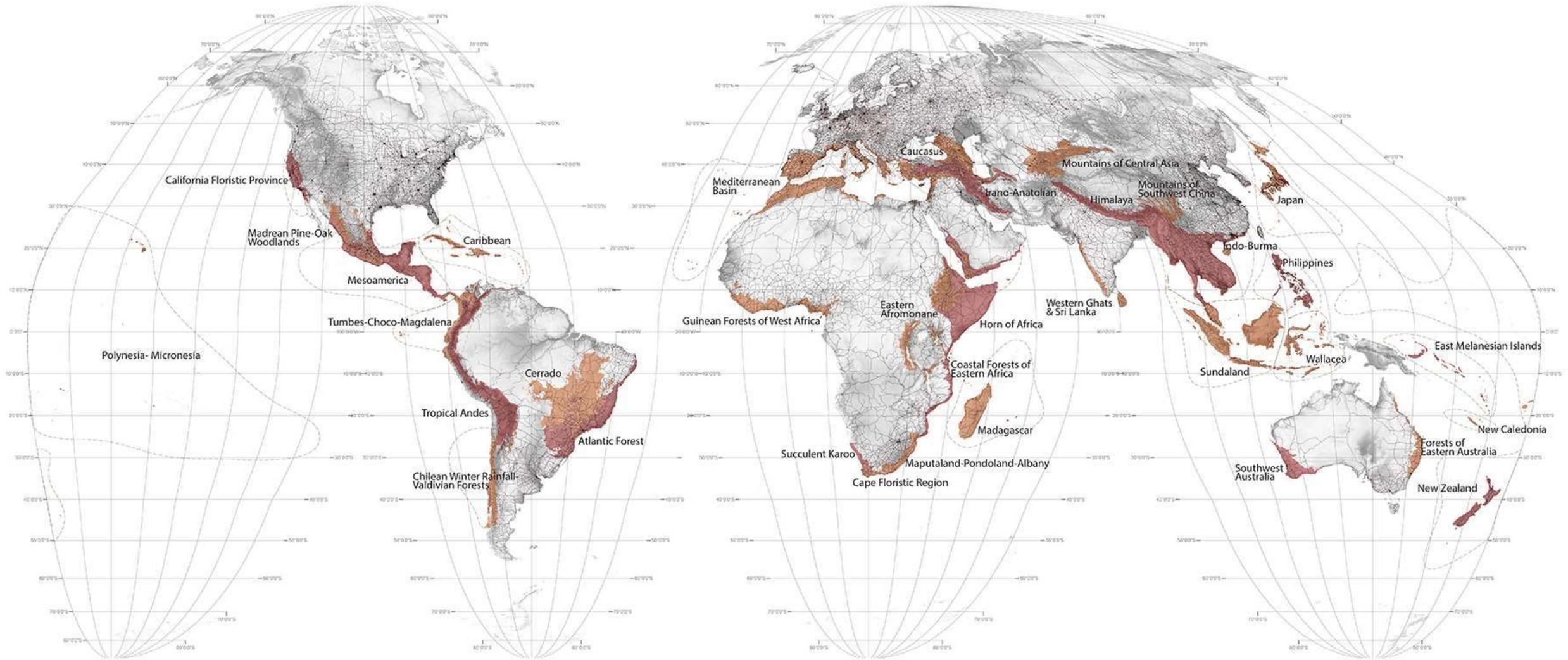
Dinámica de la cobertura de bosques en la región Andina – Integridad estructural



Mapas elaborados a partir de <https://www.forestintegrity.com/> con base en Grantham et al. (2020) *Nat. comms.*

Los Bosques Andinos (I)

Características ambientales y estructurales de los bosques andinos – alta diversidad biológica



➡ ~ Andes tropicales: entre los principales núcleos de diversidad biológica (Approx. 30.000 especies plantas vasculares) (Rahbek et al. 2019 – *Science*)

Mapa construido a partir de Myers et al. (2000) - *Nature*

Los Bosques Andinos (I)

Características ambientales y estructurales de los bosques andinos

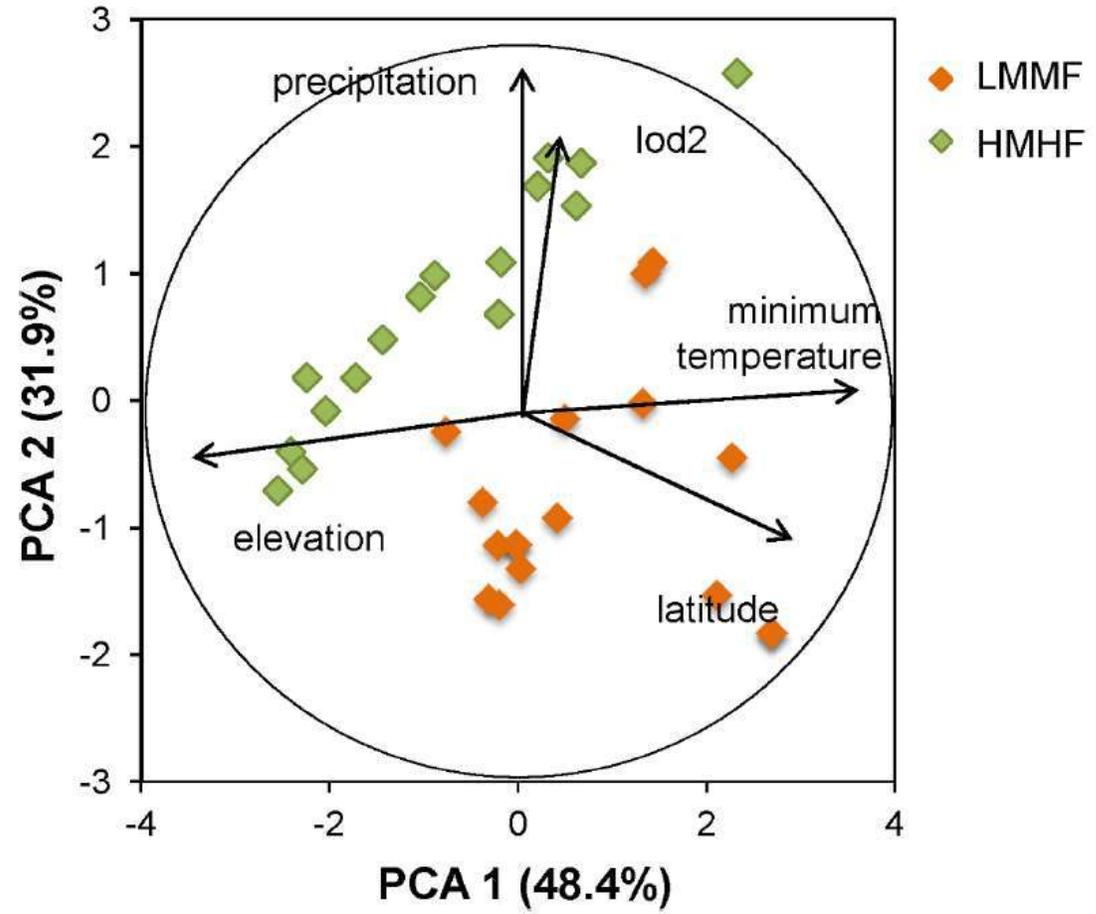
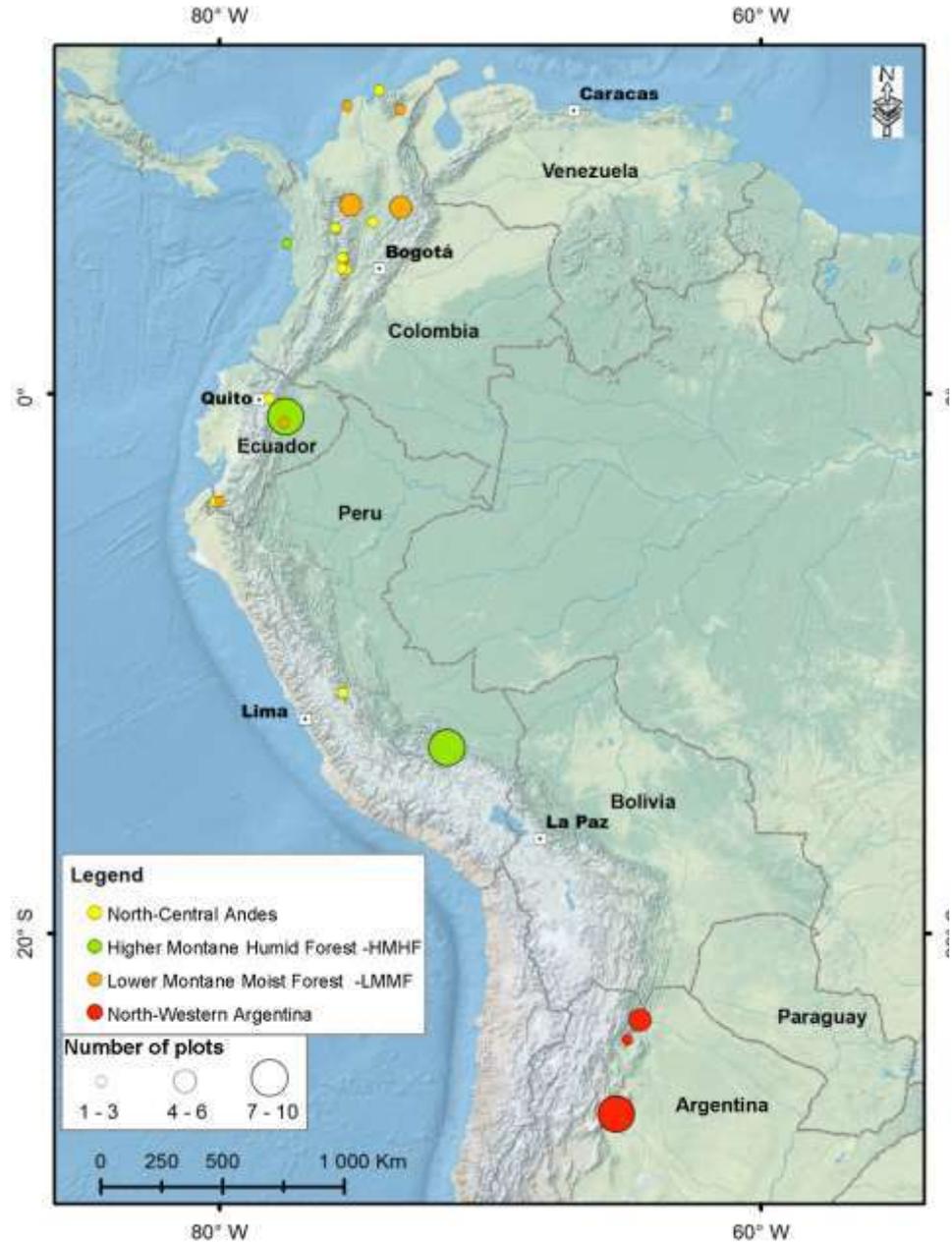


Fig 2. Classification of 32 North-Central Andean permanent plots. Classification according to the plot's scores in the first two factors of a Principal Component Analysis.

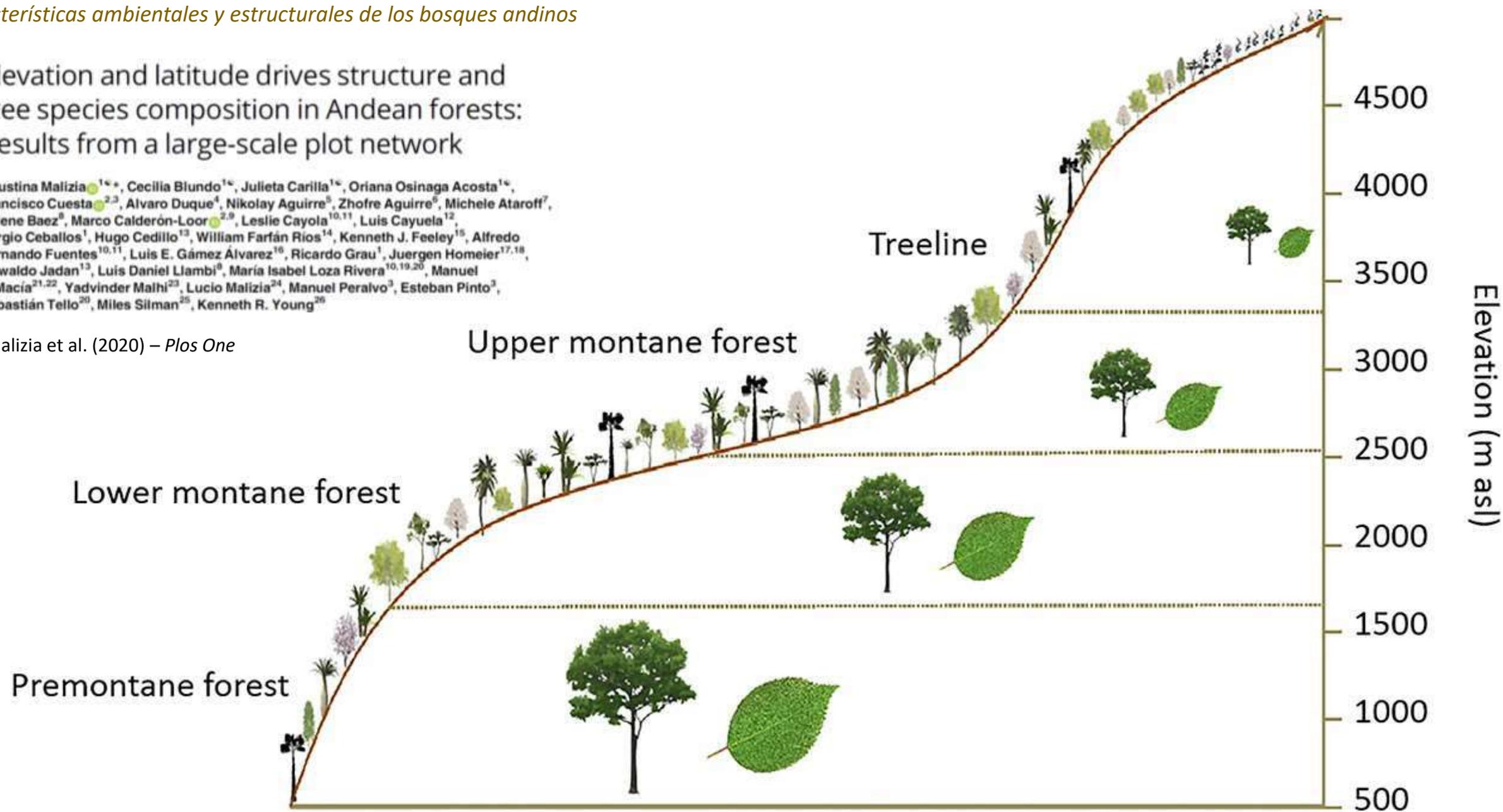
Los Bosques Andinos (I)

Características ambientales y estructurales de los bosques andinos

Elevation and latitude drives structure and tree species composition in Andean forests:
Results from a large-scale plot network

Agustina Malizia^{1,4,*}, Cecilia Blundo^{1,4}, Julieta Carilla^{1,4}, Oriana Osinaga Acosta^{1,4},
Francisco Cuesta^{2,3}, Alvaro Duque⁴, Nikolay Aguirre⁵, Zhofre Aguirre⁶, Michele Ataroff⁷,
Selene Baez⁸, Marco Calderón-Lloor^{2,9}, Leslie Cayola^{10,11}, Luis Cayuela¹²,
Sergio Ceballos¹, Hugo Cedillo¹³, William Farfán Ríos¹⁴, Kenneth J. Feeley¹⁵, Alfredo
Fernando Fuentes^{10,11}, Luis E. Gámez Álvarez¹⁶, Ricardo Grau¹, Juergen Homeier^{17,18},
Oswaldo Jadan¹³, Luis Daniel Llambi⁹, María Isabel Loza Rivera^{10,19,20}, Manuel
J. Macía^{21,22}, Yadvinder Malhi²³, Lucio Malizia²⁴, Manuel Peralvo³, Esteban Pinto³,
Sebastián Tello²⁰, Miles Silman²⁵, Kenneth R. Young²⁶

Malizia et al. (2020) – *Plos One*



Los Bosques Andinos (I)

