

LIDAR technology and carbon inventory in Peru

William LLactayo, GIS Specialist

With special thanks to MINAM and Greg Asner of ASU

Debate sobre el mercado de la OIMT, Yokohama 2022

Perú País Megadiverso

De las 225 especies de **papa silvestre** en el mundo, **90 son endémicas de Perú**

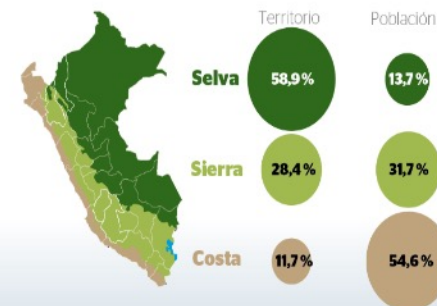
19,147 especies de **flora vascular** en el Perú, y **7590** son endémicas

2° país en diversidad de aves, 1877 especies

36 Ecosistemas

- 11 ecosistemas de selva tropical
- 3 ecosistemas de yunga
- 11 ecosistemas andinos
- 9 ecosistemas de costa
- 2 ecosistemas acuáticos

POBLACIÓN Y TERRITORIO



2° país en mayor extensión de bosques amazónicos

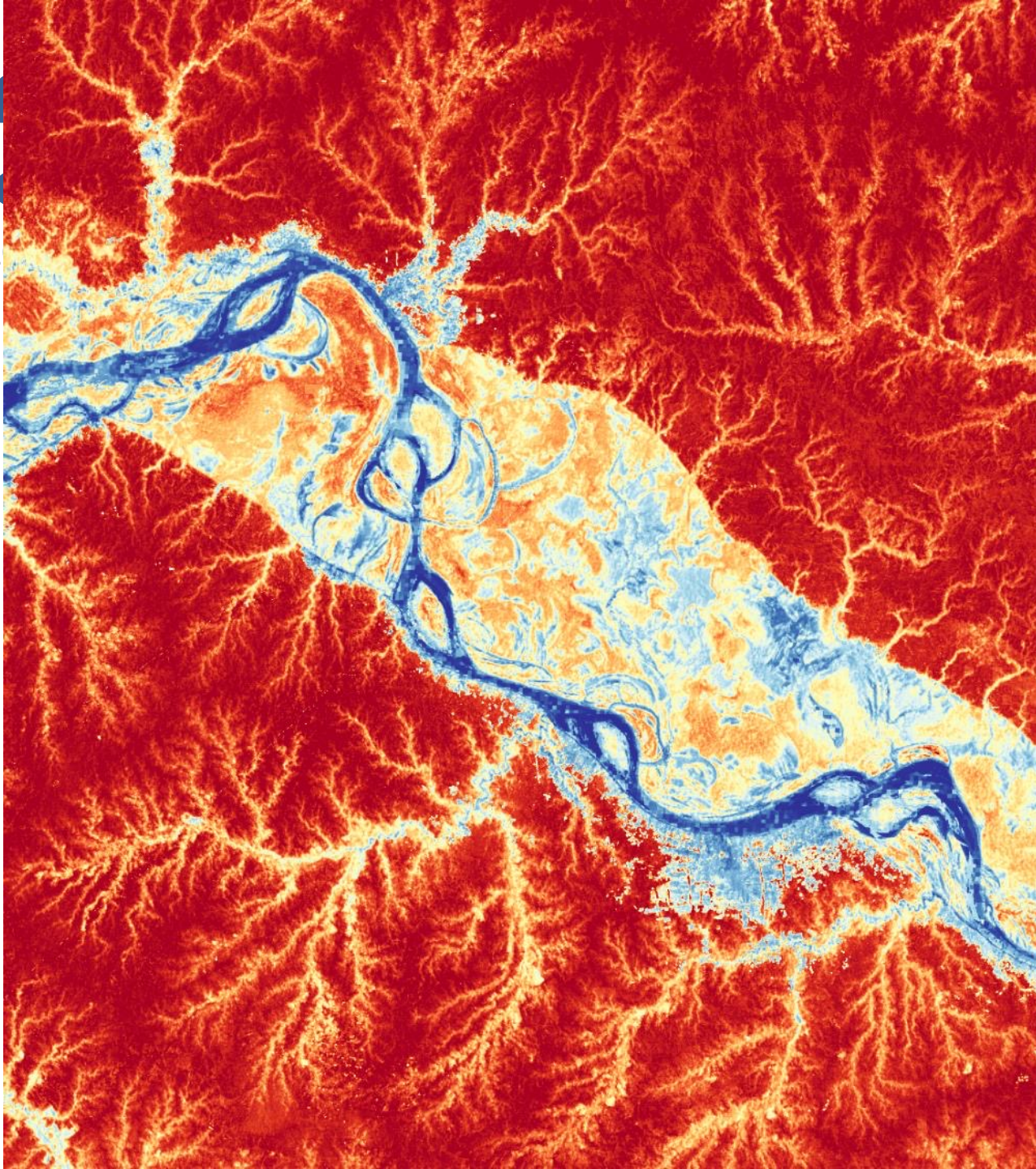
300 mil indígenas, y **51** grupos étnicos en la Amazonía

17.3% del territorio nacional está conformado por **áreas naturales protegidas**

Geografía

Carbono

Inventario 2



ectáreas
de acres)
ón de 1 hectárea
ón de
para cada

Alta resolución = 1 hectarea

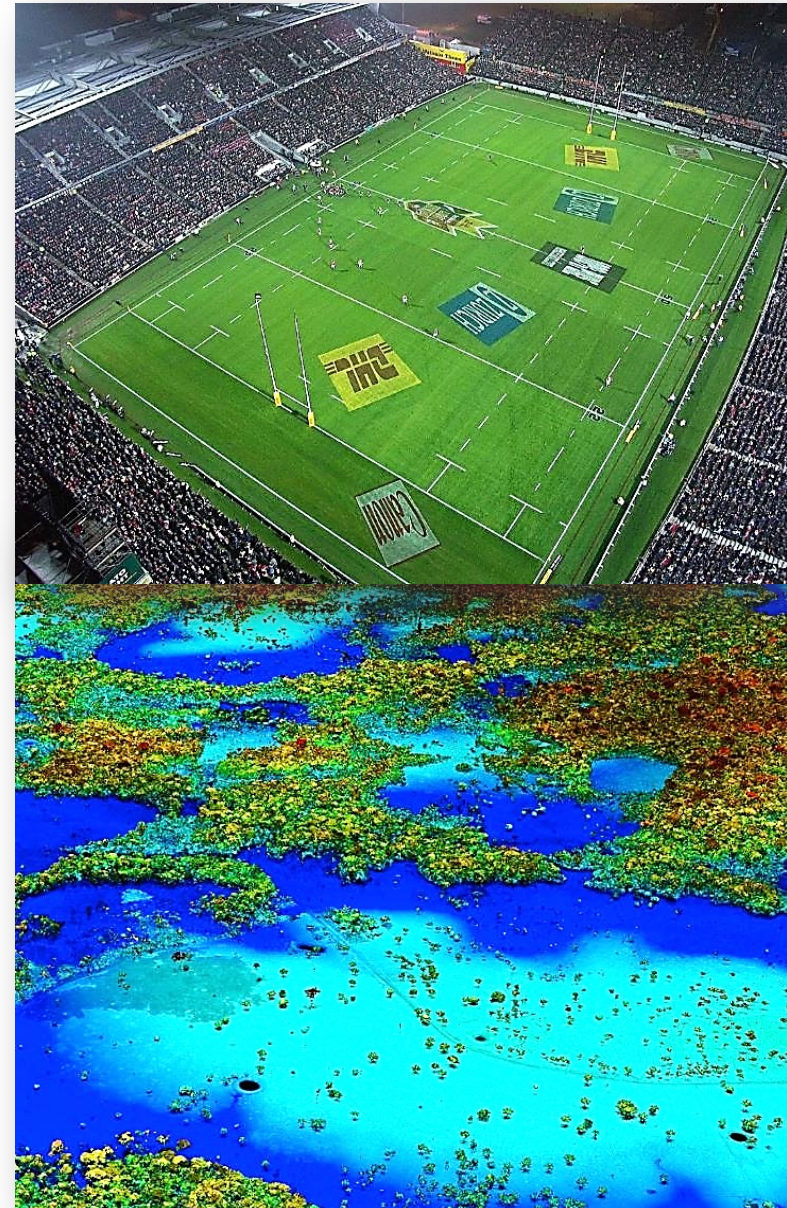
10.000 m² o alrededor de 2,5 acres

La unidad más común de gestión, propiedad y tenencia de la tierra en el mundo.

Los estudios muestran que las estimaciones de biomasa basadas en el campo, tienen valores reales de la biomasa forestal con una incertidumbre del 10-15%.

Un bosque tropical puede contener fácilmente > 600 árboles por hectárea (con diámetros > 10 cm). ¡Muy difícil de (re)medir en el suelo!

Permite estudiar y entender procesos como la degradación y la regeneración de los bosques a una escala más fina que el mapeo de baja resolución.