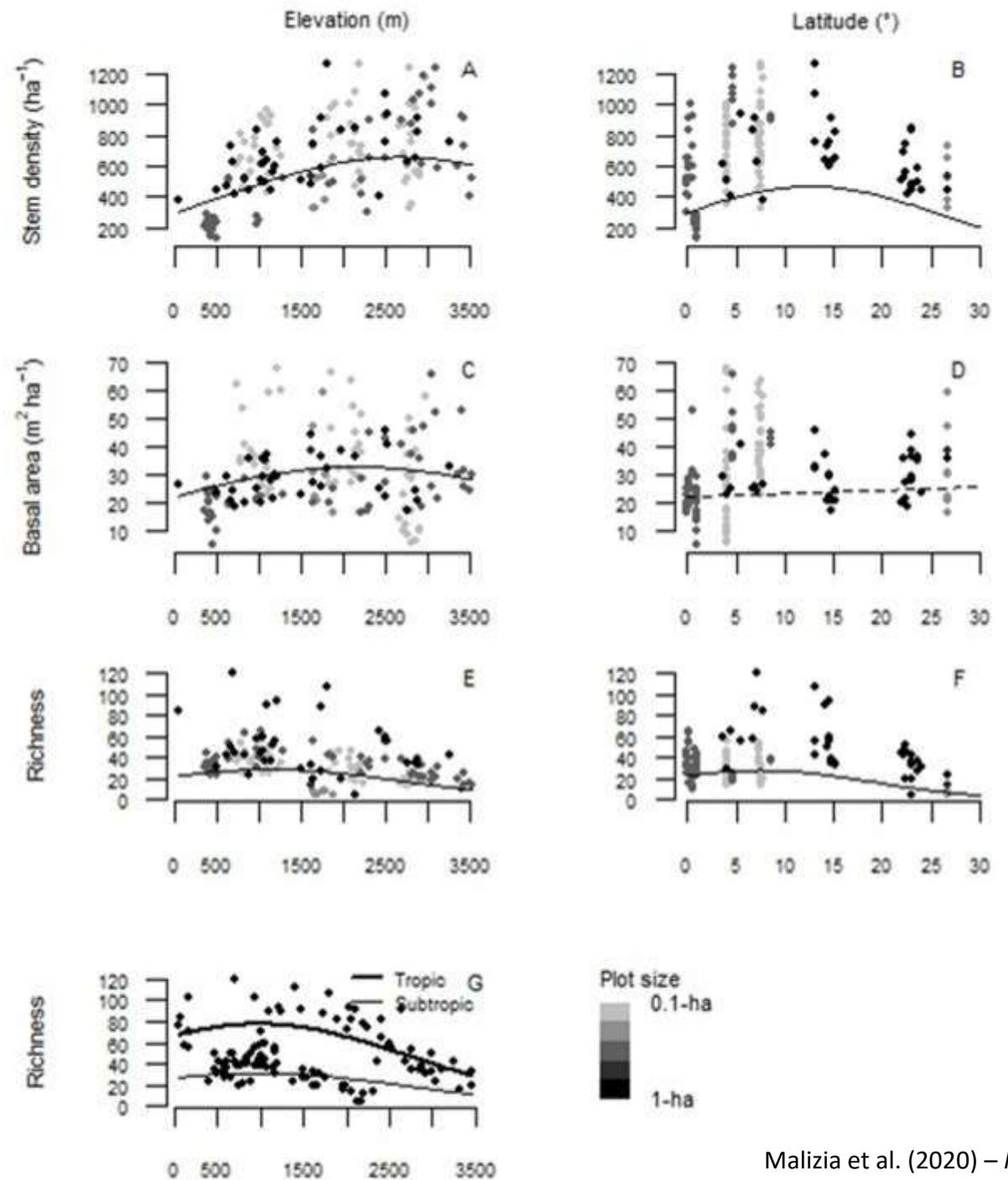
Características ambientales y estructurales de los bosques andinos

Elevation and latitude drives structure and tree species composition in Andean forests: Results from a large-scale plot network

Agustina Malizia^{1,2,*}, Cecilia Blundo^{1,4}, Julieta Carilla^{1,4}, Oriana Osinaga Acosta^{1,4}, Francisco Cuesta^{2,3}, Alvaro Duque⁴, Nikolay Aguirre⁵, Zhofre Aguirre⁶, Michele Ataroff⁷, Selene Baez⁸, Marco Calderón-Loor^{2,9}, Leslie Cayola^{10,11}, Luis Cayuela¹², Sergio Ceballos¹, Hugo Cedillo¹³, William Farfán Ríos¹⁴, Kenneth J. Feeley¹⁵, Alfredo Fernando Fuentes^{10,11}, Luis E. Gámez Álvarez¹⁶, Ricardo Grau¹, Juergen Homeier^{17,18}, Oswaldo Jadan¹³, Luis Daniel Llambi⁹, María Isabel Loza Rivera^{10,19,20}, Manuel J. Macía^{21,22}, Yadvinder Malhi²³, Lucio Malizia²⁴, Manuel Peralvo³, Esteban Pinto³, Sebastián Tello²⁰, Miles Silman²⁵, Kenneth R. Young²⁶

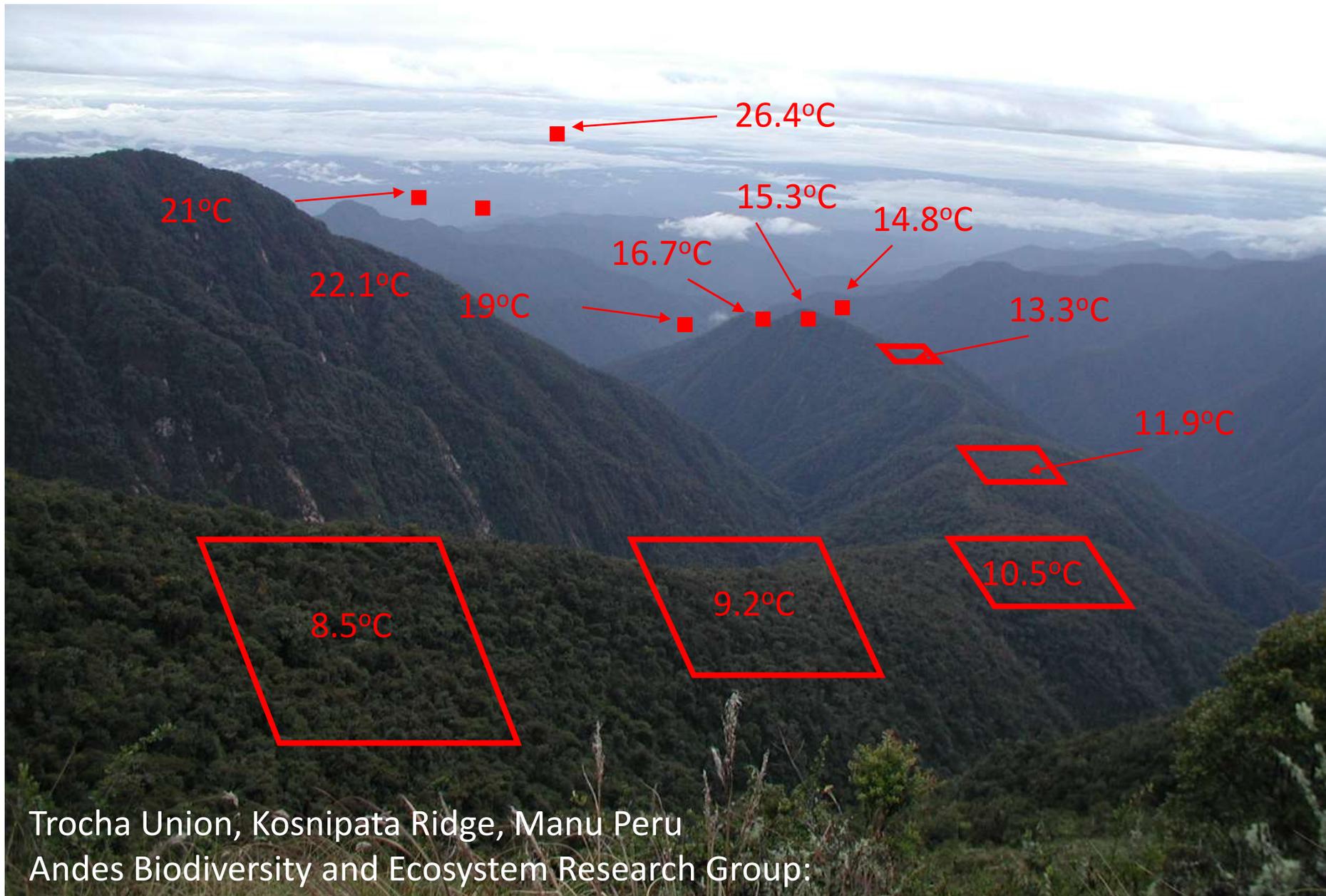


© C. Girardin



Los Bosques Andinos (I)

Características ambientales y estructurales de los bosques andinos

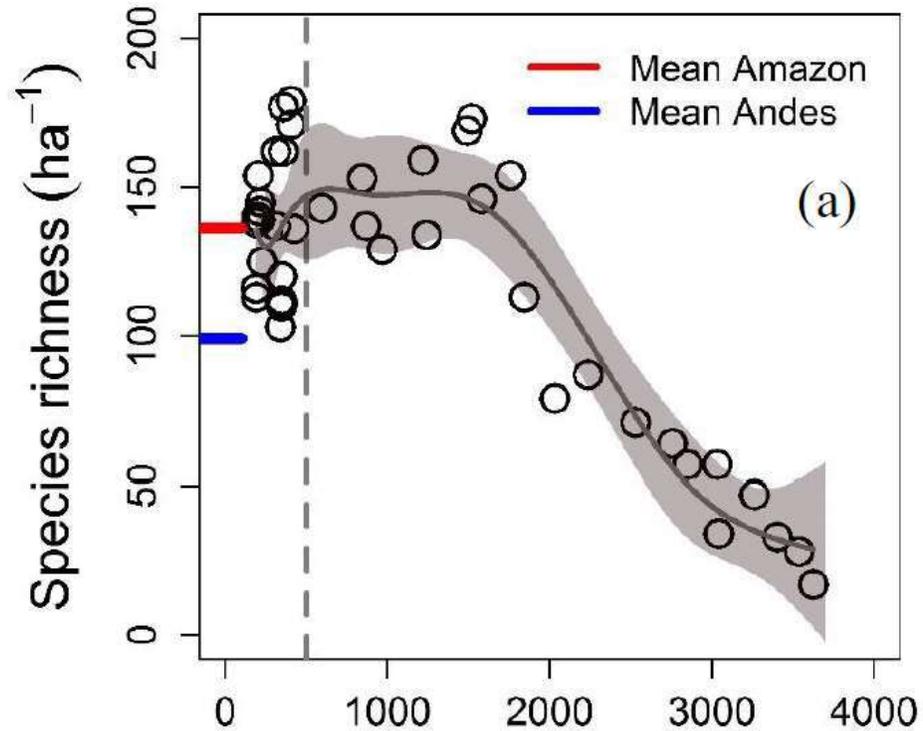


Trocha Union, Kosnipata Ridge, Manu Peru
Andes Biodiversity and Ecosystem Research Group:

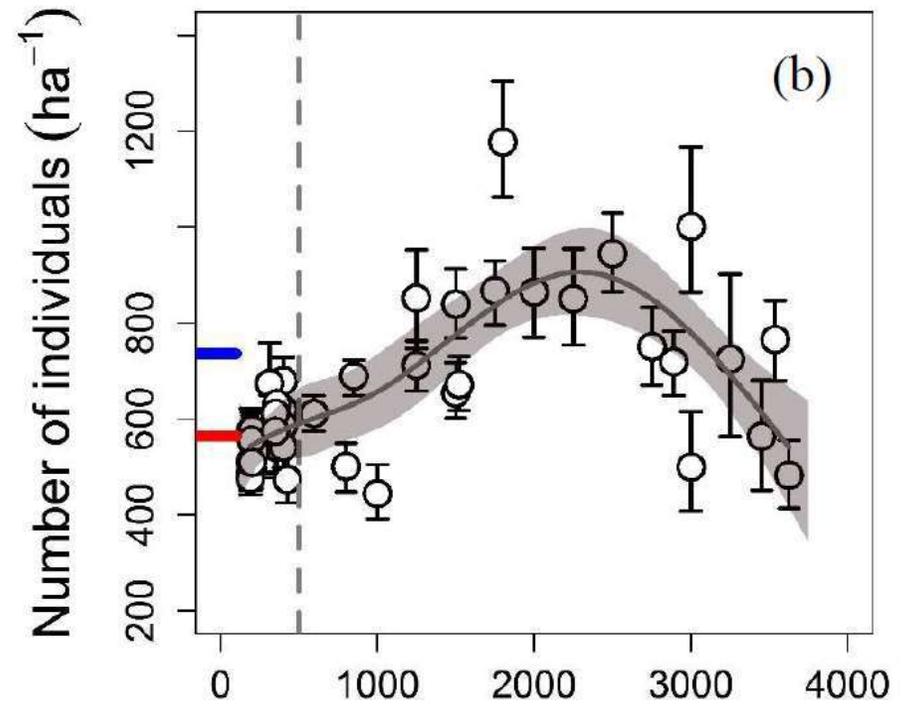
Lámina tomada del Dr. Yadvinder Malhi

Los Bosques Andinos (I)

Características ambientales y estructurales de los bosques andinos



➡ ~ La riqueza de especies de árboles se mantiene casi constante hasta los 1700 metros



➡ ~ La densidad de árboles alcanza un máximo alrededor de los 2000 metros

Los Bosques Andinos (I)

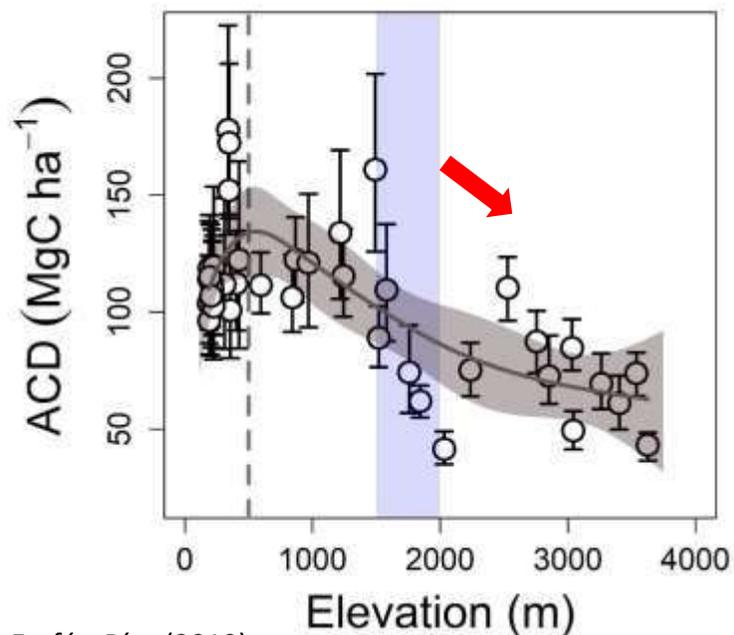
Características ambientales y estructurales de los bosques andinos

Table 1 Andean forest cover and total Above Ground Carbon (AGC) stocks (Pg) per elevation band range, estimated for the years 2003 and 2014.