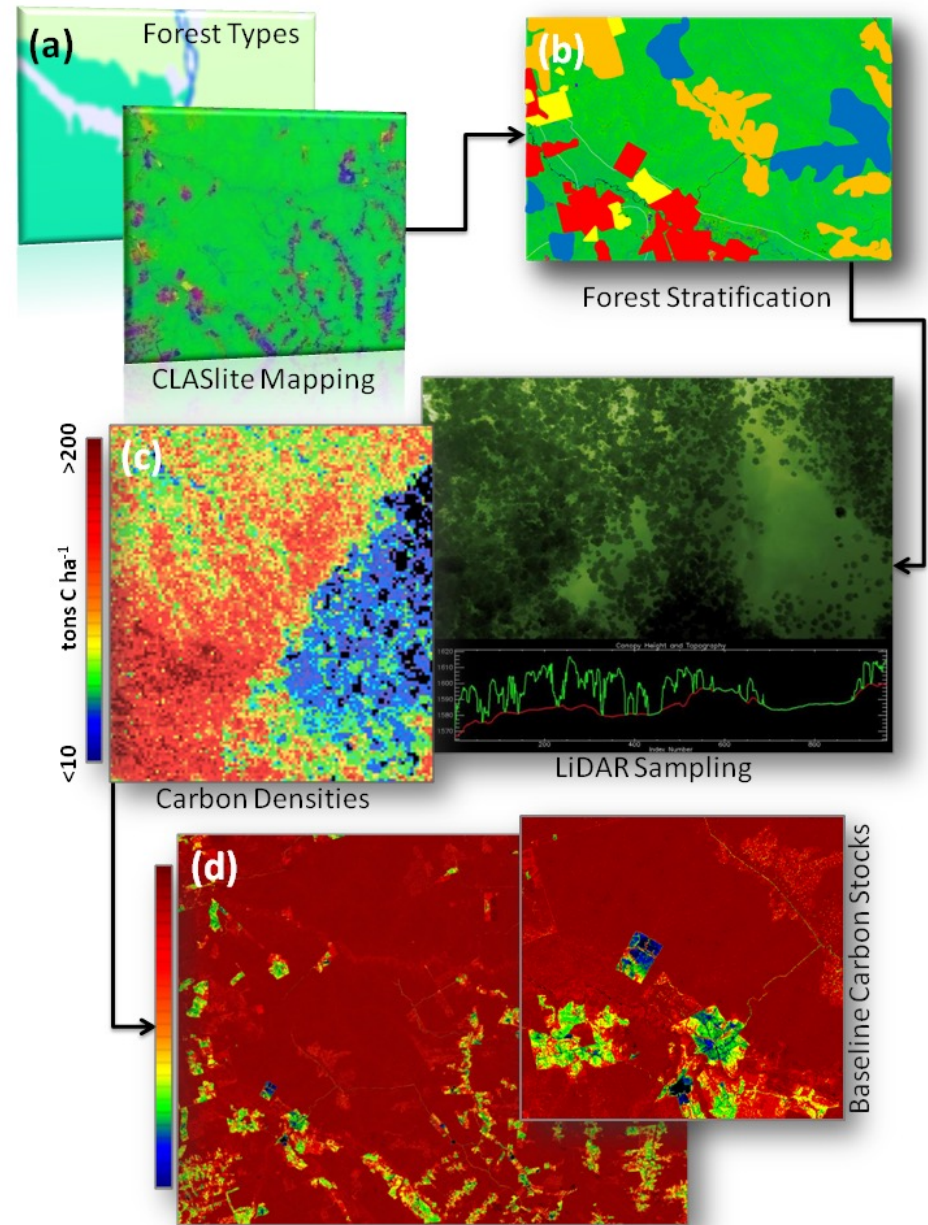
Un enfoque diferente

Reúne 03 componentes:

Análisis satelital automatizado de cobertura forestal, deforestación, degradación

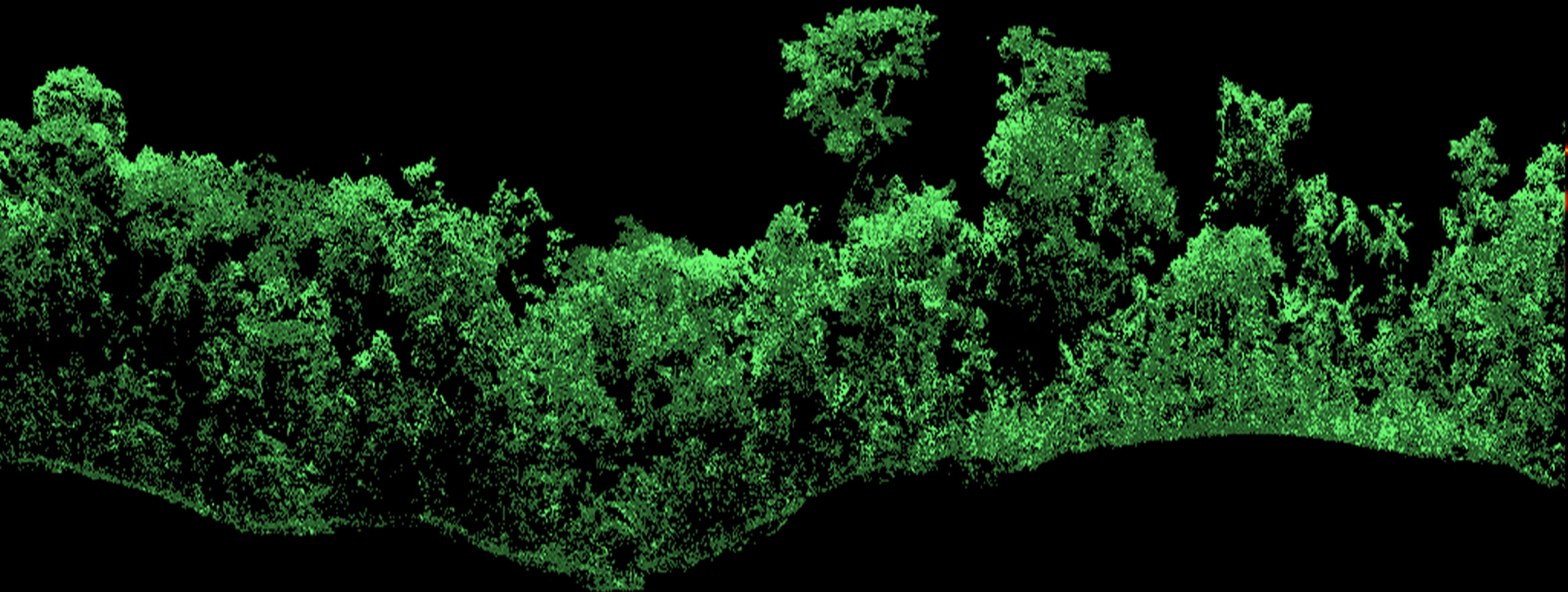
Nueva ciencia y tecnología para el mapeo de carbono de alta resolución desde el aire y desde el espacio (LIDAR)

Monitoreo de emisiones a largo plazo en alta resolución

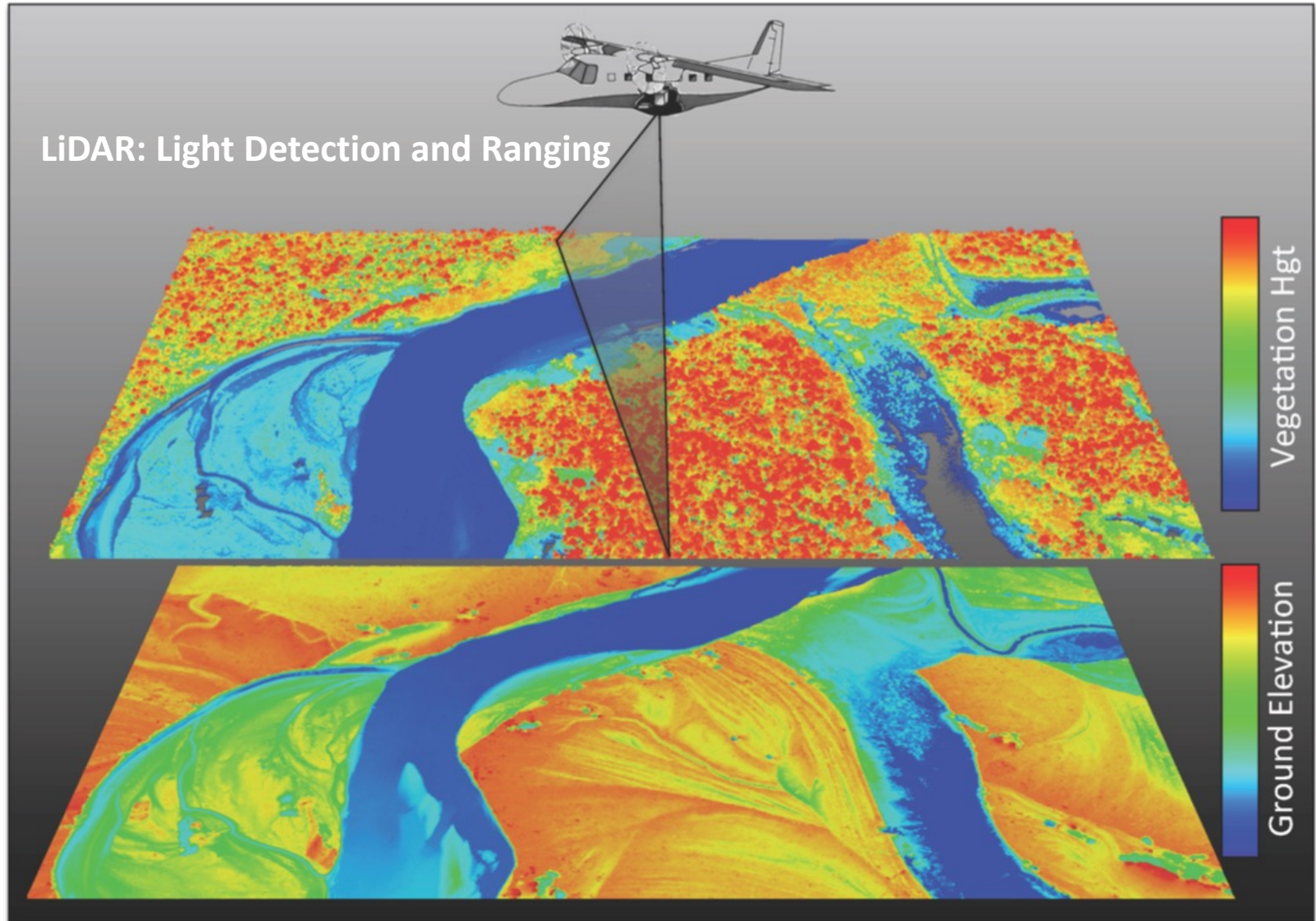


Light Detection and Ranging (LiDAR)

CROSS-TRACK LASER PULSES



Una forma de muestrear masivamente la estructura del bosque



Observatorio Aéreo



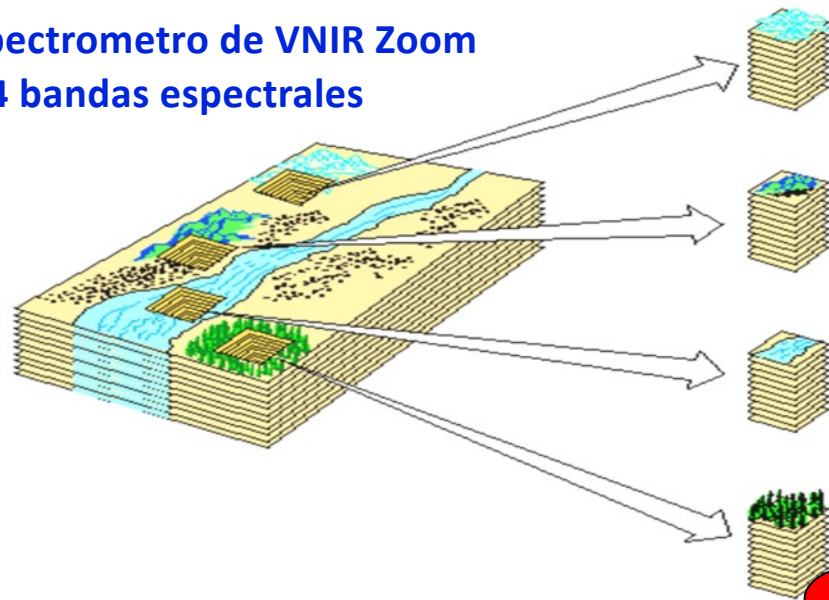
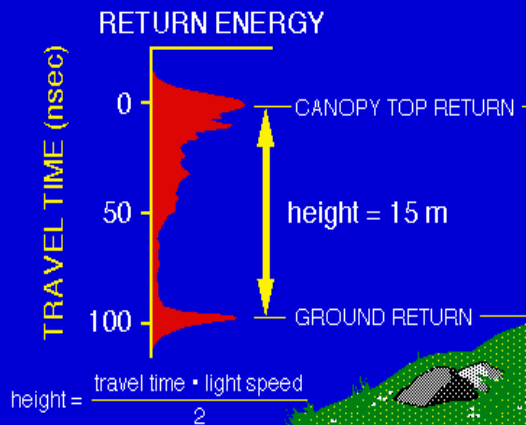
Instrumentos empleados

Espe
428

Espectrometro de VNIR Zoom
144 bandas espectrales

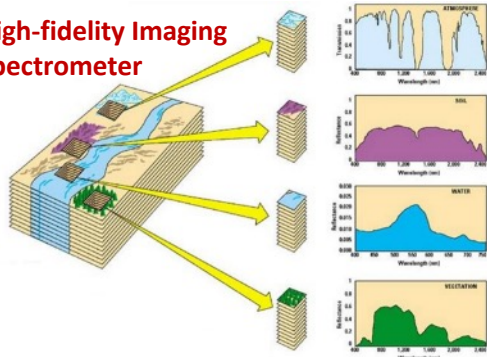
Waveform LiDAR
Sistema dual LASER

RETURN PULSE WAVEFORM



Mediciones

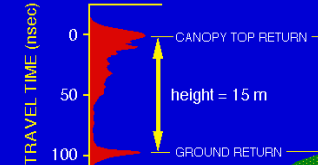
High-fidelity Imaging Spectrometer



Waveform LiDAR

RETURN PULSE WAVEFORM

RETURN ENERGY

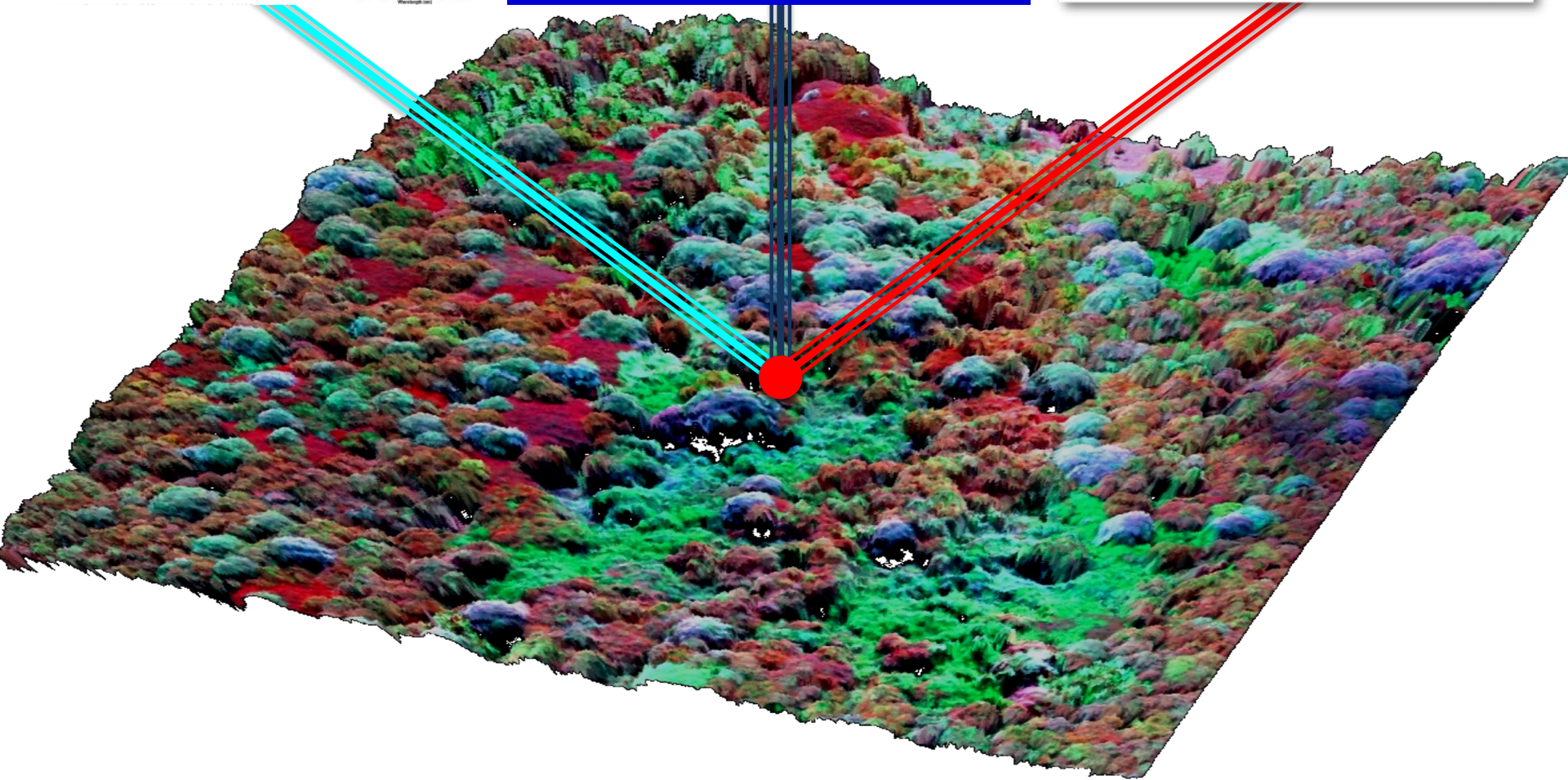
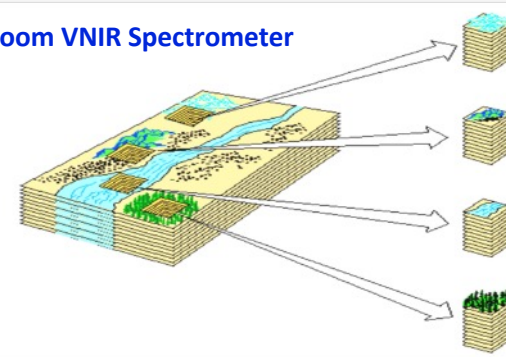


$$\text{height} = \frac{\text{travel time} \cdot \text{light speed}}{2}$$

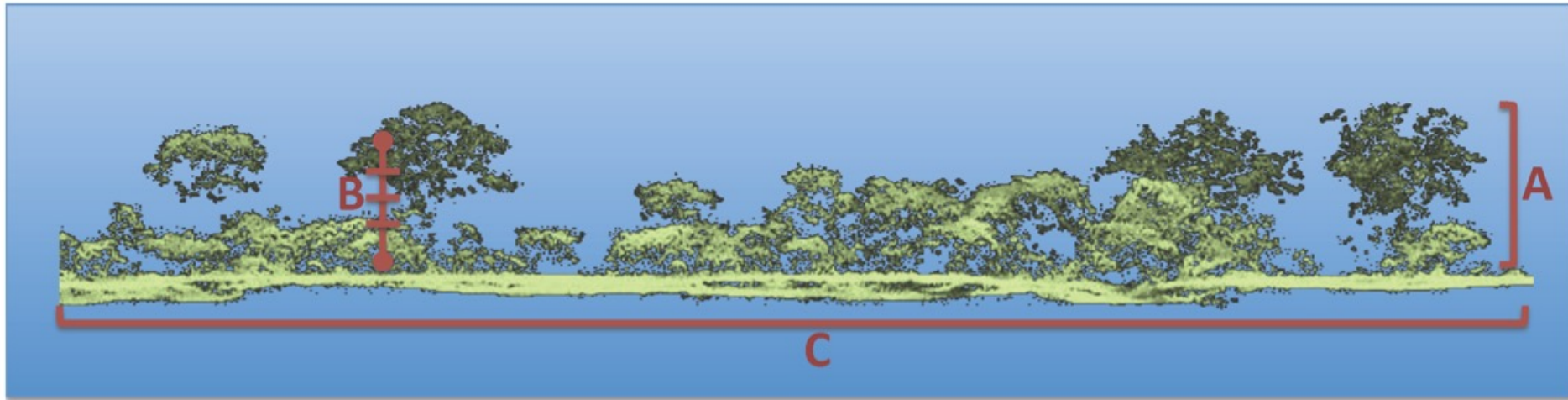
CROSS-TRACK LASER PULSES



Zoom VNIR Spectrometer



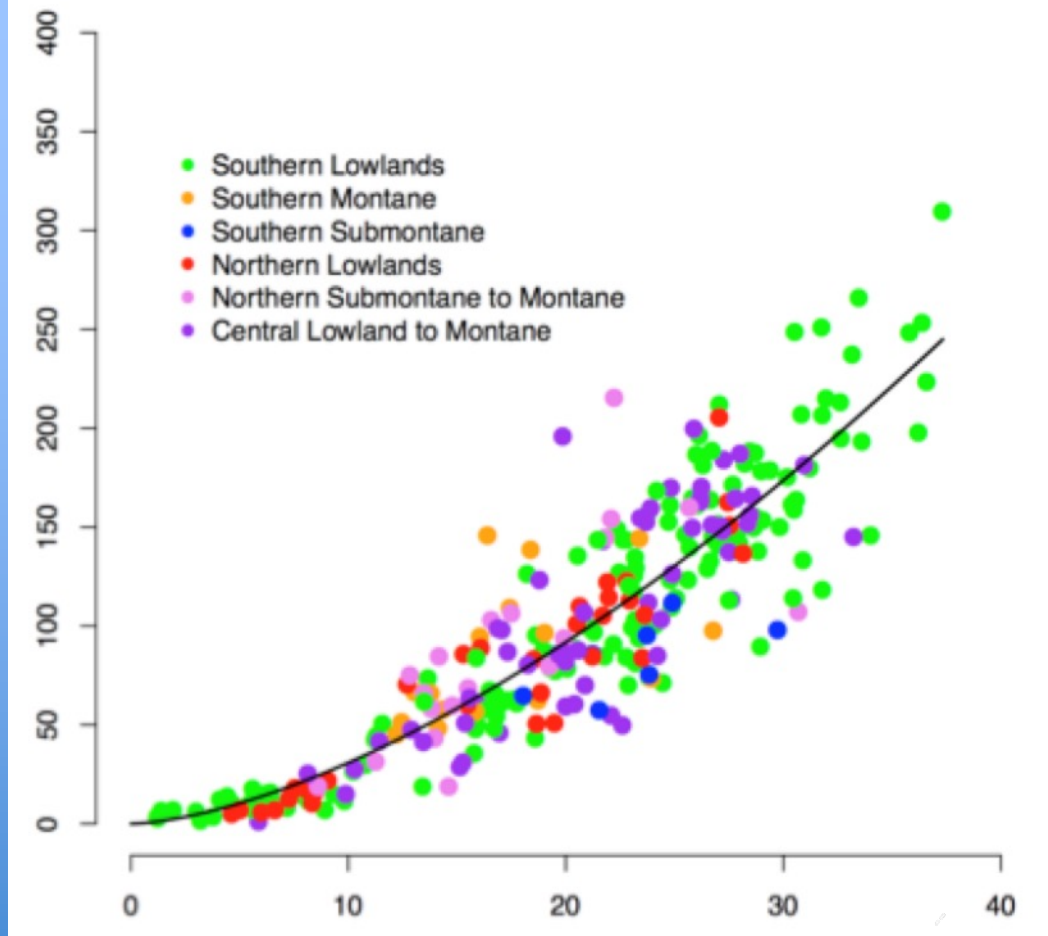
Medidas disponibles del bosque con LiDAR