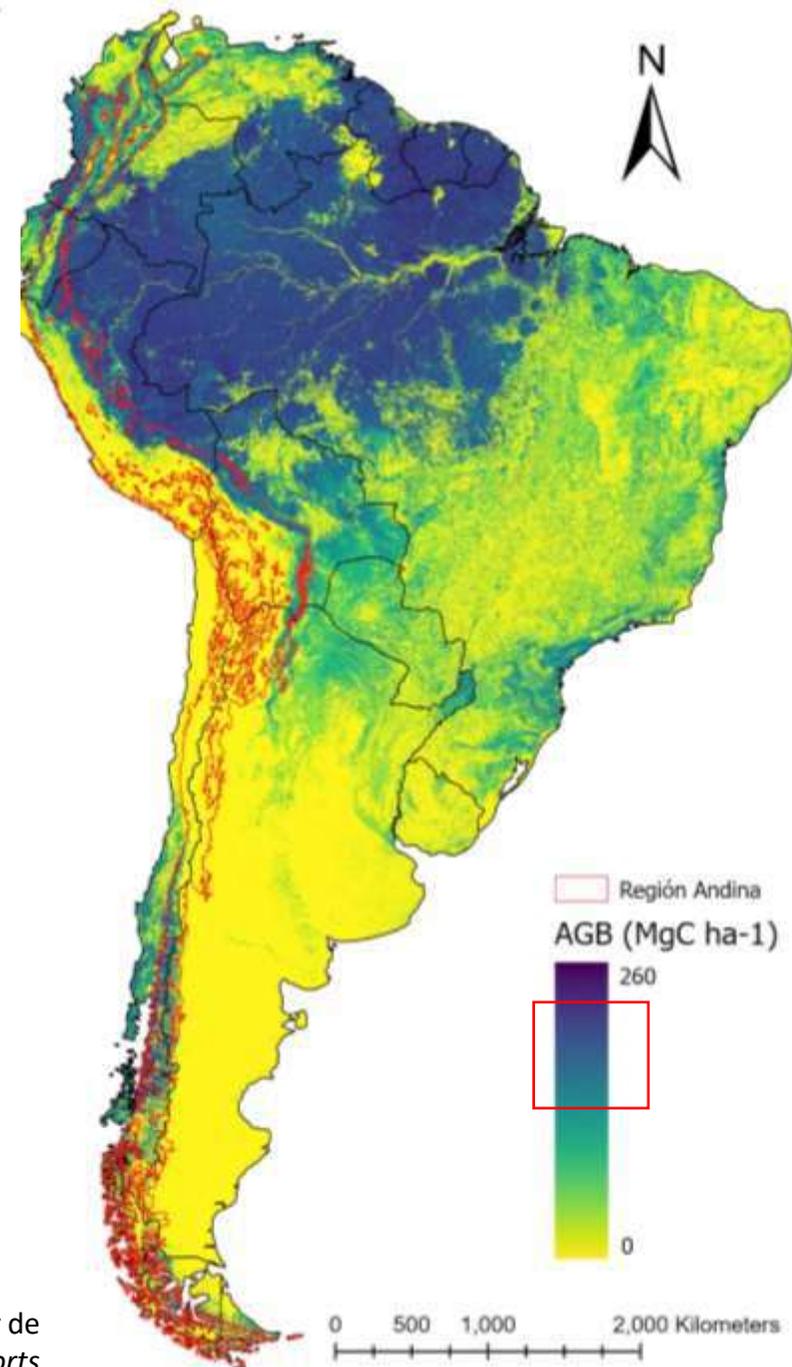
Elevation range (m asl)	AGC stock initial census (Mg C ha ⁻¹)	AGC stock final census (Mg C ha ⁻¹)	Forest cover (km ²)		Total AGC stocks (Pg)	
			2003	2014	2003	2014
500-1200	71.89 (62.97-81.37)	88.85 (70.79-105.86)	237,820.21	230,115.49	1.71 (1.50-1.94)	2.04 (1.63-2.44)
1200-2000	73.85 (65.11-81.83)	73.25 (65.47-80.93)	175,122.11	171,684.02	1.29 (1.14-1.43)	1.26 (1.12-1.39)
2000-2800	63.33 (49.72-76.63)	62.96 (52.16-74.09)	94,961.05	93,844.90	0.60 (0.47-0.73)	0.59 (0.49-0.70)
2800-3600	56.69 (50.52-63.12)	59.60 (49.13-74.09)	39,172.57	38,744.63	0.22 (0.20-0.25)	0.23 (0.19-0.29)
Weighted mean	69.94 (60.46-79.39)	77.17 (64.24-89.97)	547,075.95	534,389.05	3.83 (3.31-4.34)	4.12 (3.43-4.81)

AGC stocks are estimated at initial and final censuses multiplied by forest area for 2003 and 2014, respectively (mean and bootstrapped 95% CI) (see Main text). The total C forest stock is the total estimated amount for each elevational band and the whole subtropical and tropical Andean region. The weighted mean represents the overall mean weighted by forest cover according to either the initial (2003) or final (2014) census.

Duque et al. (2021) – Nat. Comms.



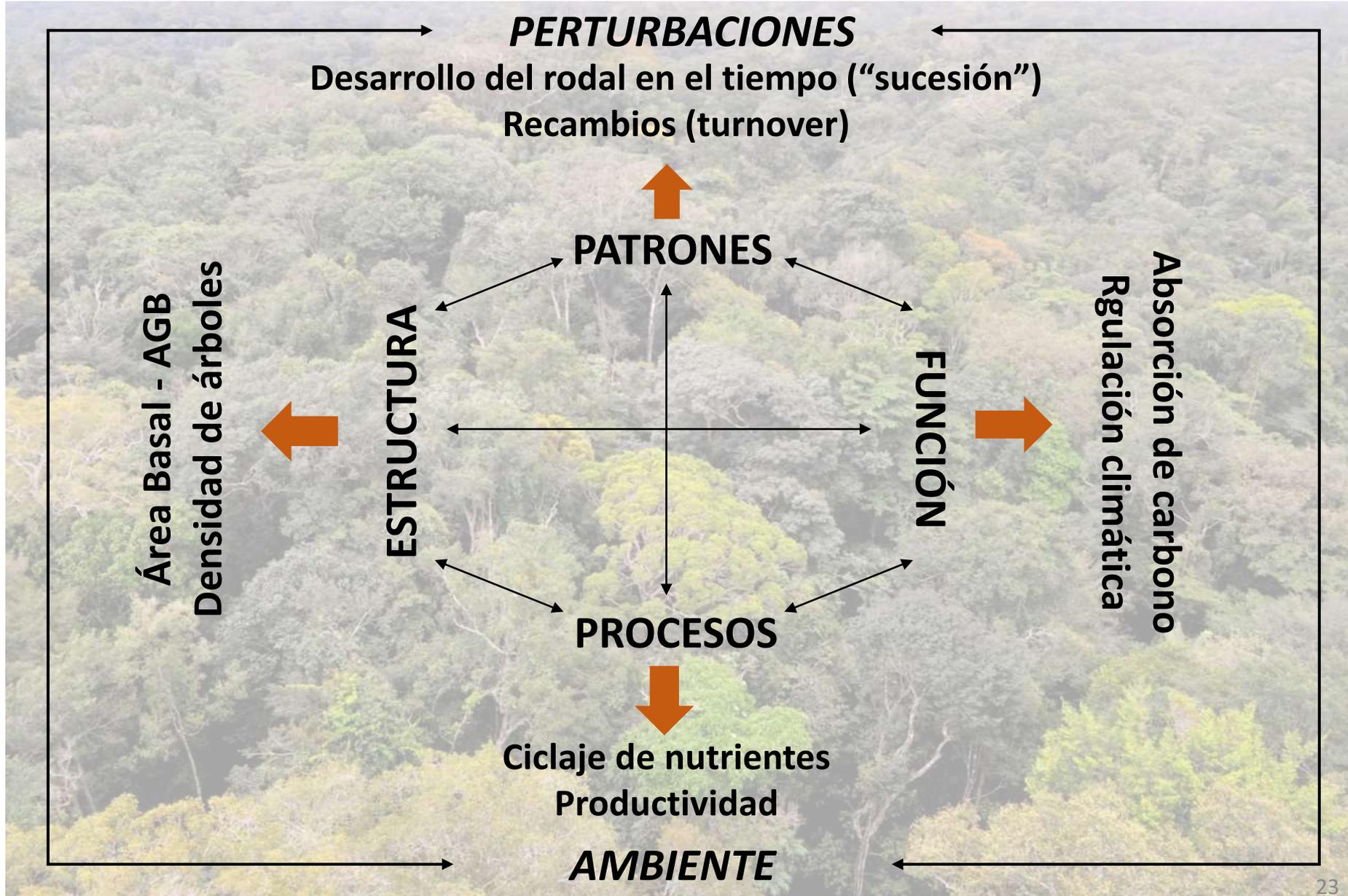
Farfán-Ríos (2019)



Mapa elaborado a partir de Spawn et al. (2020) *Scientific reports*

Los Bosques Andinos (I)

Características del regimen de perturbación en los bosques andinos



Los Bosques Andinos (I)

Características del regimen de perturbación en los bosques andinos

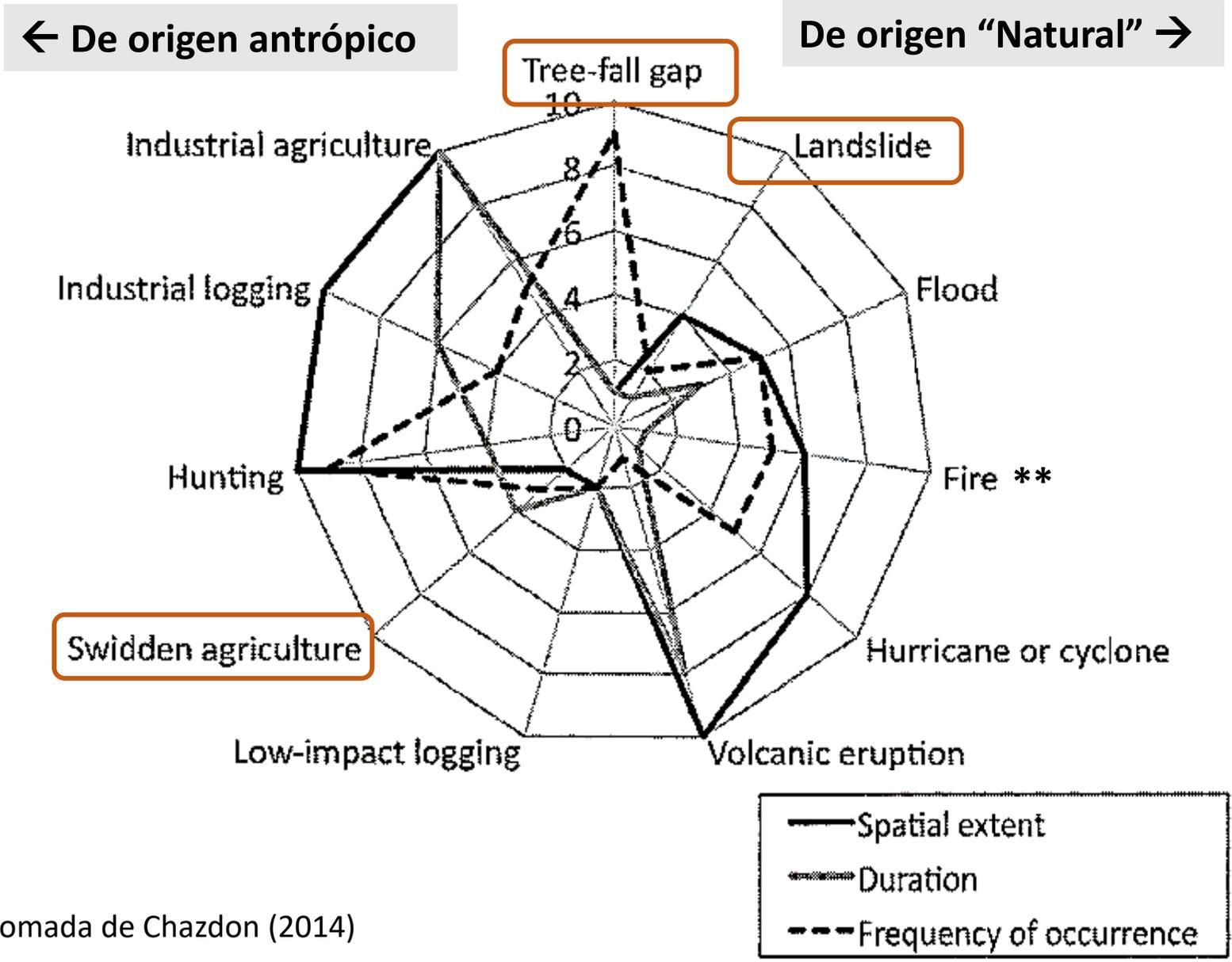


Figura tomada de Chazdon (2014)

Los Bosques Andinos (I)

Características del regimen de perturbación en los bosques andinos – un asunto de escala



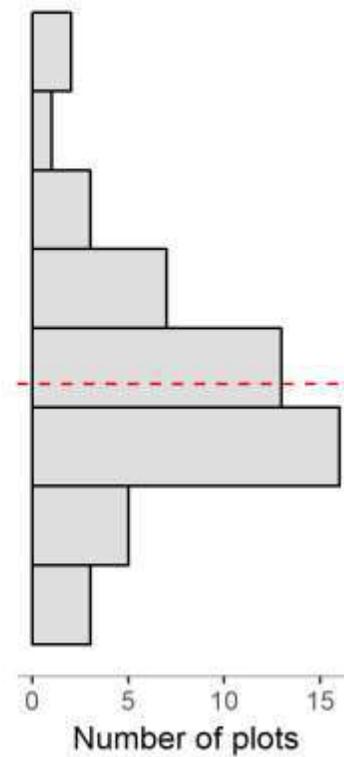
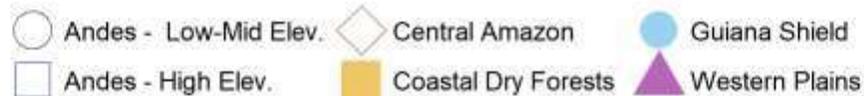
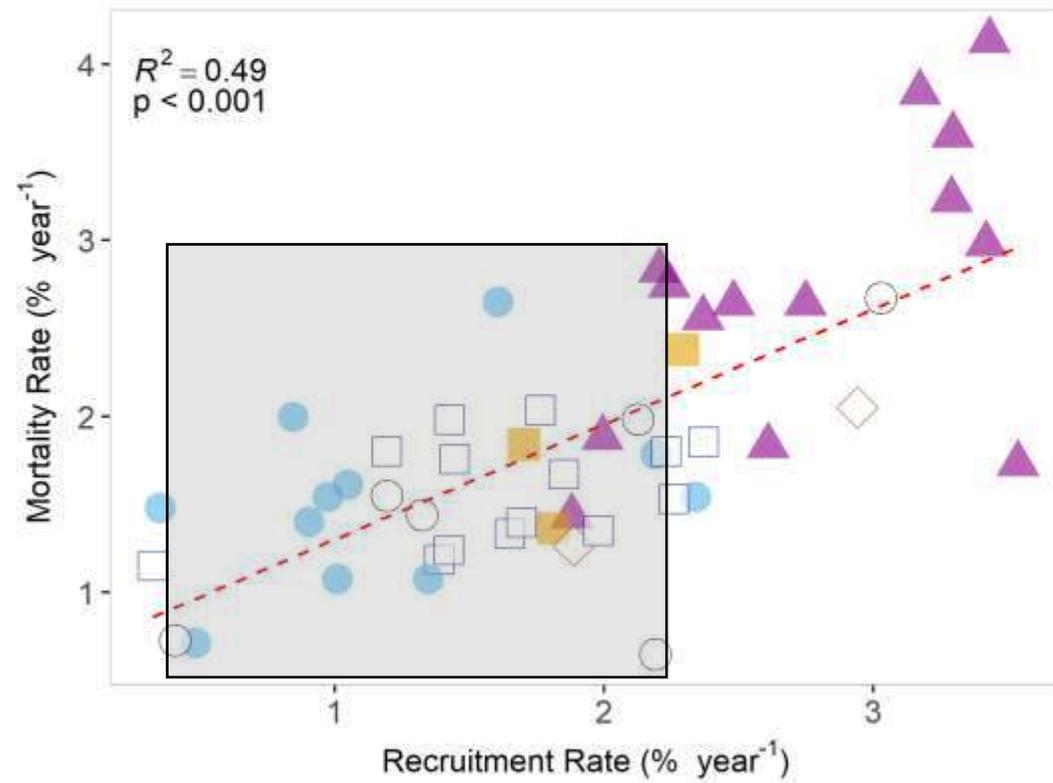
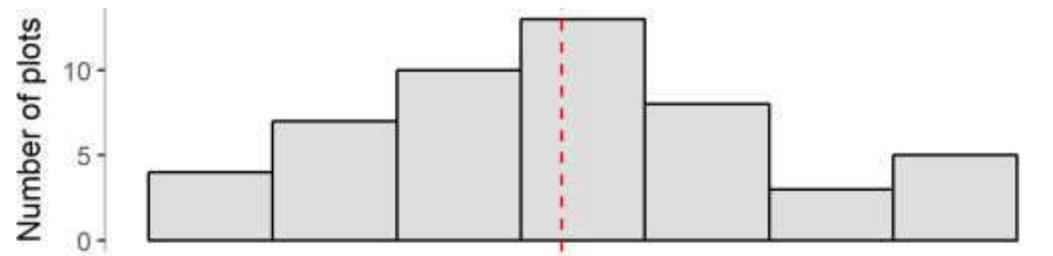
~ Peru, © Yadvinder Malhi



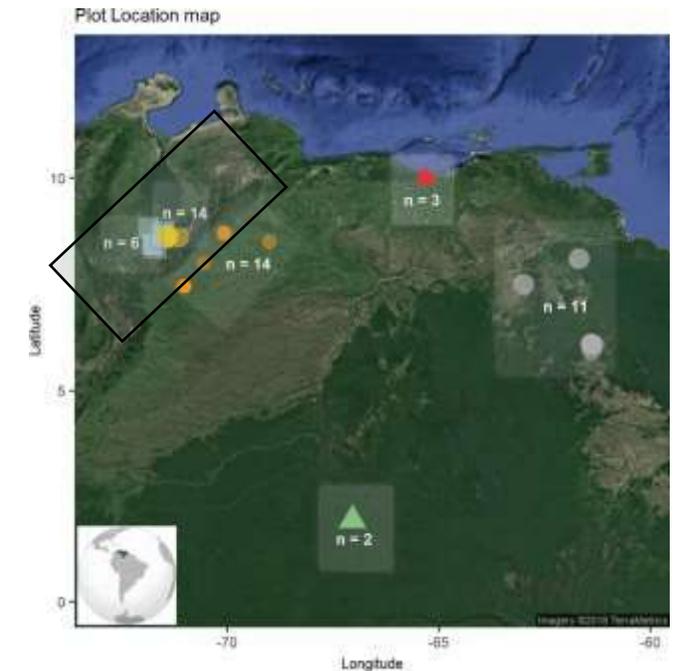
~ San Eusebio, Venezuela

Bosques Andinos (II)