LiDAR se calibra de manera predecible a la reservas de carbono estimada en el campo



Field-estimated (Plot) Carbon Stock



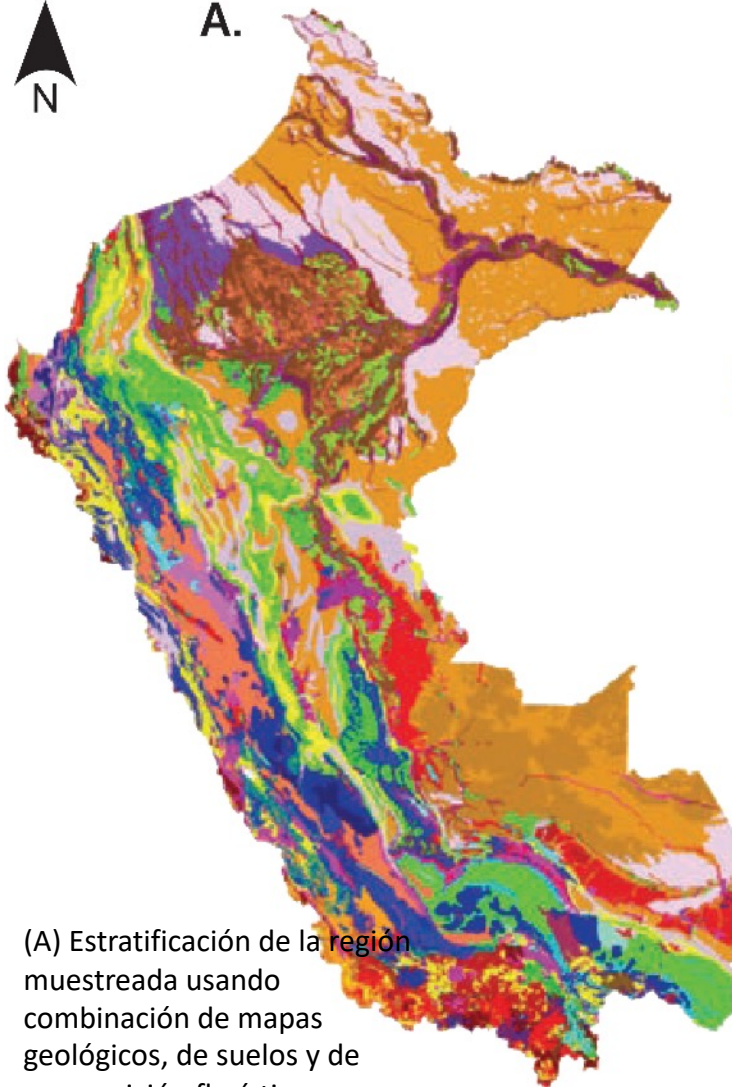
Airborne LiDAR Canopy Profile



Para ahorrar tiempo y dinero se construyeron relaciones geofísicas entre los datos satelitales y LiDAR



A.

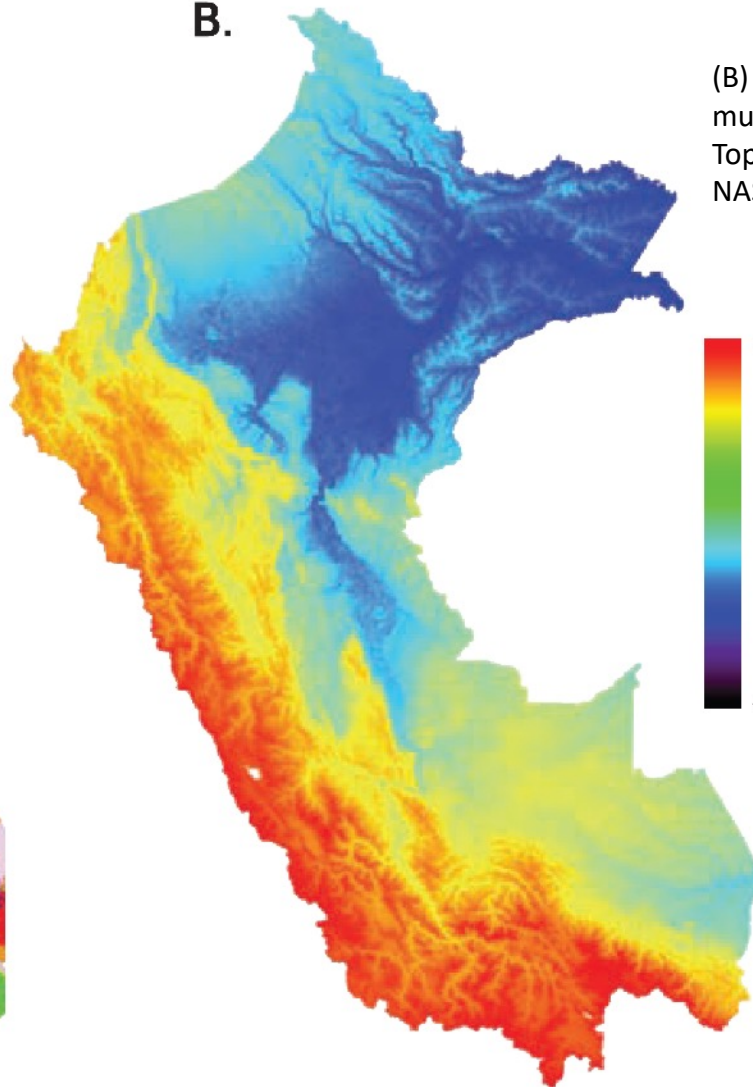


(A) Estratificación de la región muestreada usando combinación de mapas geológicos, de suelos y de composición florística

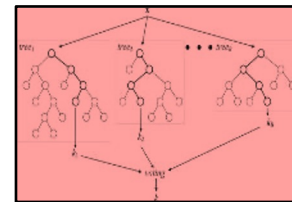
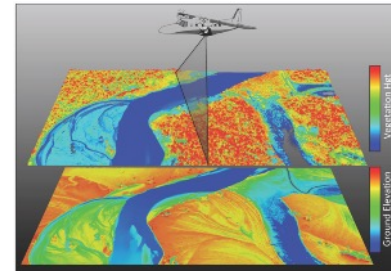
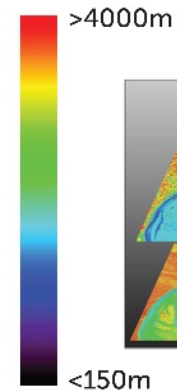


Ver el Apéndice 1
para la GeoEco Leyenda

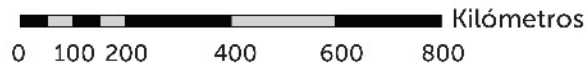
B.



(B) Topografía de la región de muestreo usando Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de la NASA.

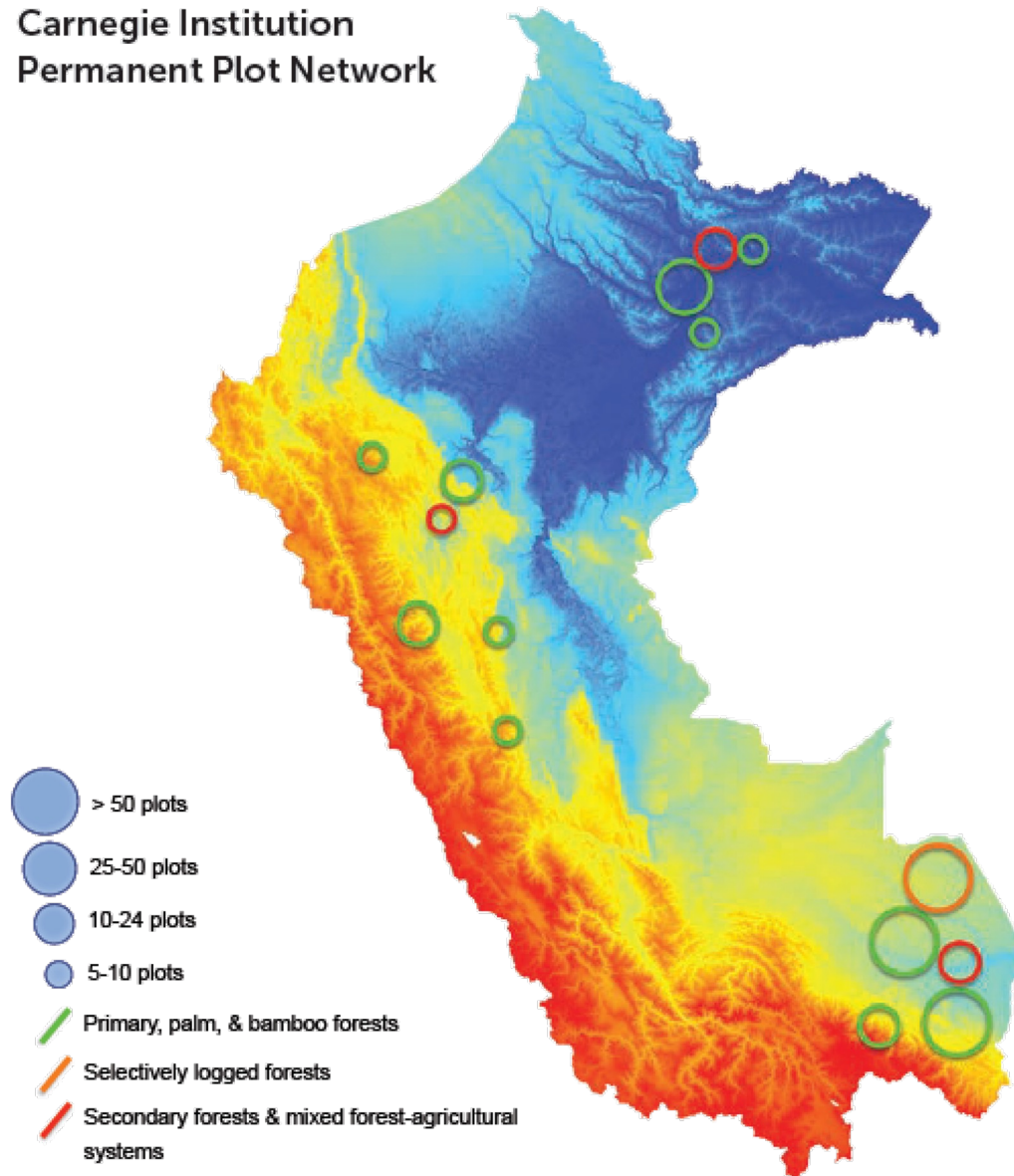


Geostatistical Modeling

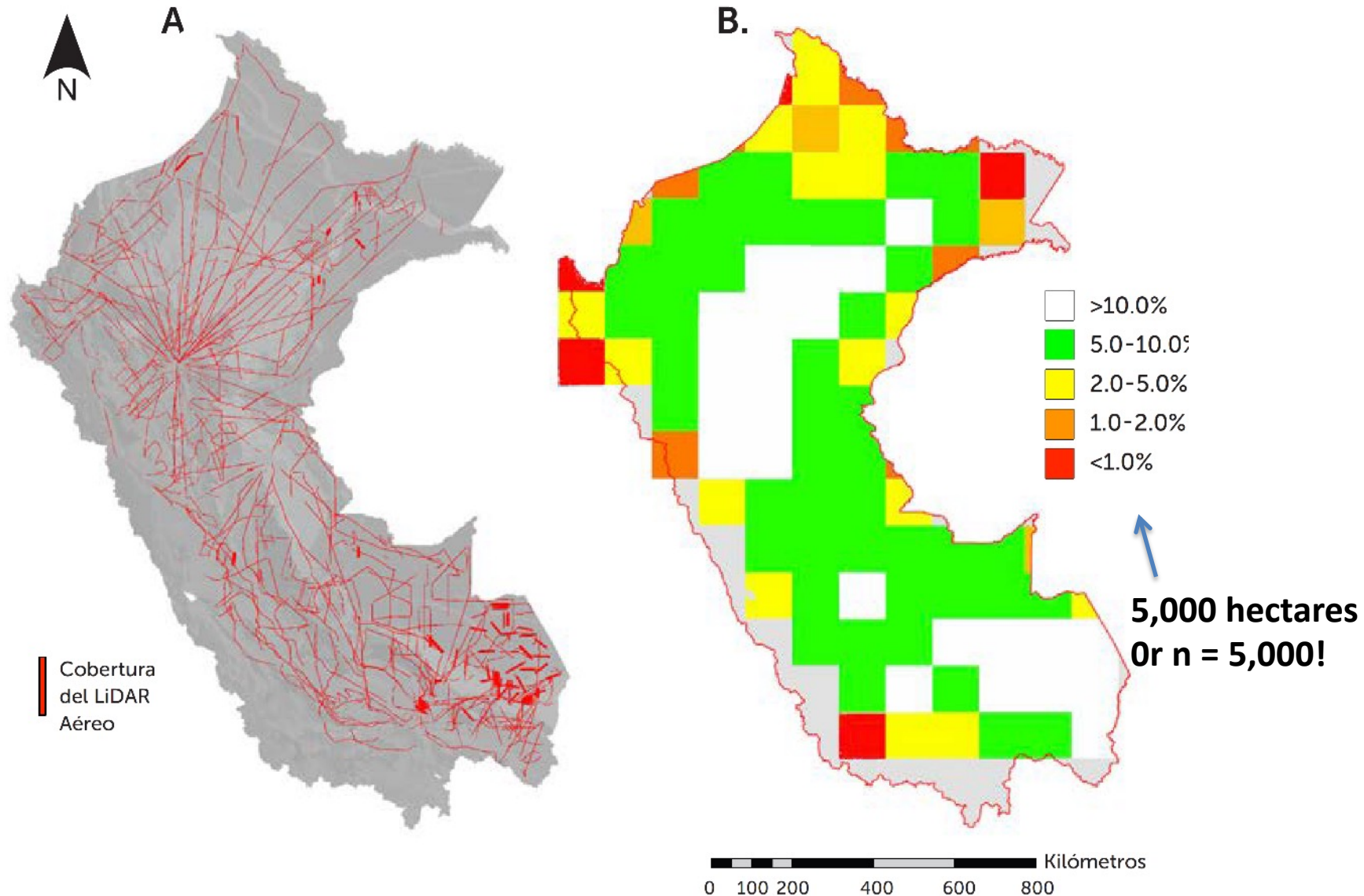


Uso táctico de parcelas de campo para la calibración LiDAR

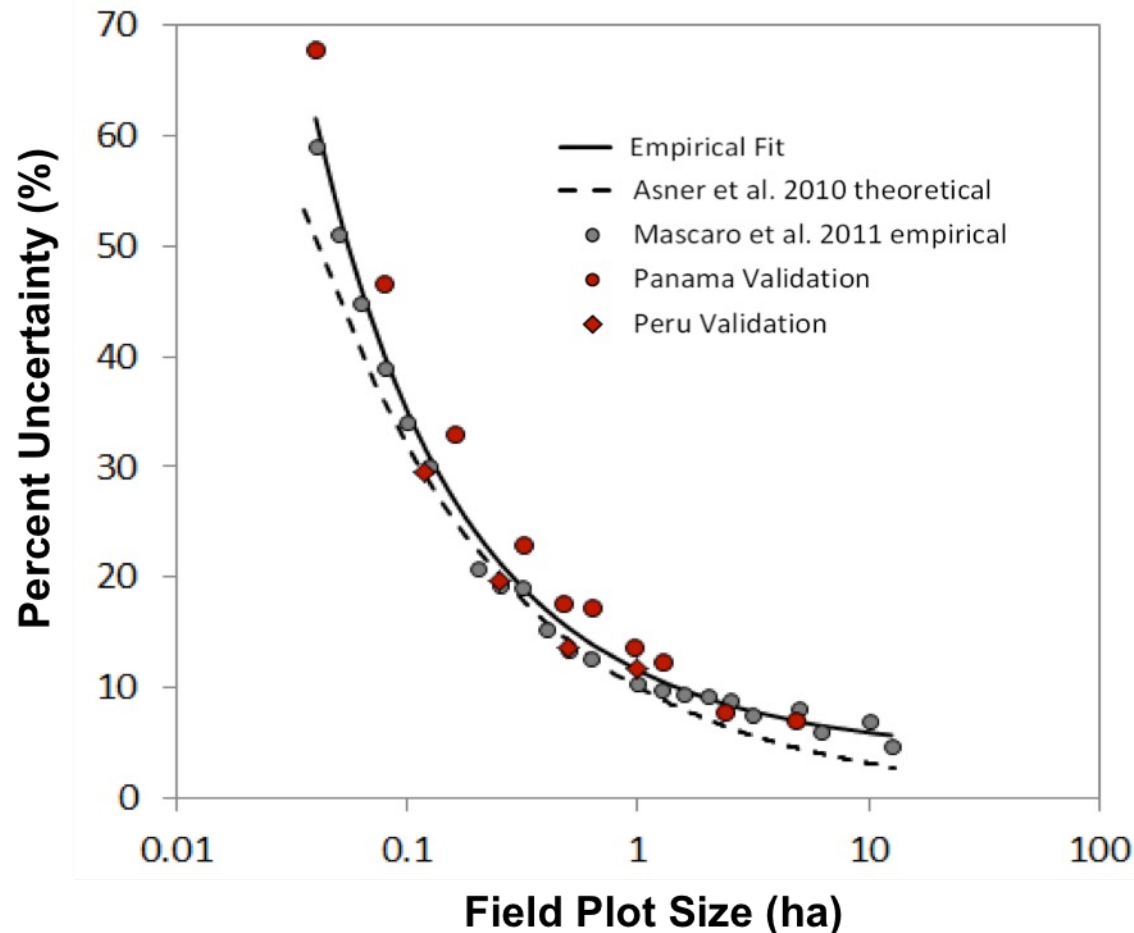
Carnegie Institution
Permanent Plot Network



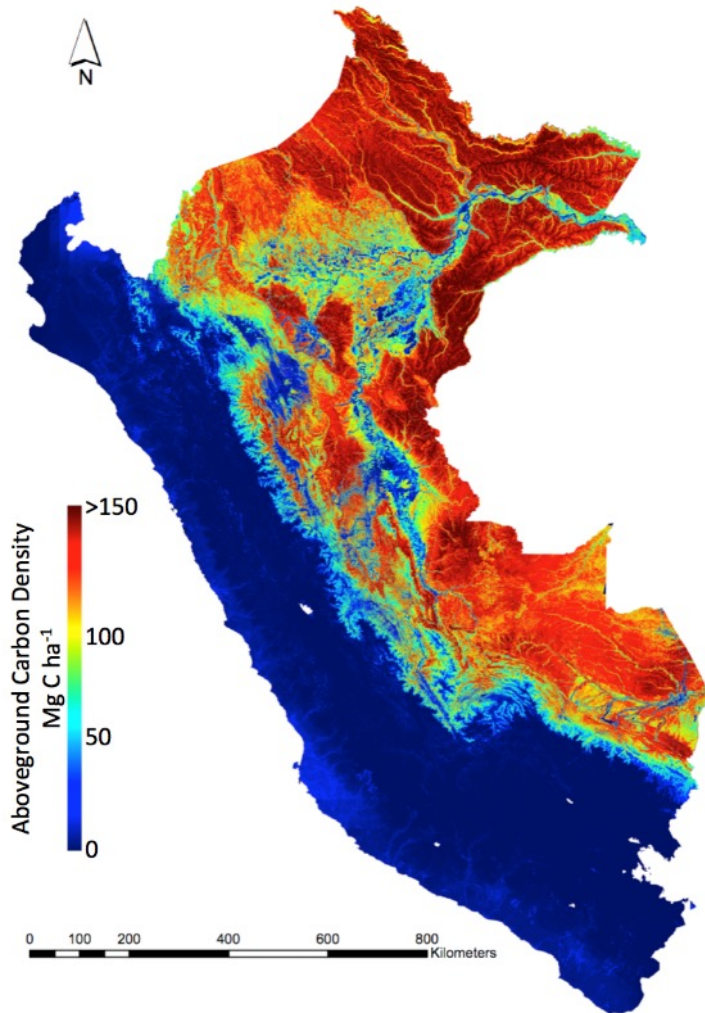
Líneas de vuelo en todo el país hasta que se satisfagan las necesidades estadísticas