Dinámica: mortalidad, reclutamiento, recambio



~ San Eusebio, Venezuela © Luis Gamez



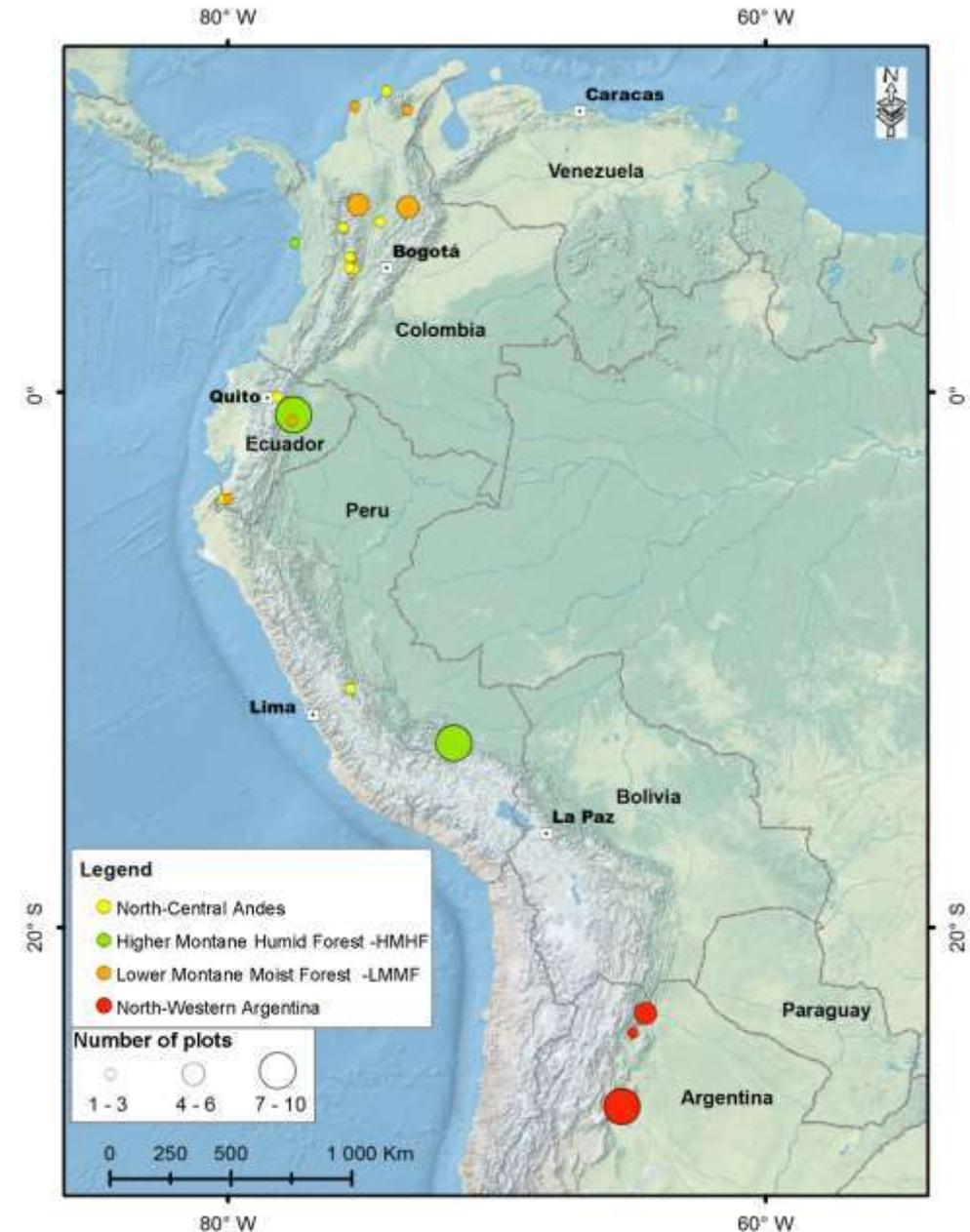
Bosques Andinos (II)

Dinámica: mortalidad, reclutamiento, recambio

	LMMF Mean \pm SE (Min-Max) n = 16	HMHF Mean \pm SE (Min-Max) n = 16
Basal area change (% ha ⁻¹ yr ⁻¹)	0.84 \pm 0.26 (-0.71–2.86)	-0.19 \pm 0.25 (-2.44–1.11)
Tree growth (m ² ha ⁻¹ yr ⁻¹)	0.39 \pm 0.02 (0.23–0.56)	0.36 \pm 0.03 (0.12–0.75)
Relative tree growth (% ha ⁻¹ yr ⁻¹)	2.23 \pm 0.18 (1.48–4.16)	1.32 \pm 0.11 (0.45–2.28)
Tree recruitment rate (% yr ⁻¹)	1.71 \pm 0.23 (0.47–3.45)	0.99 \pm 0.13 (0.00–2.10)
Tree mortality rate (% yr ⁻¹)	2.27 \pm 0.29 (0.77–5.39)	2.24 \pm 0.30 (0.52–4.74)

Baez et al. (2015) – *Plos One*

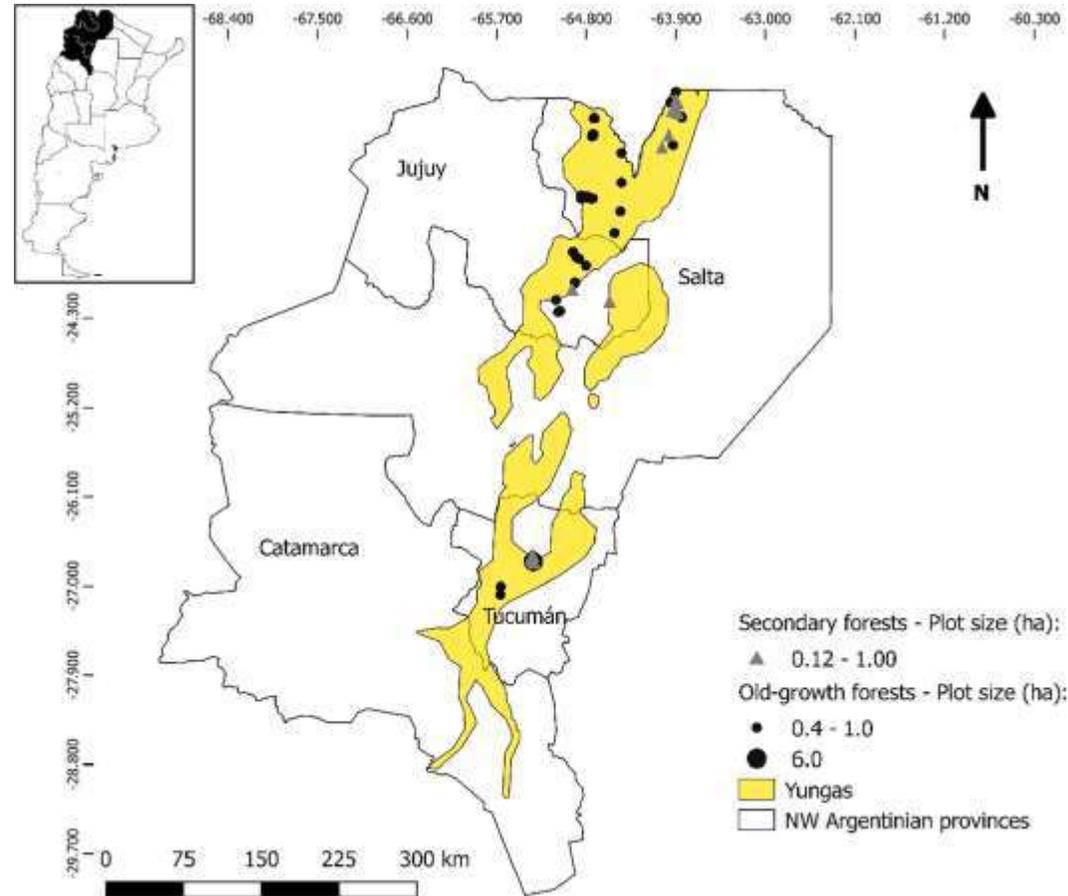
~ Perú, © Yadvinder Malhi



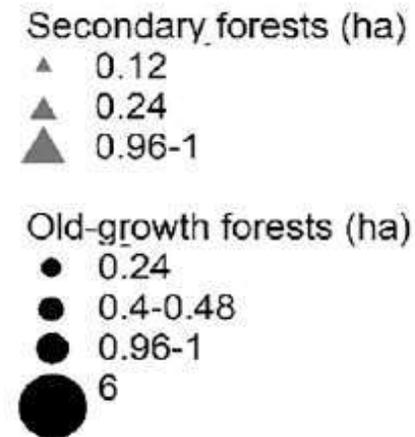
Baez et al. (2015) – *Plos One*

Bosques Andinos (II)

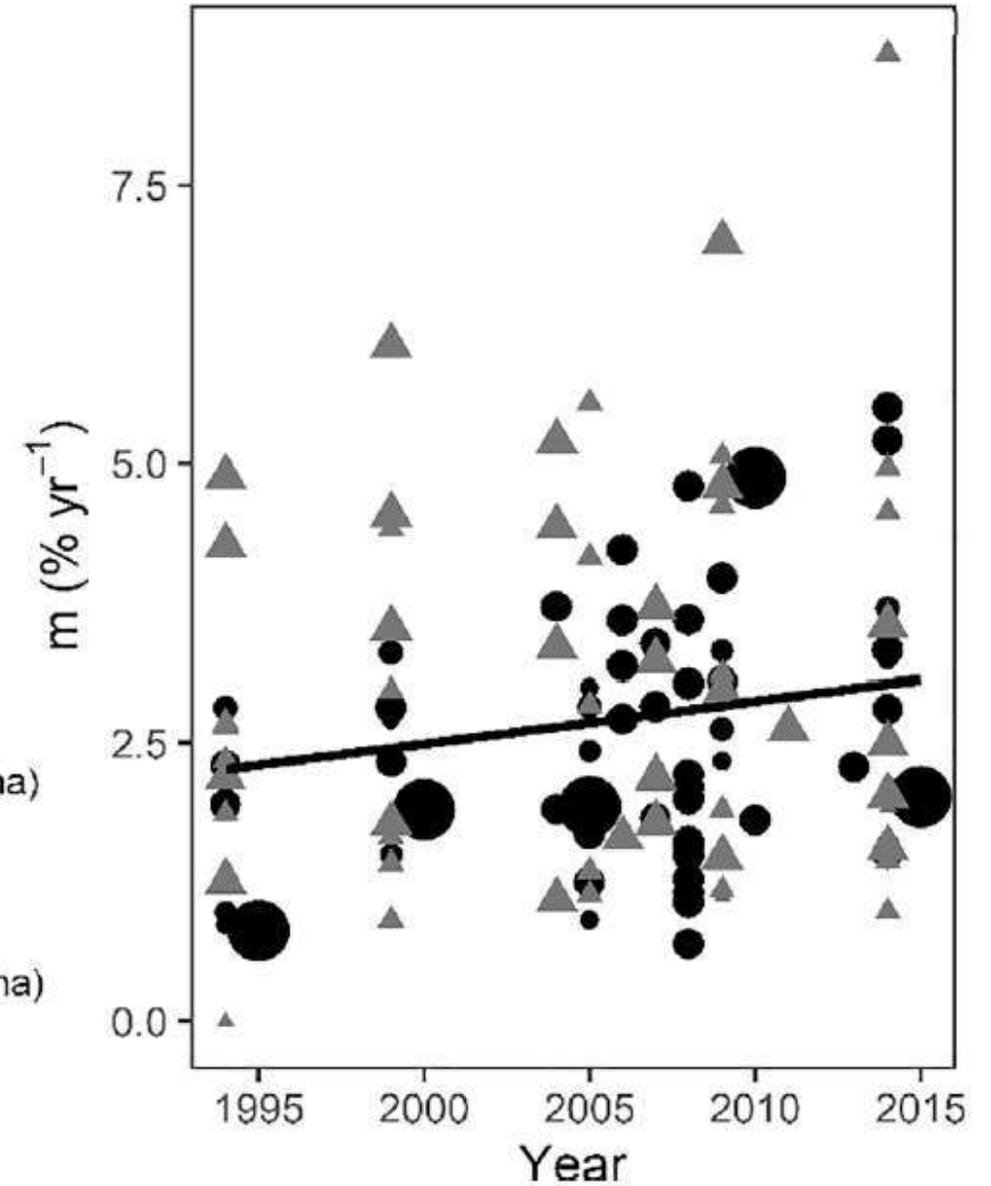
Dinámica temporal: incremento de la mortalidad de árboles en bosques subtropicales



Ceballos et al. (2021) - *Forest Ecology and Management*

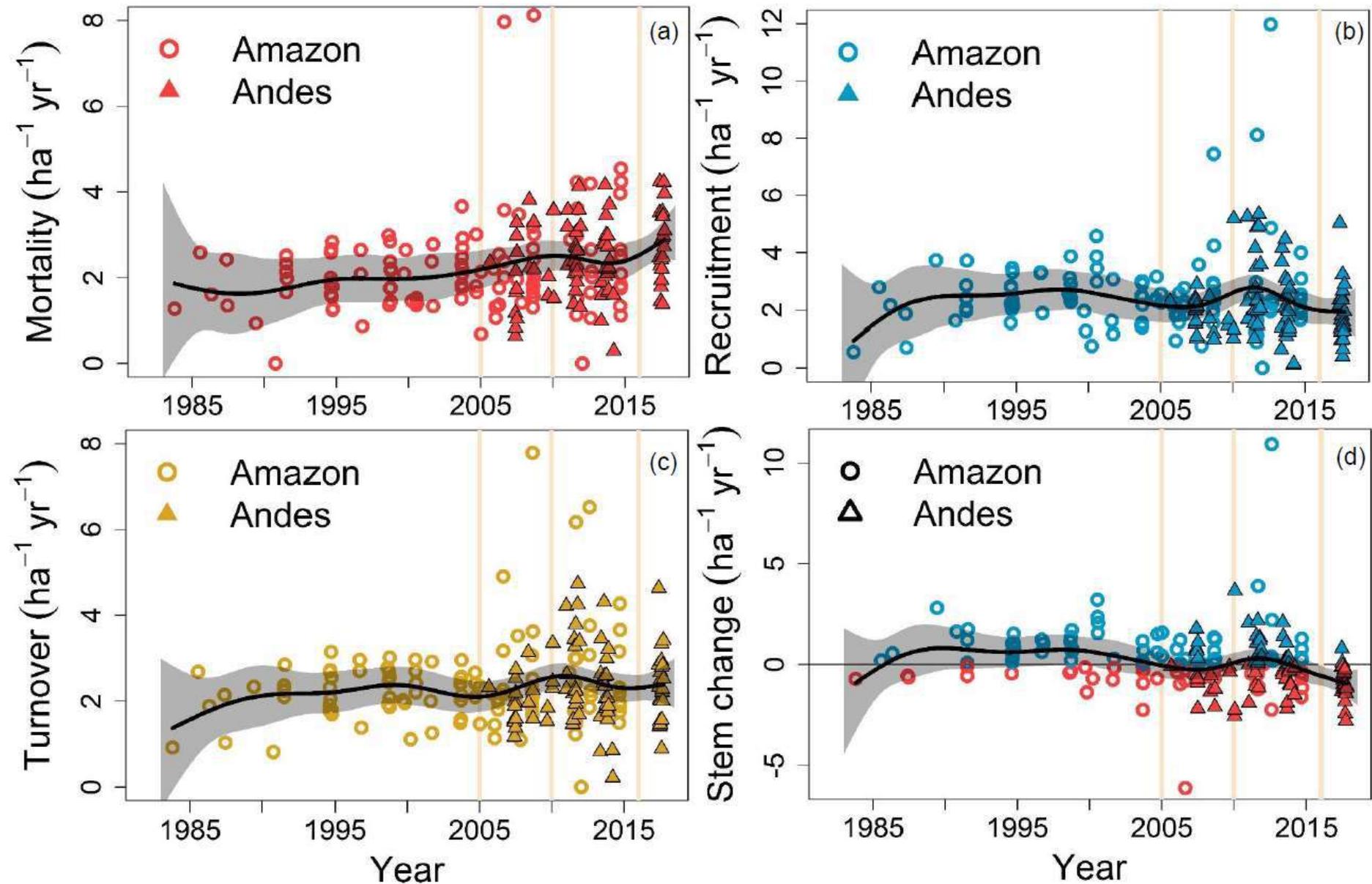


A



Bosques Andinos (II)

Dinámica temporal: tendencias ligeramente positivas en mortalidad en los bosques tropicales de Perú





Bosques Andinos (II)

- Dinámica de los Bosques Andinos - Venezuela
- Efectos del cambio climático

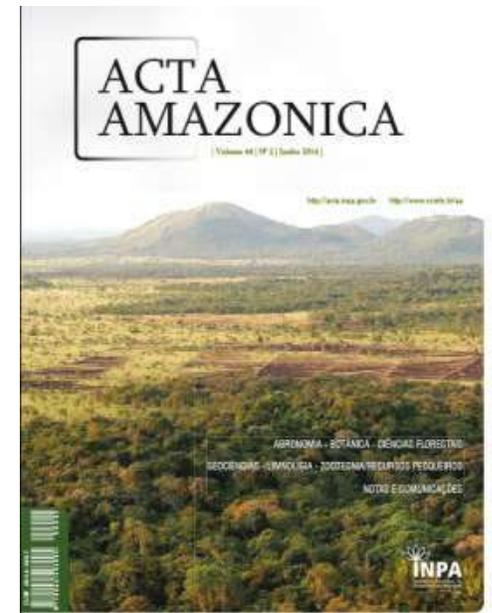
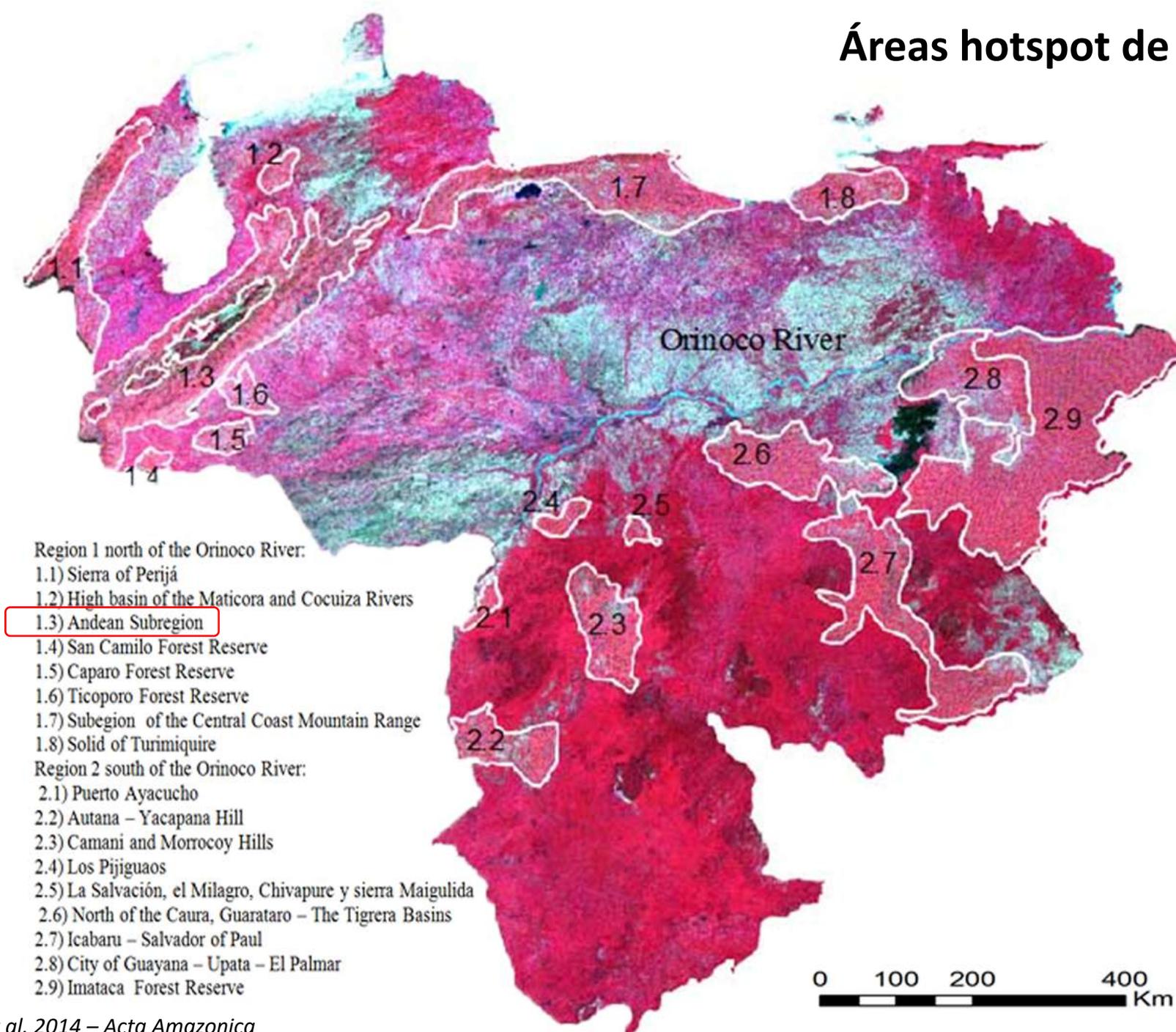


Áreas hotspot de deforestación de Venezuela

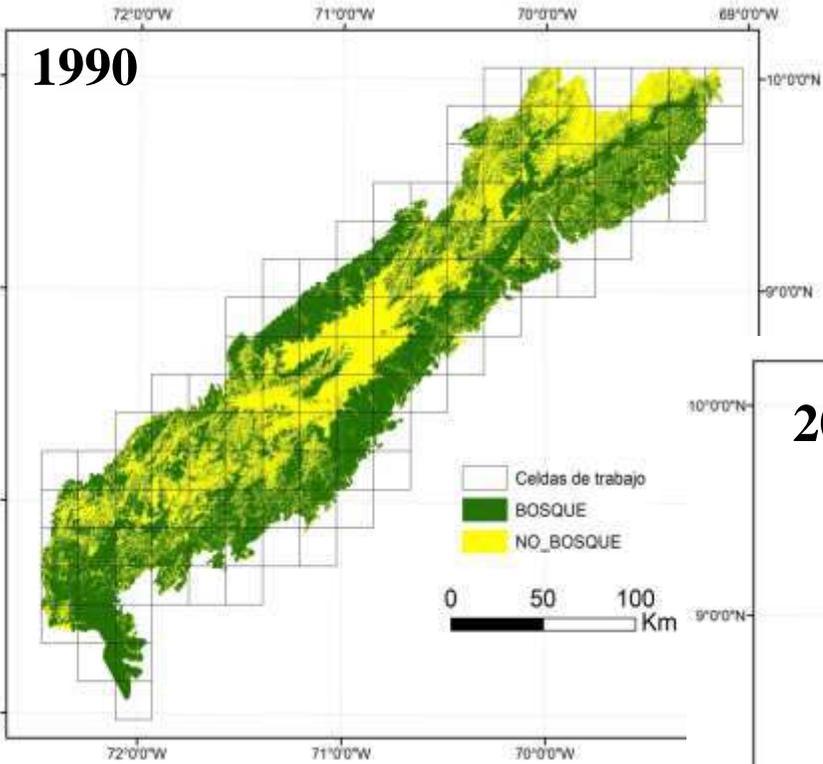
Los Andes

Principales factores de cambio:

- Crecimiento demográfico
- Ganadería
- Agricultura
- Incendios forestales



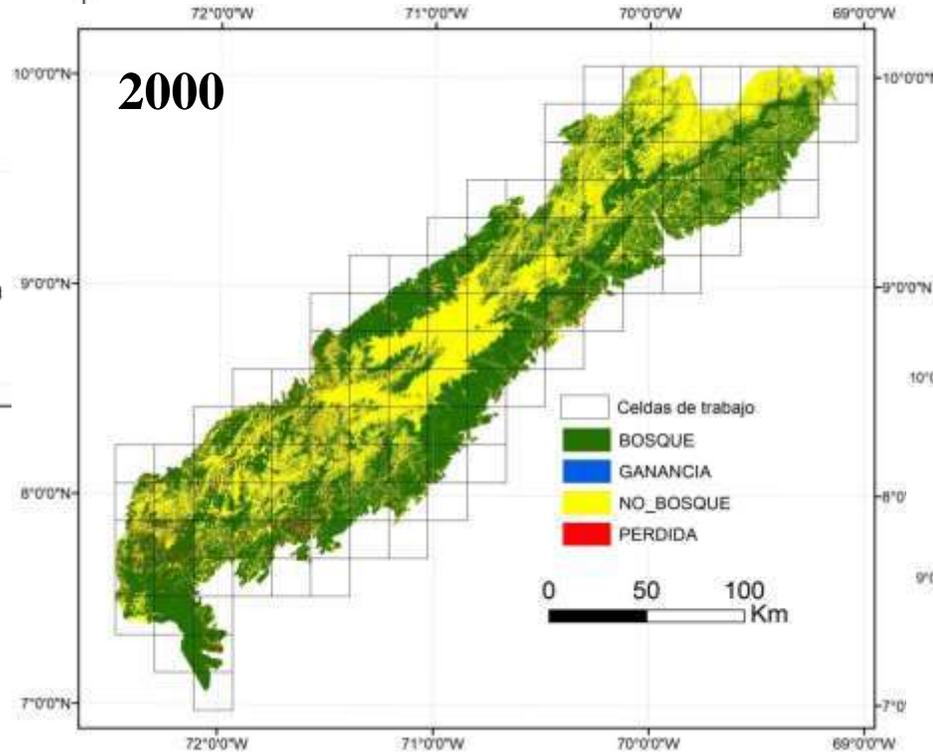
1990



1990			
Clases	Bosque	No Bosque	Total
Bosque	78,72	32,10	60,36
No Bosque	21,28	67,90	39,64
Total	100,00	100,00	100,00

Entre 1990 y 2014 la zona de Los Andes venezolanos perdió cerca del 5% de sus bosques

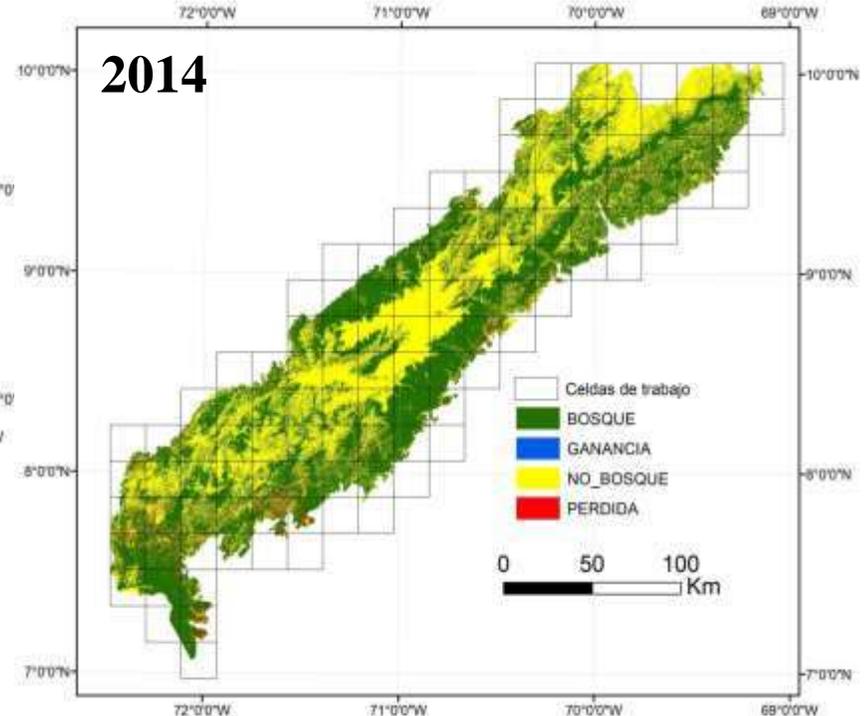
2000



2000			
Clases	Bosque	No Bosque	Total
Bosque	77,52	26,69	58,76
No Bosque	22,48	73,31	41,24
Total	100,00	100,00	100,00

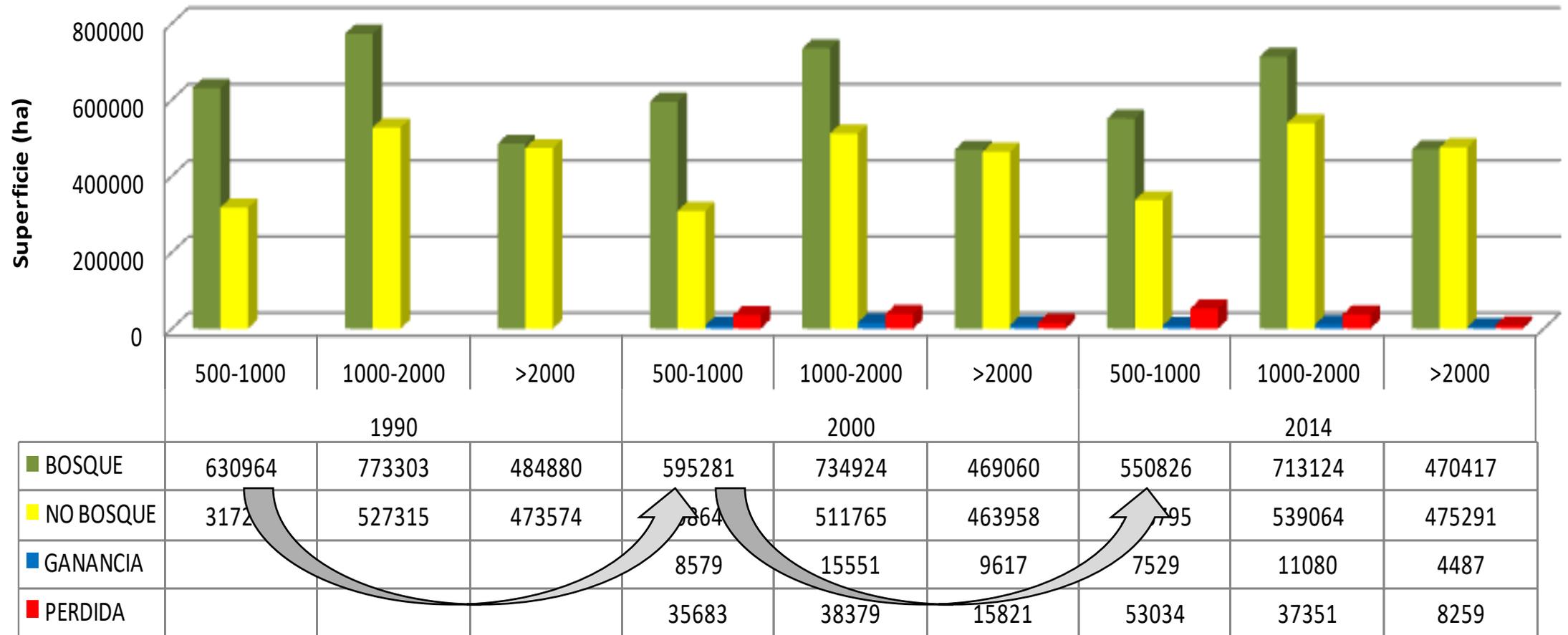


2014



2014			
Clases	Bosque	No Bosque	Total
Bosque	73,58	23,65	56,78
No Bosque	26,42	76,35	43,22
Total	100,00	100,00	100,00

Deforestación en los Andes de Venezuela

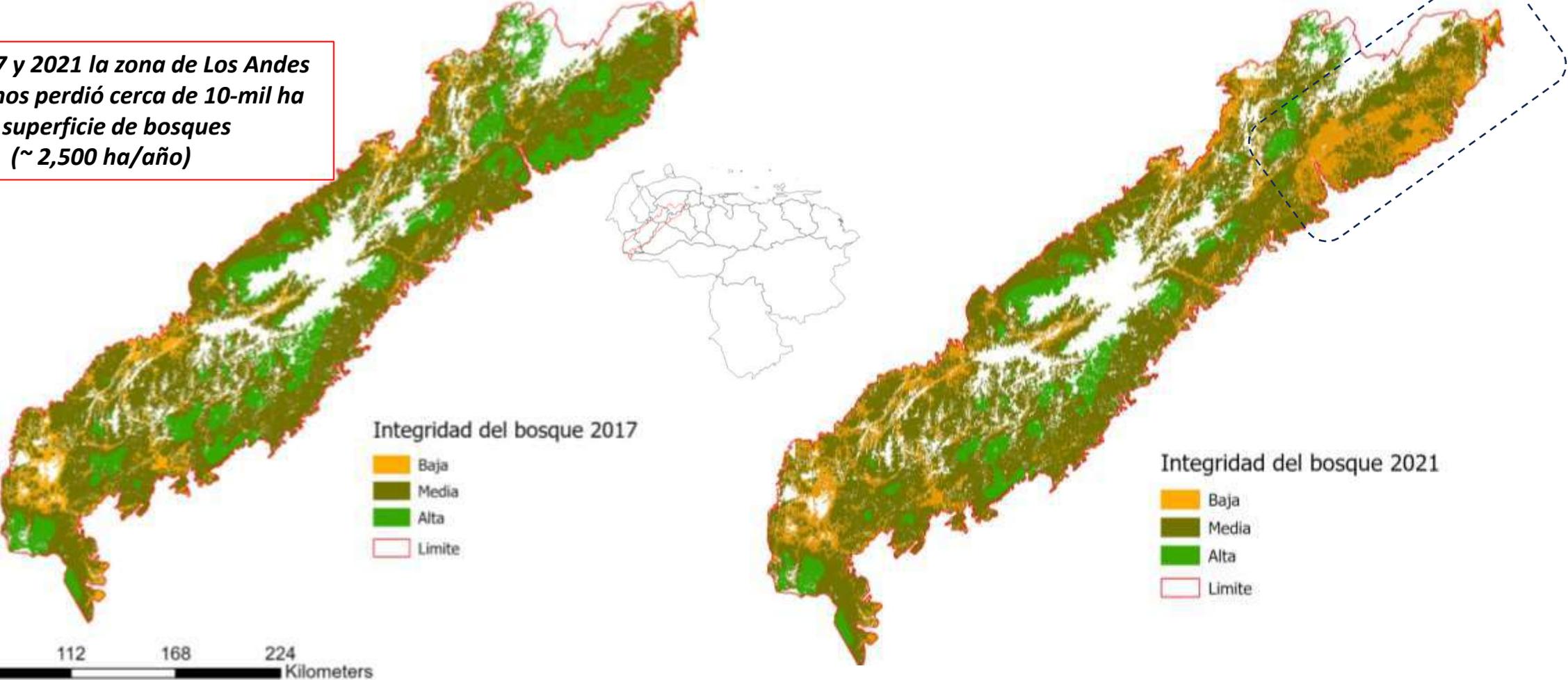


Rango	Promedio Anual 1990-2000 (Pérdidas)	Tasa
500 a 1000	3.568 ha	0,43%
1000 a 2000	3.833 ha	0,30%
>2000	1.582 ha	0,13%