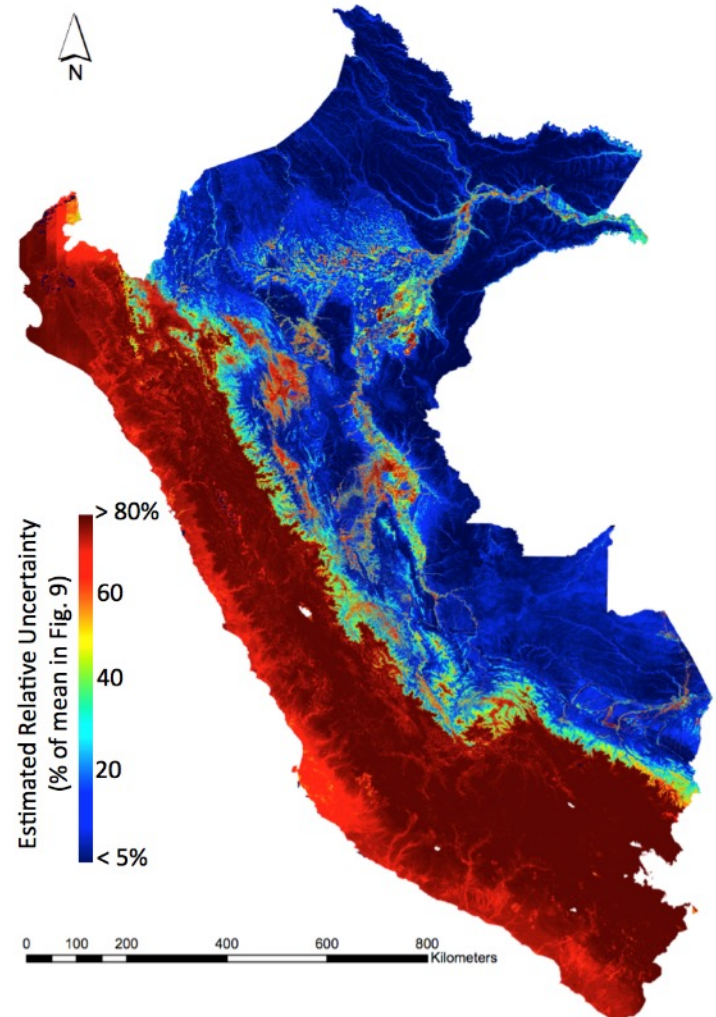
La estimación de biomasa forestal basada en LiDAR es estadísticamente similar a la estimación de biomasa basada en el campo



Resultado: Stocks de carbono y cálculo de incertidumbre

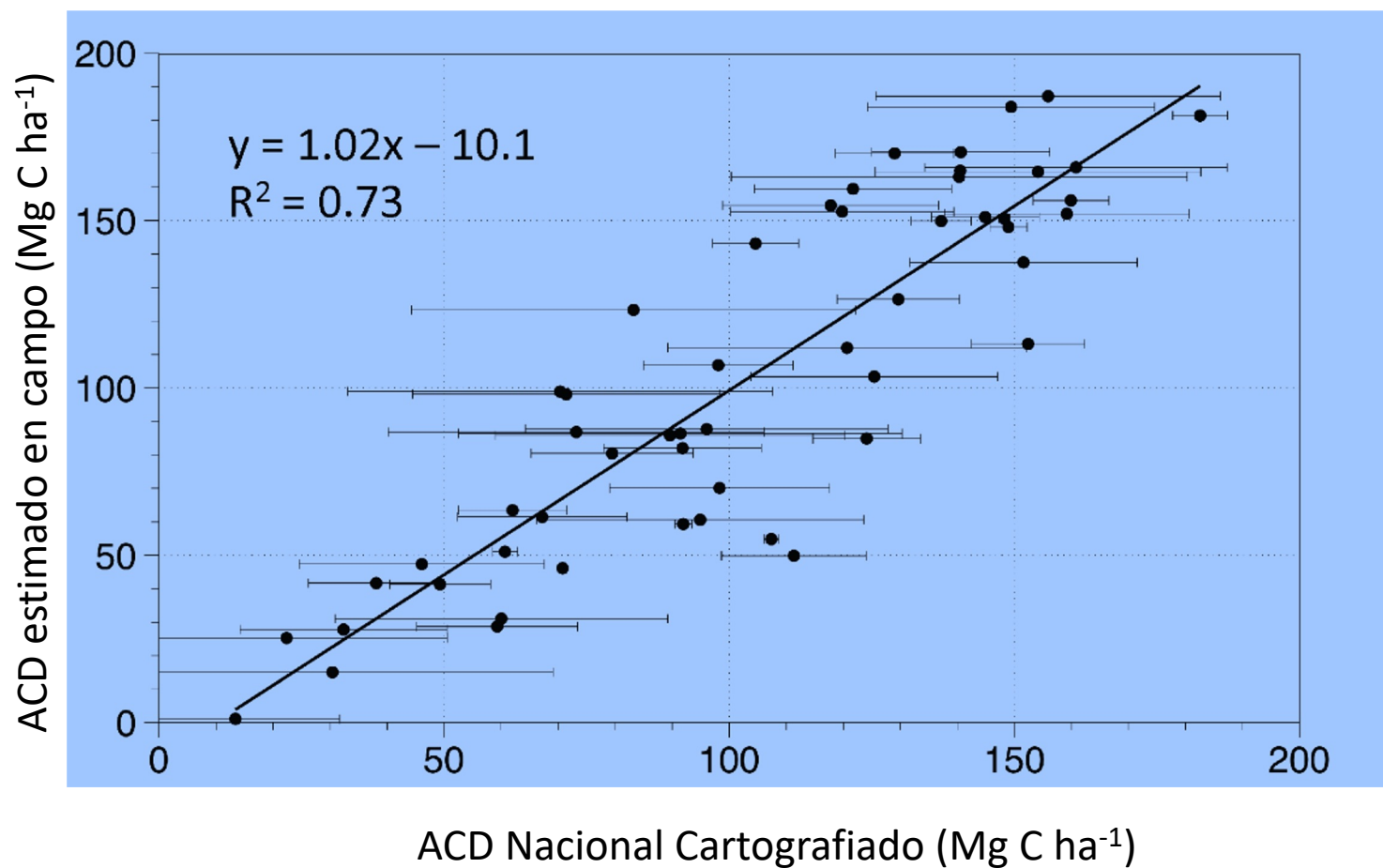


Carbon Stocks in Every Hectare of Perú



Uncertainty in Every Hectare of Perú

Validación de las estimaciones mapeadas



Balance General de Perú

Type	Mean ACD (Mg C ha ⁻¹)	S.D. ACD (Mg C ha ⁻¹)	Area (ha)	Total AG Carbon Stock (Pg)
Threats				
Selective Logging ¹	104.9	22.1	6,417,552	0.68
Oil Concessions (< 500 m a.s.l.) ²	93.1	32.3	13,226,773	1.24
Oil Concessions (500-2000 m) ²	76.4	30.8	2,959,029	0.24
Oil Concessions (> 2000 m) ²	42.9	20.3	76,231	0.04
Infrastructure, Animal and Crop Farming	5.0	5.8	1,400,000 ⁵	0.14 ⁶
Total Threats			22,679,585	2.34
Emerging Threats				
Artisanal Gold Mining ³	34.5	29.6	37,831	0.01
Oil Palm Plantations ⁴	15.4	10.9	9,684	0.001
Protections¹				
Government Protected Areas	83.6	40.9	21,728,378	1.82
Non-government Protected Areas	100.9	14.8	1,743,277	0.17
Indigenous Communities	93.1	27.2	9,051,407	0.84
Brazil Nut Concessions	110.3	16.8	869,312	0.10
Rubber Concessions	90.6	19.1	16,158	0.01
Total Protections			33,408,532	2.94
Opportunities				
Lowland Amazonia (< 500 m a.s.l.)	86.3	39.4	22,639,377	1.95
Sub-Montane Vegetation (500-2000 m)	39.2	36.9	7,680,728	0.30
High Andean Vegetation (> 2000 m)	7.4	4.8	19,353,554	0.14
Total Opportunities			49,673,659	2.39

Nuevo inventario de carbono forestal en Perú - 2018

planet. | Perspectivas

f t in

Monitoreo del carbono forestal desde el espacio

UN NUEVO MODELO PARA MEDIR LAS RESERVAS Y EMISIONES DE CARBONO DE
LOS BOSQUES TROPICALES

Vídeo Skysat de la Amazonía peruana



https://www.planet.com/insights/peru_forest_carbon/

Uso de LiDAR con imágenes satelitales de Planet

Nueva investigación de ASU usa el aprendizaje automático para combinar LiDAR aerotransportado con las imágenes satelitales de alta resolución espacial y temporal de Planet.

Implica un enfoque de monitoreo continuo a menor costo

Usando la amplia muestra de estimaciones de carbono forestal de las campañas de vuelo en Perú (GAO), se incorporó las imágenes satelitales de Planet y otros datos auxiliares para medir de manera integral el carbono sobre el suelo de cada hectárea en Perú.



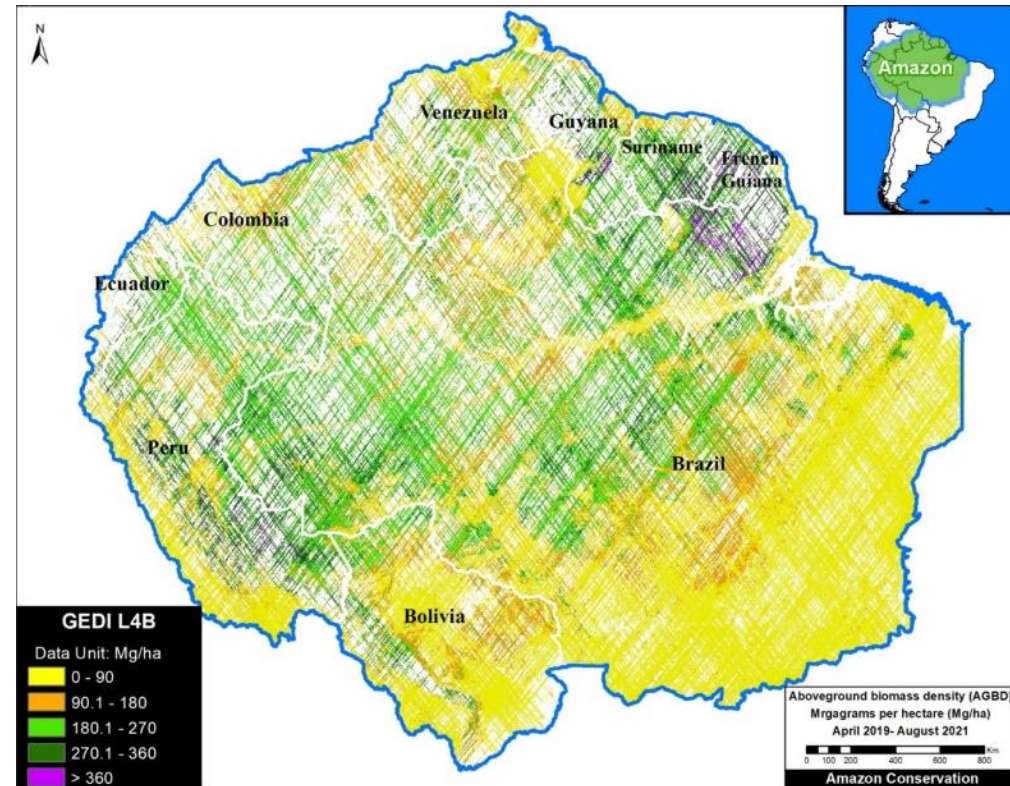
Nuevo cambio: LiDAR espacial con la misión GEDI de la NASA

Investigación de Dinámica de Ecosistemas Globales (GEDI). Uso de láser de alta resolución de los bosques y la topografía de la Tierra desde la Estación Espacial Internacional (ISS)



¿QUÉ MIDE GEDI?