Rango	Promedio Anual 2000-2014 (Pérdidas)	Tasa
500 a 1000	3.788 ha	0,54 %
1000 a 2000	2.668 ha	0,25 %
>2000	596 ha	0,06 %

Deforestación y degradación forestal en los Andes de Venezuela

Entre 2017 y 2021 la zona de Los Andes venezolanos perdió cerca de 10-mil ha de superficie de bosques (~ 2,500 ha/año)



2017 (ha)	2021 (ha)
2,520,418	2,510,417

Integridad	2017	2018	2019	2020	2021
Alta	506,817	370,102	346,101	325,901	260,555
Media	1,757,441	1,851,635	1,830,019	1,750,058	1,700,124
Baja	256,159	295,495	337,963	435,882	549,738

Picos Humboldt y Bonpland - 1950



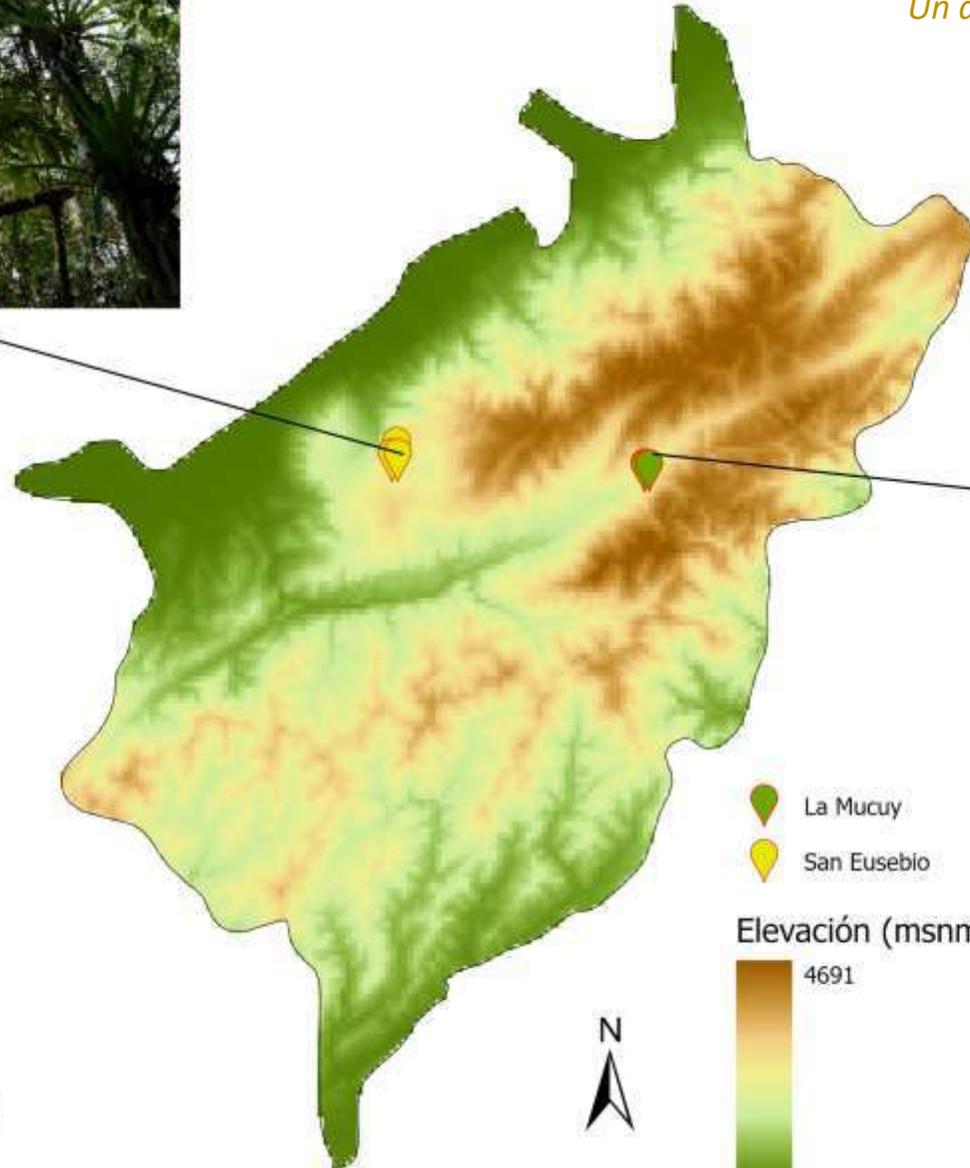
Picos Humboldt y Bonpland - 2007



Fotos del reporte: "El ultimo glaciar" de Helena Carpio. <http://factor.prodavinci.com/elultimoglaciar/index.html>.

Bosques Andinos (II)

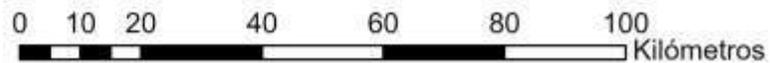
Un análisis preliminar de dos casos de estudio en Venezuela



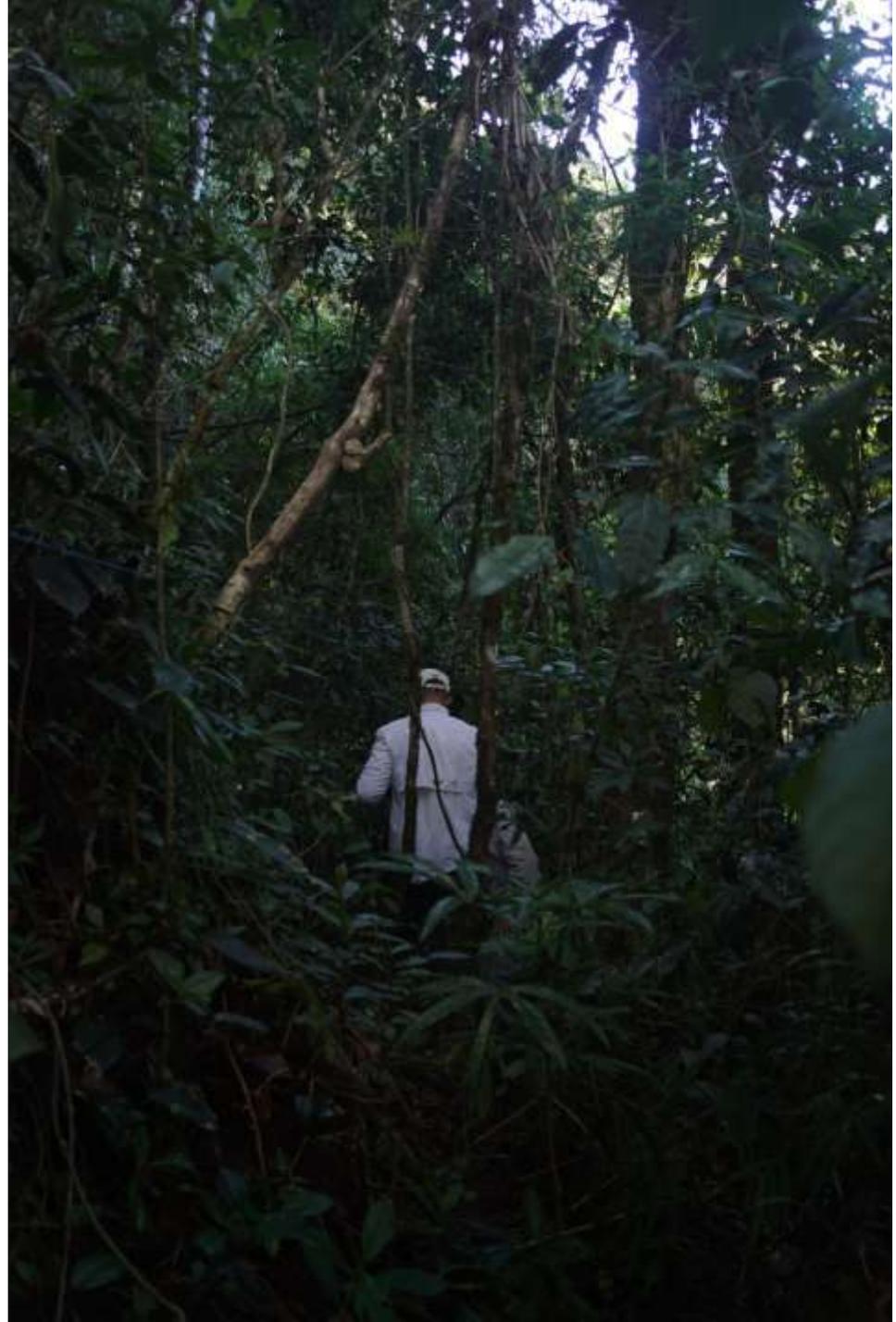
Ubicación relativa global



Ubicación relativa nacional



San Eusebio

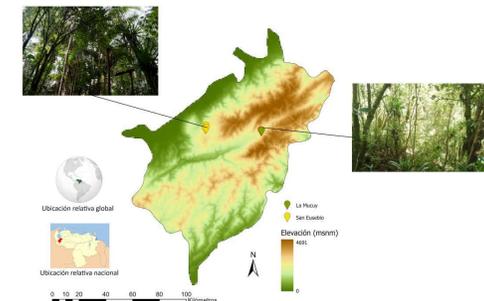


La Mucuy

Bosques Andinos (II)

Un análisis preliminar de dos casos de estudio en Venezuela

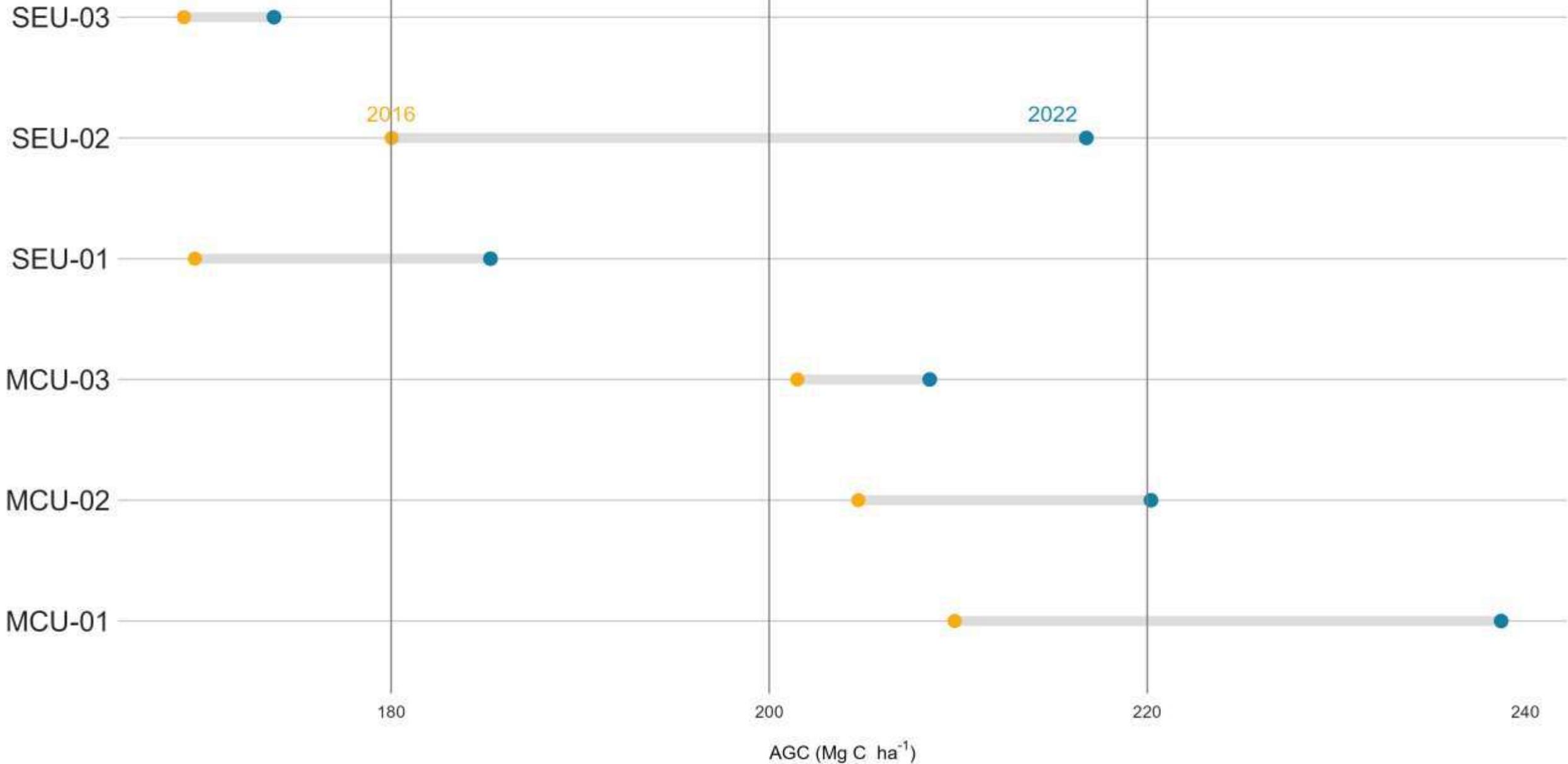
Plot	Mortality rate (% year)	Recruitment rate (% year)	Turnover rate (% year)
MU1	1.23	0.37	0.80
MU2	2.58	0.38	1.48
MU3	1.96	0.38	1.17
SE1	1.93	0.23	1.08
SE2	2.31	0.35	1.33
SE3	1.92	0.30	1.11



Carbono en la biomasa aérea (AGC) 2016-2022

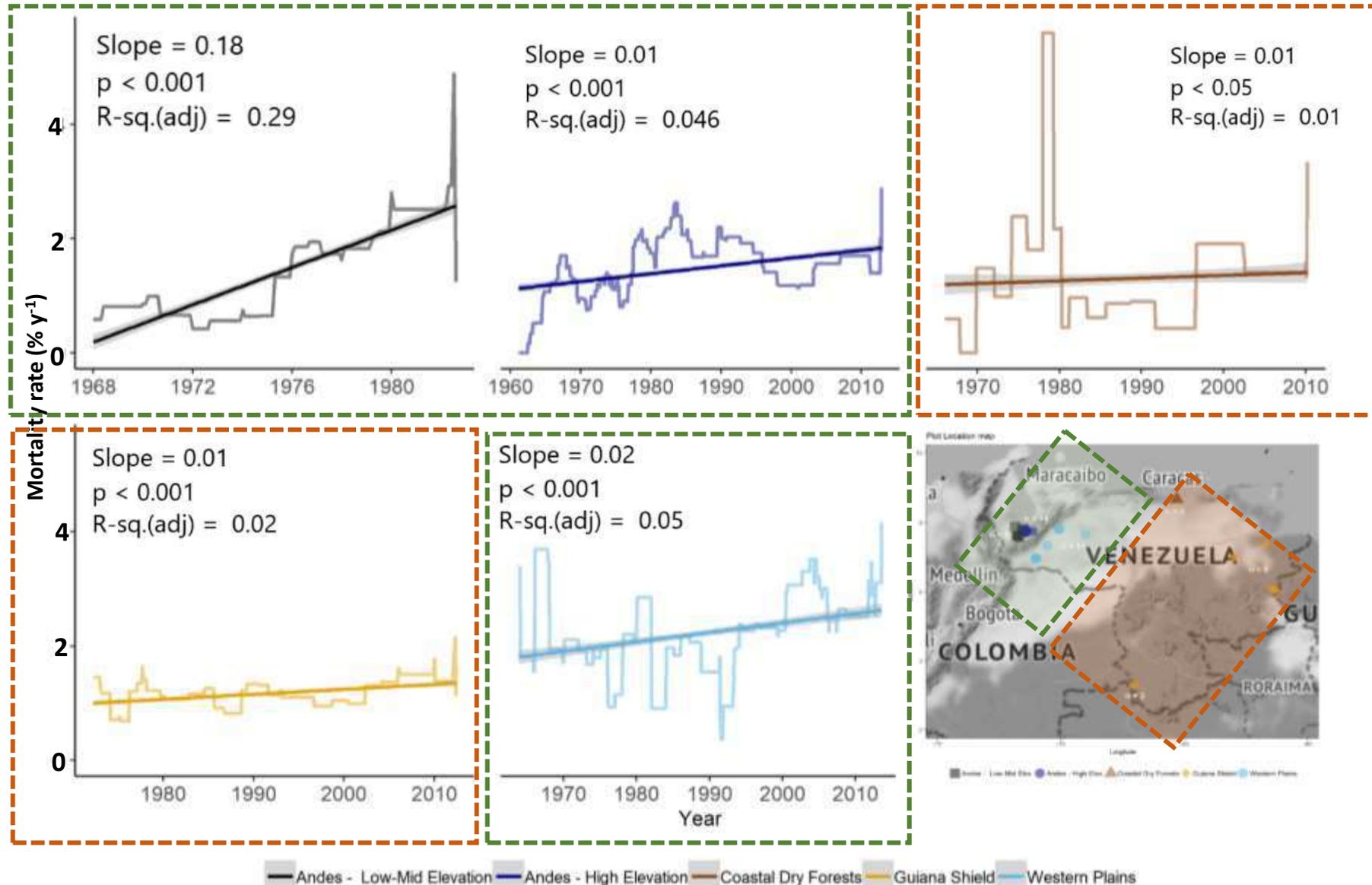
Bosques Andinos (II)

Un análisis preliminar de dos casos de estudio en Venezuela



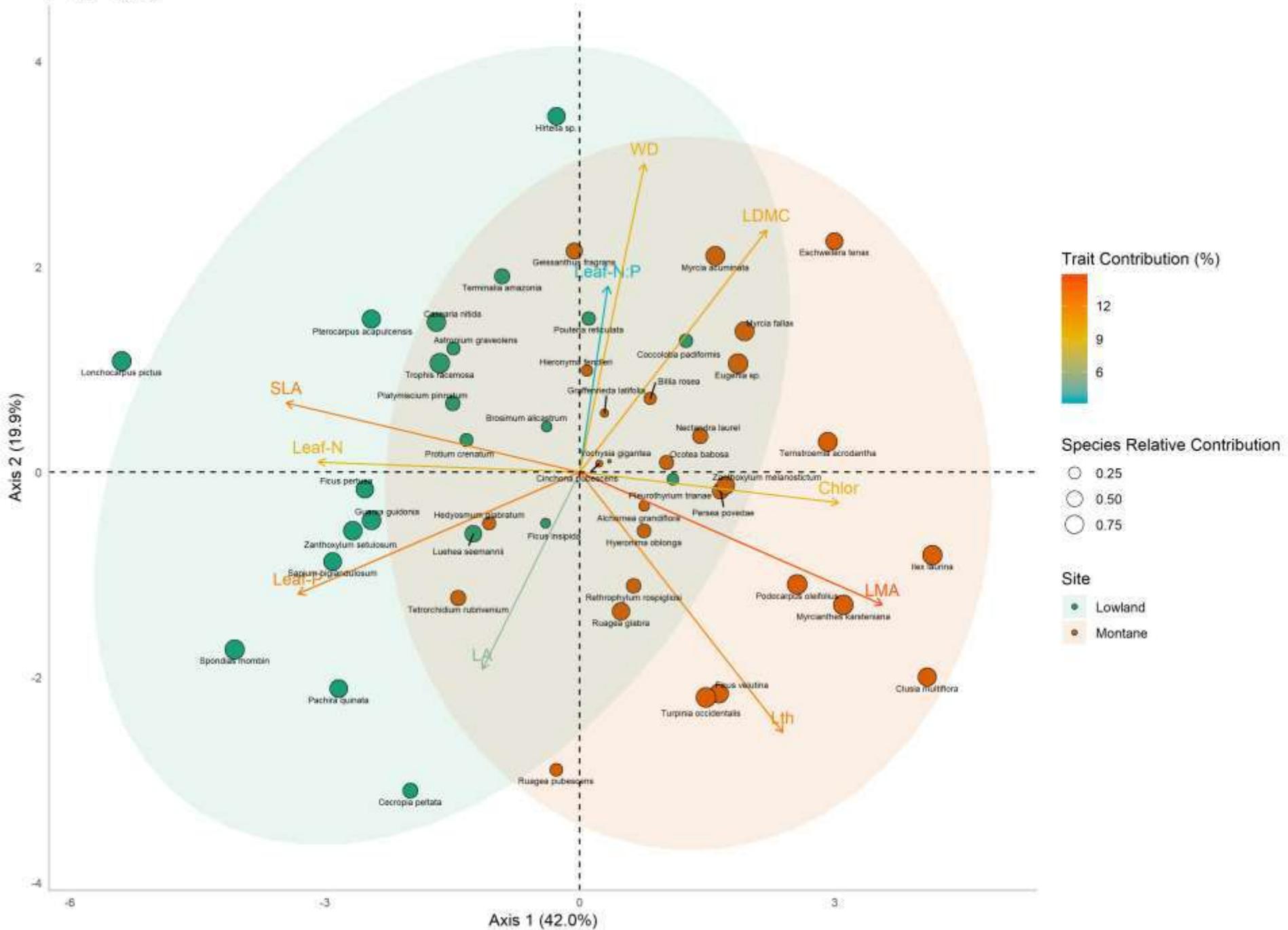
Bosques Andinos (II)

Dinámica temporal: incremento significativo en mortalidad en los bosques tropicales de Venezuela





PCA - Biplot





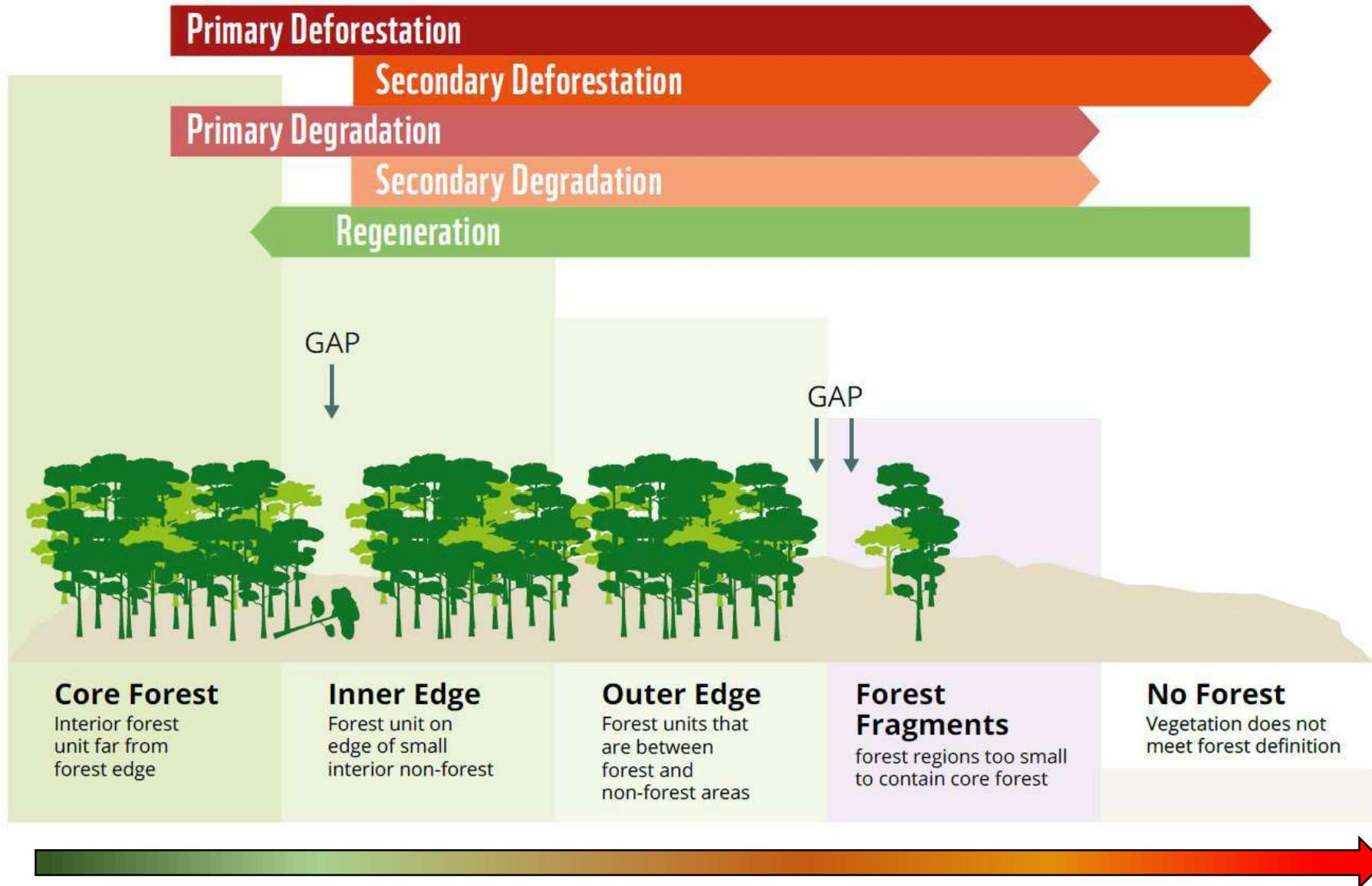
Políticas y Manejo

- Necesidades de investigación
- Conservación y manejo de los Bosques Andinos
- Mecanismos financieros



Políticas y manejo de los bosques andinos

Valores sociales, económicos y de carácter ambiental de los bosques Andinos



© Programa Bosques Andinos



~ Colombia © Mongabay

Políticas y manejo de los bosques andinos

Valores sociales, económicos y de carácter ambiental de los bosques Andinos

La integridad ecológica es importante por muchas razones

Resiliencia



- A presiones como shocks climáticos, incendios, especies invasivas

Biodiversidad



- Poblaciones estables y viables de especies

Salud humana



- e.g. evitando brotes de enfermedades, humos de incendios

Poblaciones locales



- Hogar de poblaciones indígenas y comunidades locales

Protección cuencas



- Agua potable, oferta estable y segura

Stocks y sumideros de carbono



- Reservas de carbono y capacidad de remoción

Regulación clima regional



- e.g. Patrones a largo plazo, precipitación, EVPT

Valores estéticos, culturales y espirituales



- Áreas sagradas, turismo

Protección de procesos ecológicos y evolutivos



- Migración y adaptación

Monitoreo: tecnologías actuales de mapeo y sistemas monitoreo requieren un refinamiento para detectar y anticipar amenazas emergentes para los bosques andinos;

Anticipación: se requieren mayores esfuerzos orientados solo a la conservación de los bosques “estables”, de alta integridad o intactos, adicionales a los que actualmente se usan en reducir deforestación y degradación

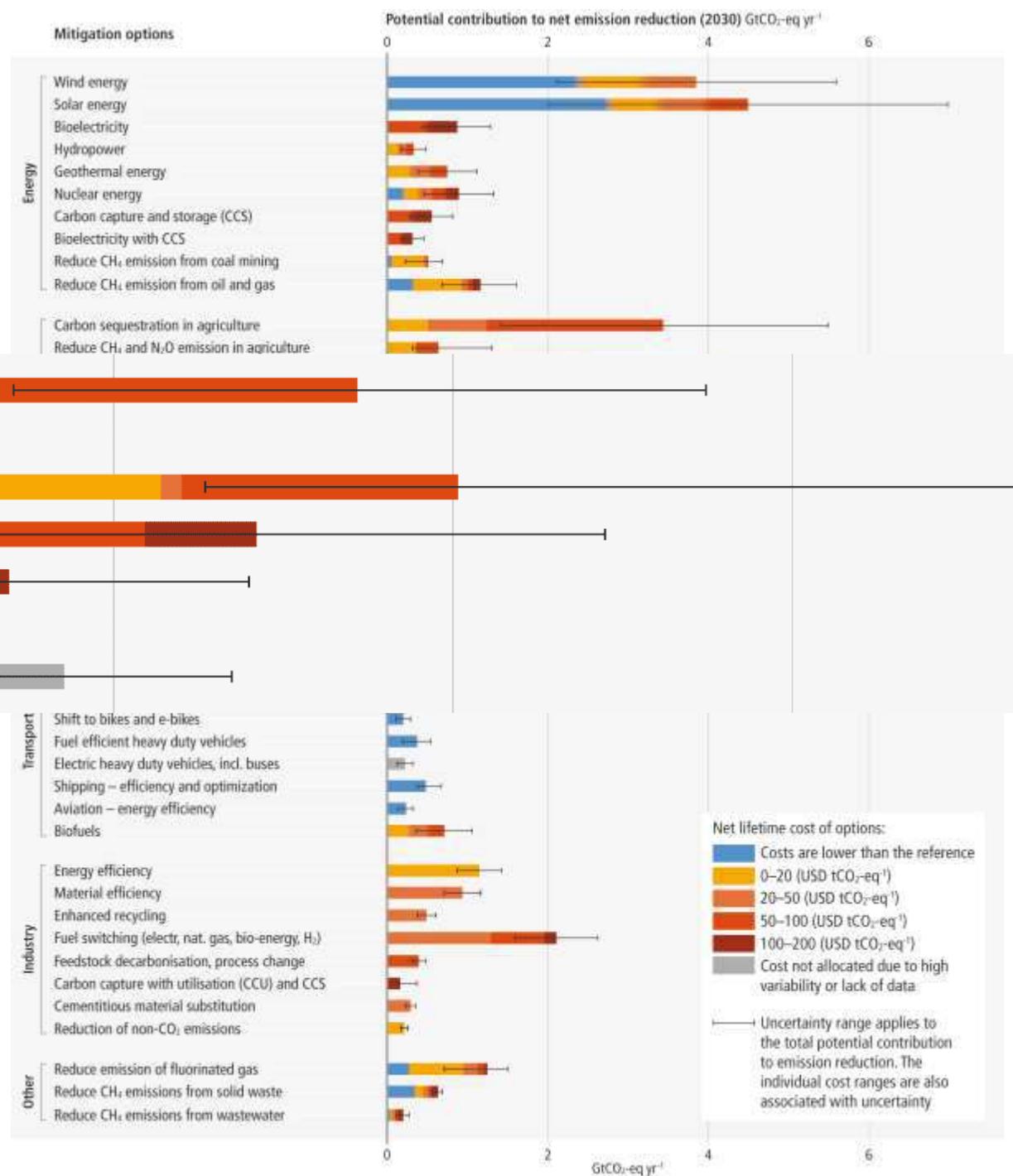
Amplitud: Valorar los bosques intactos más allá de una “contabilidad de carbono”, reconociendo los múltiples valores para promover un marco financiero basado en objetivos de conservación (e.g., área de bosque protegida) en lugar de toneladas de carbono

Políticas y manejo de los bosques andinos

Situación actual – Alternativas - Proyecciones futuras



- AFOLU**
- Carbon sequestration in agriculture
 - Reduce CH₄ and N₂O emission in agriculture
 - Reduced conversion of forests and other ecosystems
 - Ecosystem restoration, afforestation, reforestation
 - Improved sustainable forest management
 - Reduce food loss and food waste
 - Shift to balanced, sustainable healthy diets