Topografía de la superficie, métricas de altura del dosel, métricas de cobertura del dosel y métricas de estructura vertical.





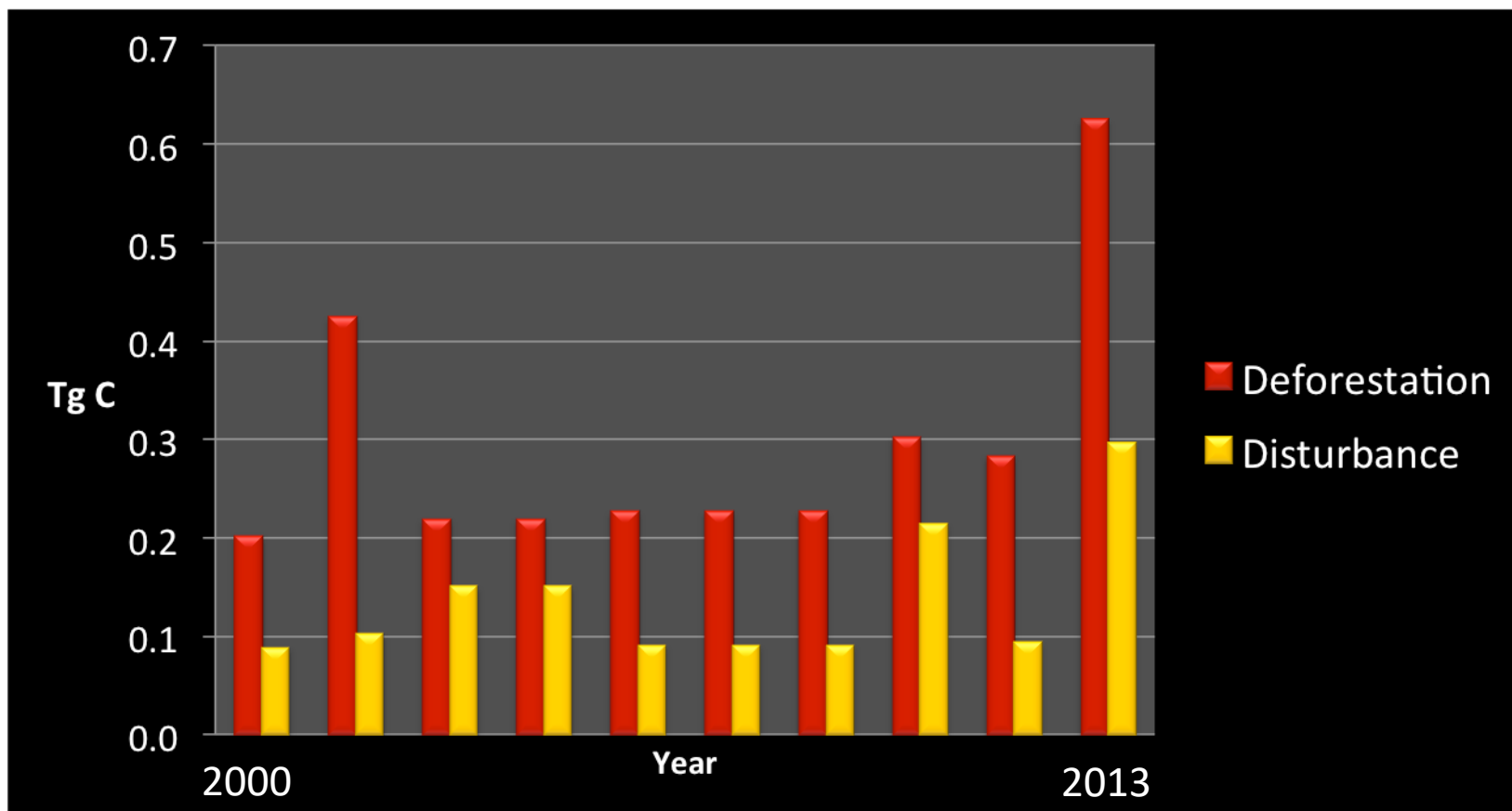
Thank you



Extra slides

Emisiones de GEI por Deforestación y Degradación

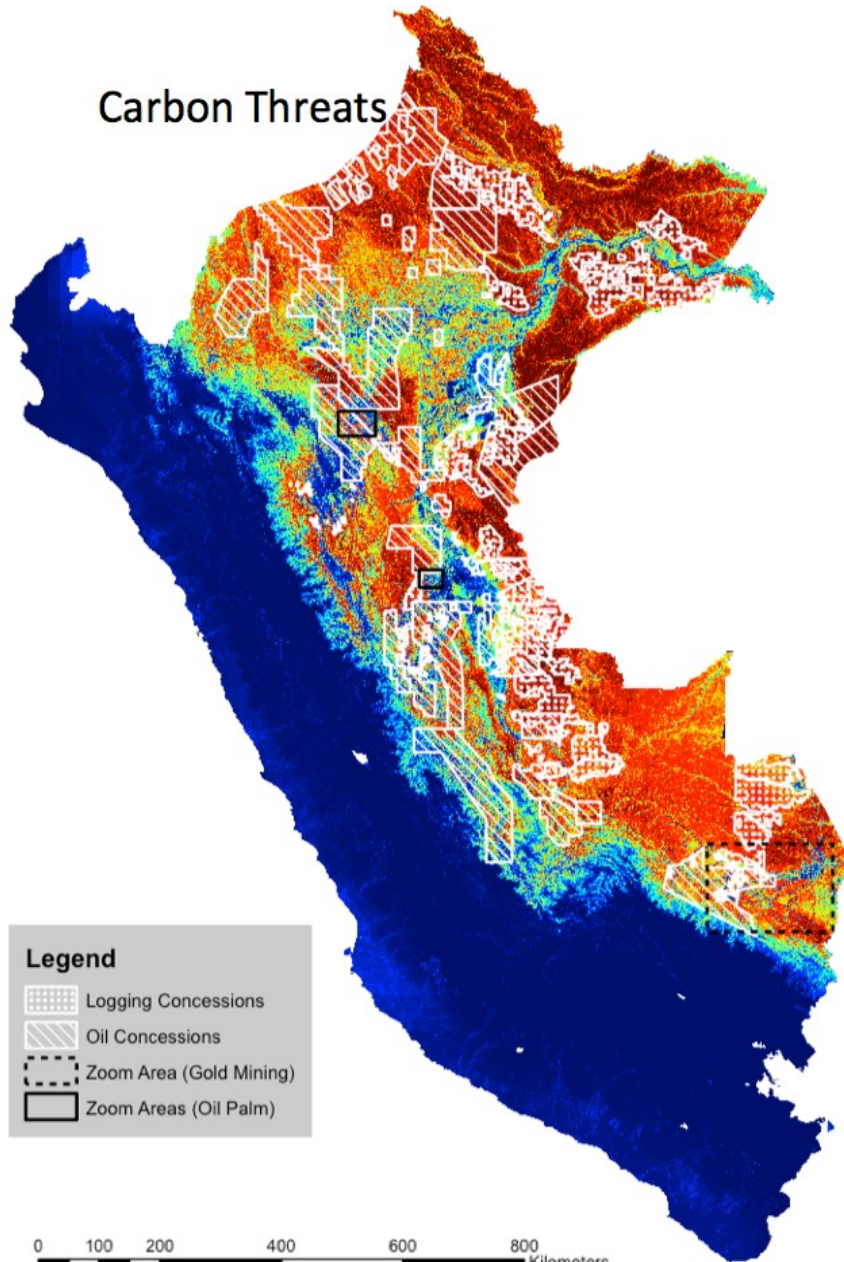
Madre de Dios



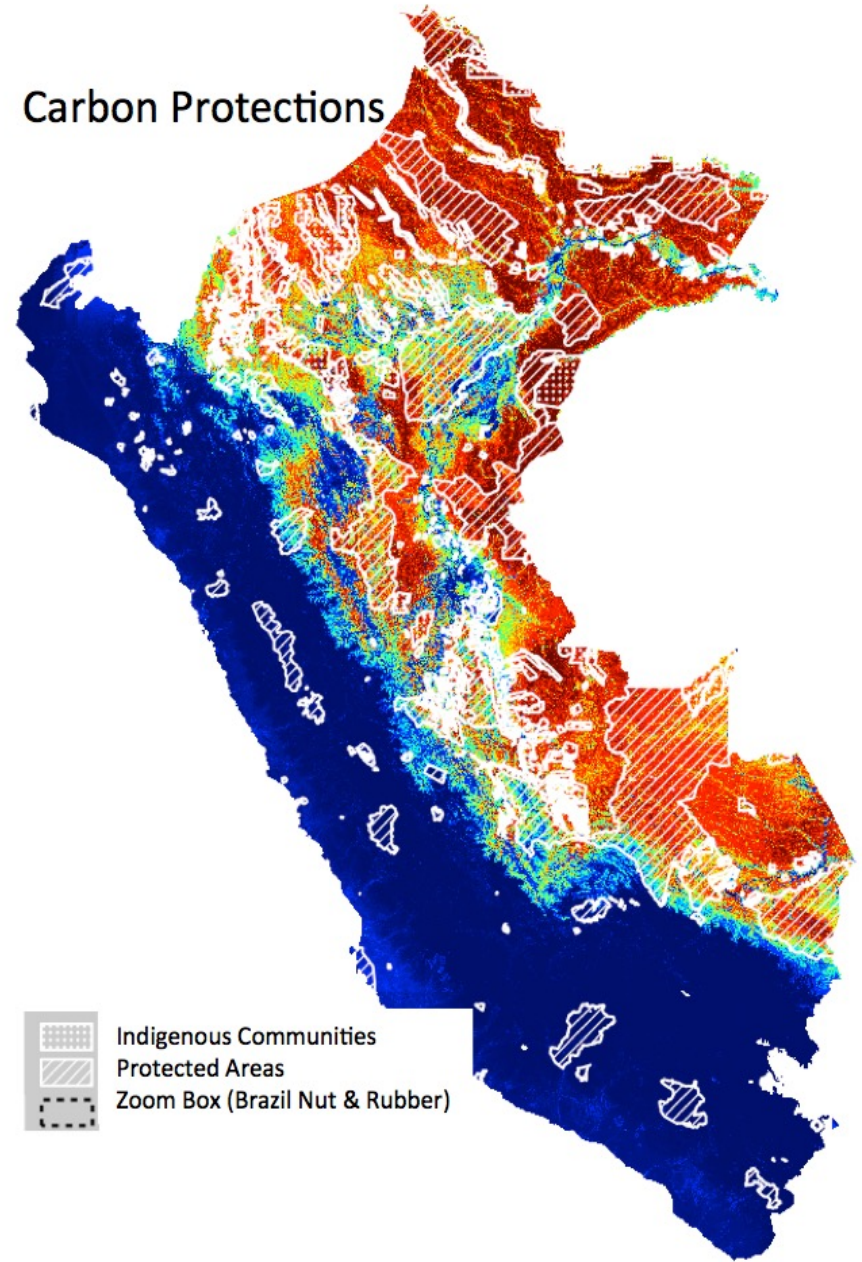
- 1 Tg = 1 million metric tonnes
- Las emisiones de GEI de la perturbación forestal promedian el 47% de la deforestación.