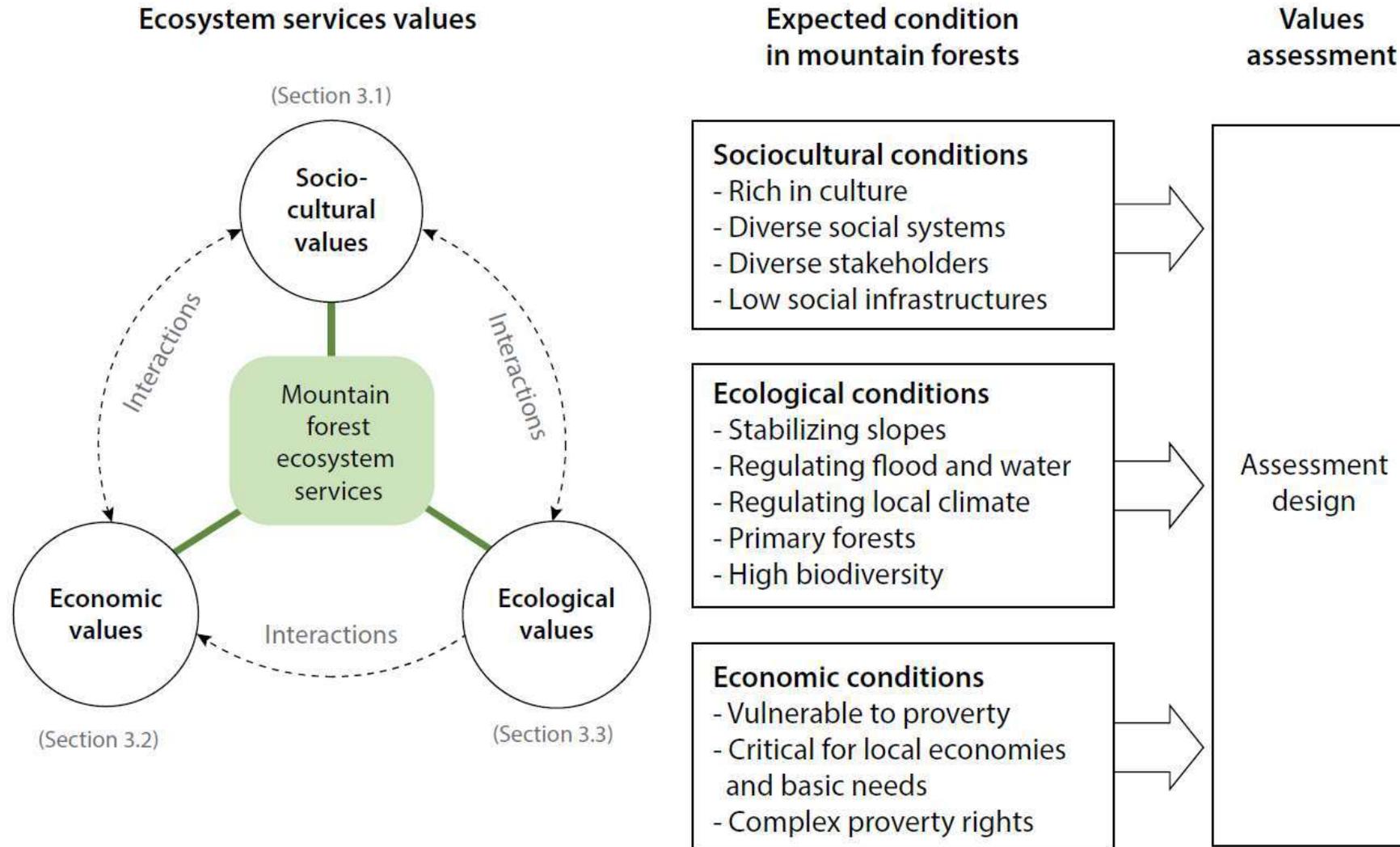
Net lifetime cost of options:

- Costs are lower than the reference
- 0–20 (USD tCO₂-eq⁻¹)
- 20–50 (USD tCO₂-eq⁻¹)
- 50–100 (USD tCO₂-eq⁻¹)
- 100–200 (USD tCO₂-eq⁻¹)
- Cost not allocated due to high variability or lack of data

— Uncertainty range applies to the total potential contribution to emission reduction. The individual cost ranges are also associated with uncertainty

Políticas y manejo de los bosques andinos

Situación actual – Alternativas – Necesidades de investigación



Políticas y manejo de los bosques andinos

Situación actual – Alternativas – Monitoreo a largo plazo

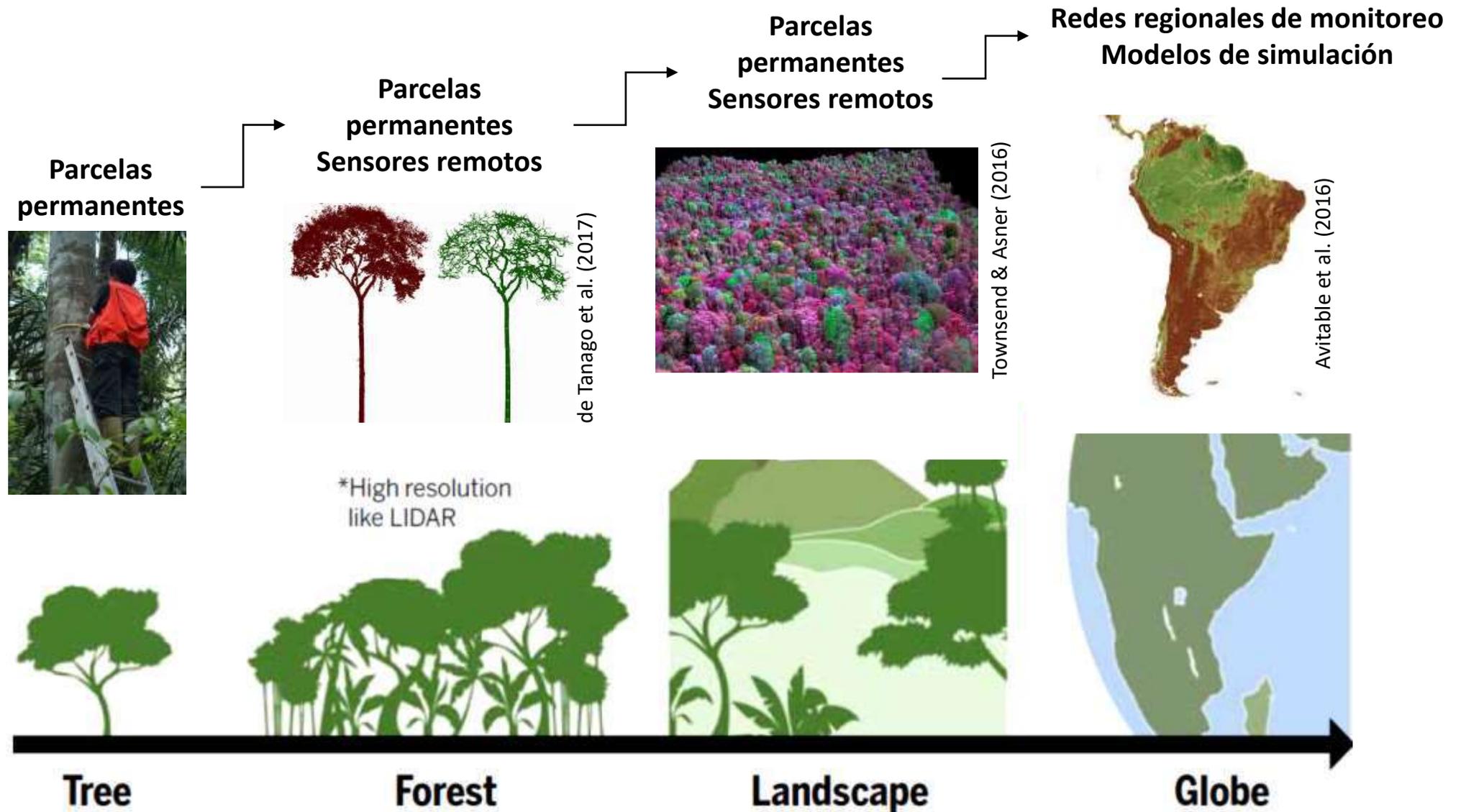


Figura tomada de Trumbore et al. (2015) – *Science*

Políticas y manejo de los bosques andinos

Situación actual – Alternativas – Monitoreo a largo plazo

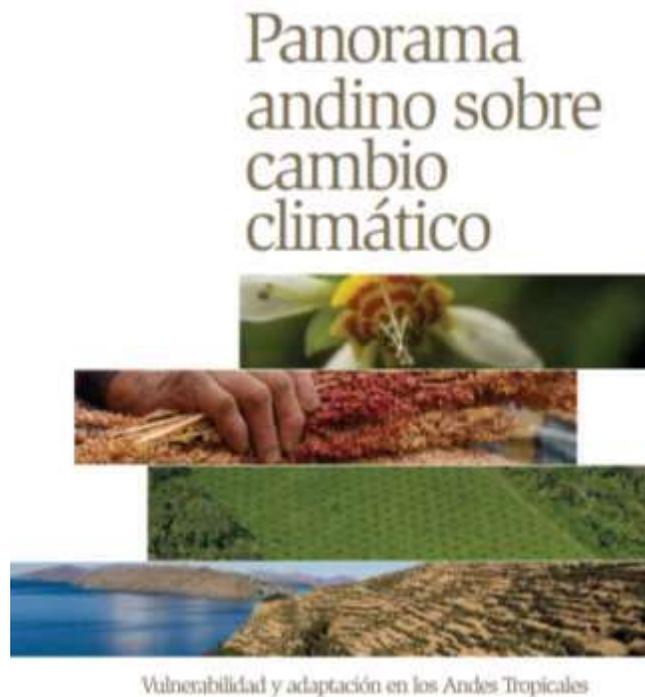
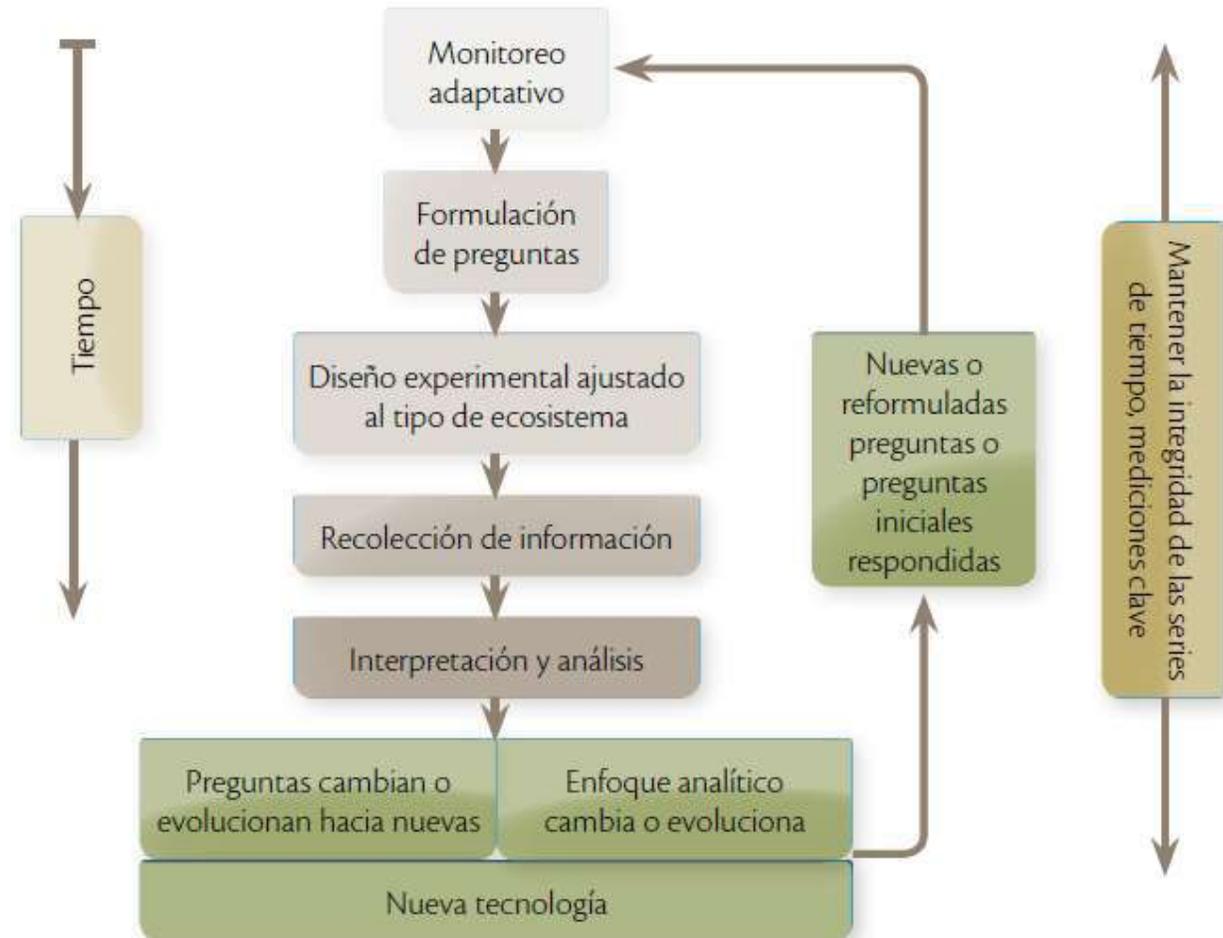


FIGURA 6. Esquema conceptual de un programa de monitoreo con enfoque adaptativo a través del cual es posible la incorporación de nuevas preguntas en un esquema de investigación a largo plazo mientras que se mantiene la integridad de las medidas clave

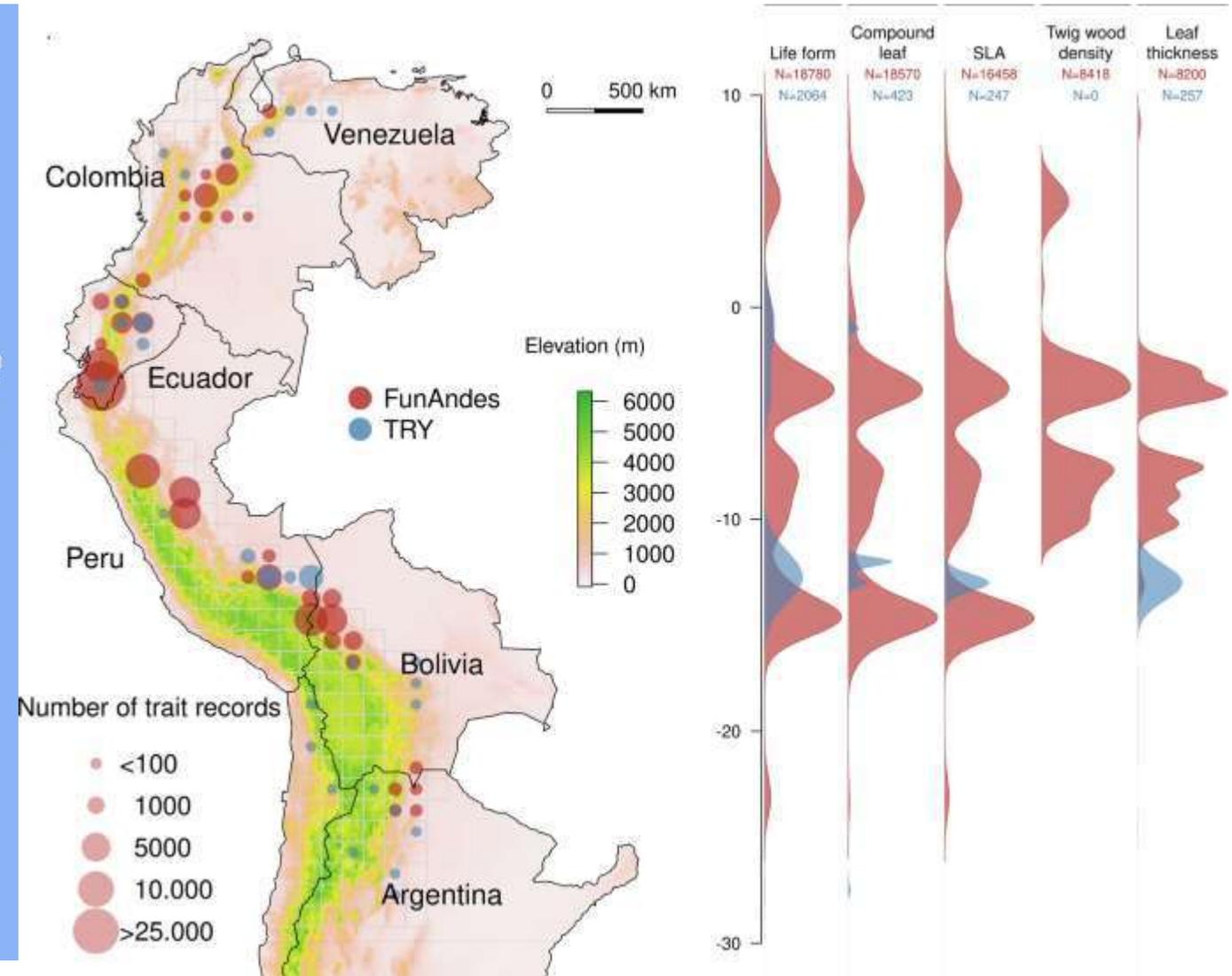


Adaptado de Lindenmayer y Likens (2009).

Figura tomada de Cuesta et al. (2012)

Políticas y manejo de los bosques andinos

Situación actual – Alternativas – Monitoreo a largo plazo



Políticas y manejo de los bosques andinos

Situación actual – Alternativas - Proyecciones futuras

Hacen falta soluciones integrales

Asegurar el manejo y conservación de los bosques andinos

Manejo de comunidades locales y etnias indígenas

Áreas protegidas

Prácticas forestales mejoradas



Condiciones facilitadoras

Planificación especial, buena gobernanza,
Marco legal, Estándares para el sector privado

Financiamiento estable

PSA a escala local, iniciativas internacionales (e.g., GEF, PNUD) relacionadas a clima, biodiversidad y gente



Objetivos de políticas

Propuestas nacionales (NDCs etc)
Marco internacional



~ San Eusebio, Venezuela © Luis Gamez