Protección y amenazas del stocks de carbono

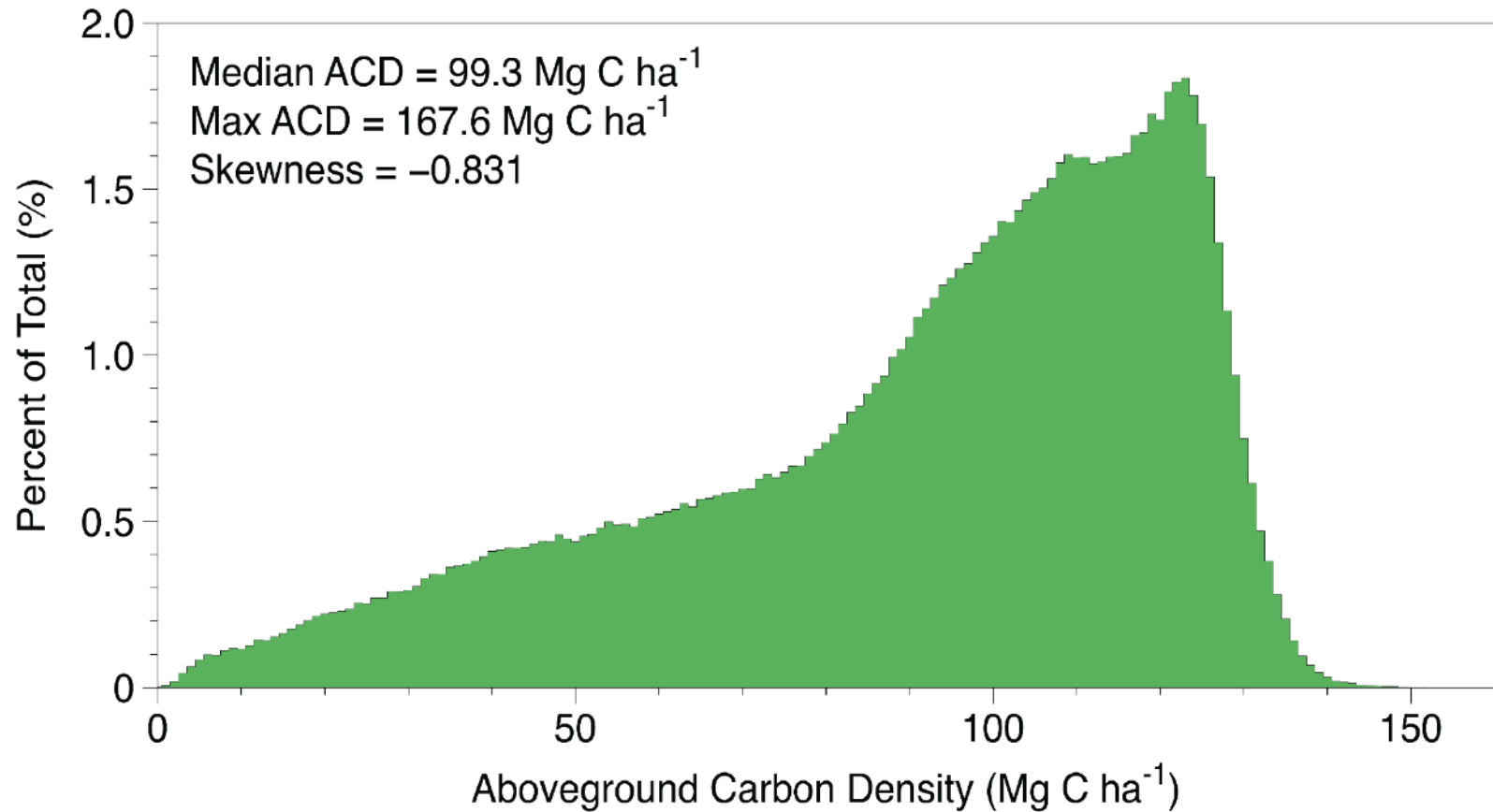
Carbon Threats



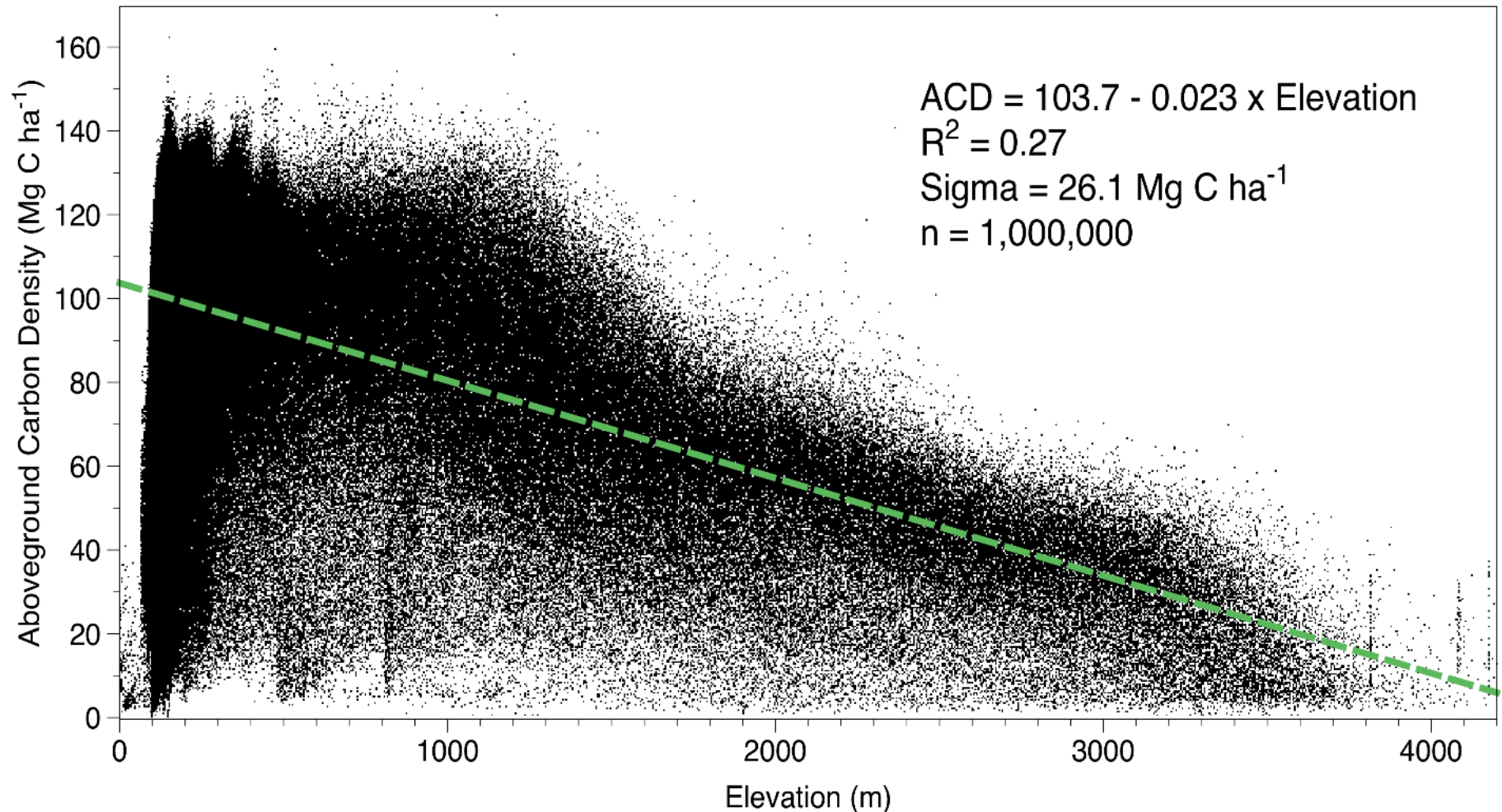
Carbon Protections



Distribución de las Reservas de Carbono en los bosques del Perú



Efectos naturales de la elevación en los stocks de carbono sobre el suelo



Stocks de carbono por jurisdicción - PERU

Table 1. Mean and variance of aboveground carbon density, and total aboveground carbon stock, for each Peruvian Region. The proportion of carbon stocks in each region relative to the total for Peru is also given. SD = standard deviation. Tg = Teragram = one million metric tons.

Region	Area (ha)	Mean Carbon Density (Mg C ha ⁻¹)	SD of Carbon Density (Mg C ha ⁻¹)	Total Carbon Stock (Tg C)	Proportion of Perú (%)
Amazonas	3,930,390	61.9	38.7	242.9	3.51
Ancash	3,595,941	2.3	2.6	8.1	0.12
Apurimac	2,111,640	1.0	2.1	2.2	0.03
Arequipa	6,325,762	2.2	2.6	14.2	0.21
Ayacucho	4,349,951	4.7	13.8	20.4	0.29
Cajamarca	3,304,619	9.2	17.0	30.5	0.44
Callao	14,167	6.4	2.8	0.1	0.01
Cusco	7,207,883	32.2	38.8	231.7	3.35
Huancavelica	2,206,335	1.8	4.2	3.9	0.06
Huánuco	3,720,347	35.2	37.5	130.6	1.89
Ica	2,108,125	7.7	4.2	16.1	0.23
Junín	4,399,697	33.4	37.5	146.4	2.11
La Libertad	2,529,588	4.0	8.2	10.0	0.14
Lambayeque	1,434,306	3.01	2.6	4.4	0.06
Lima	3,499,260	3.3	3.0	11.6	0.17
Loreto	37,511,259	98.8	29.4	3685.1	53.24
Madre de Dios	8,504,866	96.4	23.0	819.2	11.83
Moquegua	1,580,513	2.7	3.2	4.3	0.06
Pasco	2,411,598	51.2	42.5	123.3	1.78
Piura	3,605,927	3.3	4.6	11.7	0.17
Puno	6,796,462	15.6	32.3	106.0	1.53
San Martin	5,096,436	59.8	37.8	303.8	4.39
Tacna	1,608,229	2.9	2.6	4.7	0.07
Tumbes	469,182	10.3	7.0	4.3	0.06
Ucayali	10,533,060	93.7	31.1	986.8	14.26