

INFORME

Carbono almacenado en suelos en los bosques nativos de diferentes ecorregiones del país

Consultoría para la asistencia en la determinación del carbono orgánico en los suelos de los Bosques Nativos de Argentina

Proyecto de Apoyo para la Preparación de REDD + en el marco del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (Donación N° TF019086)

Año: 2021

Coordinador General: Pablo Luis Peri (Coordinador Programa Nacional Forestal INTA)

Coordinadores Regionales: Guillermo Martínez Pastur (Patagonia, CADIC-CONICET), Matías Mastrangelo (Parque Chaqueño, GEAP, FCA-UNMDP, CONICET), Ezequiel Balducci (Yungas, INTA Yuto), Pablo Villagra (Monte, CONICET), Marcelo Nosetto (Espinal, UNSL), Martín Pinazo (Selva Misionera, INTA Montecarlo), Juan Gaitán (SIG, INTA Castelar).

Colaboradores: Espinal: P. Iglesia (EEA Paraná, INTA); S. Ballesteros (IMASL, CONICET). Parque Chaqueño: Sebastián Villarino (GEAP, FCA-UNMDP, CONICET); Ximena Sirimarco (GEAP); María Paula Barral (GEAP, INTA). Monte: Pablo A. Meglioli (IANIGLA - CONICET Mendoza; FCA-UNCUYO); Marina Morsucci (FCA-UNCUYO). Yungas: Silvina Manrique (Universidad Nacional de Salta -CONICET); Ignacio Gasparri (Universidad Nacional de Tucumán -CONICET). Selva Misionera: Norberto Pahr (INTA EEA Montecarlo); Alejandra Von Wallis (INTA EEA Montecarlo); Sebastian Barbaro (INTA EEA Cerro Azul). Bosque Andino Patagónico: Yamina Rosas (CADIC-CONICET); Axel Von Muller (INTA Esquel); Marina Gonzalez Polo (IMBIOMA-CONICET, Bariloche); Patricia Satti (Universidad Nacional del Comahue-CONICET, Esquel); Ludmila La Manna (Universidad Nacional de la Patagonia "San Juan Bosco"-CONICET, Esquel).

Aportantes: Espinal: J. C. Colazo (EEA San Luis, INTA); J. de Dios Herrero (EEA San Luis, INTA); F. Frank (EEA Anguil, INTA); E. Kowaljow (IMBIV, CONICET); N. Perez-Harguindeguy (IMBIV, CONICET); A. Quiroga (EEA Anguil, INTA); M. Roglich (Wildlife Conservation Society); M. Wilson (EEA Paraná, INTA); Miguel Davel (CIEFAP, Esquel). Parque Chaqueño: Julieta Rojas (INTA Sáenz Peña); Marcos Atanasio (INTA Sáenz Peña); Pablo Baldassini (LART, FAUBA); Georgina Conti (IMBIV-UNC, CONICET); Josefina Uribe (INTA); Dardo López (INTA Manfredi); Leonardo Galetto (IMBIV-UNC, CONICET); Lucas Enrico (IMBIV-UNC, CONICET); Lucas Gorné (IMBIV-UNC, CONICET); Ramiro Aguilar (IMBIV-UNC, CONICET); Betania Naldini (IMBIV-UNC, CONICET); Natalia Perez-Harguindeguy (IMBIV-UNC, CONICET); Francisco Alaggia (INTA Manfredi, CONICET); Eugenio Alvarez Arnesi (CONICT/UNR); Ignacio Barberis

(CONICET/UNR); Laura Cavallero (CONICET E. Forestal); Carlos Carranza (INTA Manfredi); Astor López (INTA); Natalia Mansilla (INTA); Pedro Fernandez (INTA Leales); Natalia Benegas (INTA Leales); Adriana Abril (FCA-UNC, CONICET); Ada Albanesi (FAA-UNSE); Sebastián Kees (INTA Sáenz Peña). Yungas: Cecilia Blundo (CONICET, Instituto de Ecología Regional -IER, Universidad Nacional de Tucumán); Hugo Javier Fernandez (INTA Yuto); Carlos Lopez Morillo (INTA Yuto); Ignacio Fernandez (INTA Orán); Maria Cecilia Morales Poclava (INTA Salta). Selva Misionera: Roxana Paola Eclesia (INTA - EEA Paraná); Silvina Machuca (INYM); Rodolfo Martiarena (INTA OIT Dolores). Bosque Andino Patagónico: Pablo Laclau (INTA San Martín de los Andes); Carlos Buduba (INAT Esquel); Jimena Chaves (CADIC-CONICET), Julieta Benitez (CADIC-CONICET).

Componentes 6.1 y 6.5 del Término de Referencia

Mediante el presente informe, se presenta la selección de parcelas donde se compromete la medición de carbono orgánico del suelo (0-30 cm) de acuerdo a los términos de referencia acordados. Previamente, se hizo una recopilación de los trabajos disponibles: (i) revistas científicas, (ii) capítulos de libros, (iii) congresos, (iv) informes técnicos, (v) así como de datos no publicados disponibles por participantes de la presente consultoría o que fueron consultados a tal fin (ej. trabajo realizado por ONU REDD+ y otros proyectos similares que ya cuentan con mediciones de contenido de carbono en suelo en las diferentes regiones forestales).

En base a las parcelas ya medidas, se procedió a identificar áreas donde la información, según el uso previo y actual del suelo (ej. bosque primario, uso silvopastoril o con aprovechamiento forestal) y tipo forestal, es escasa. Las mismas se presentan de acuerdo con las regiones forestales de la Argentina: (A) Bosque Andino Patagónico, (B) Espinal (Distrito Caldén), (C) Monte, (D) Parque Chaqueño, (E) Selva Misionera, y (F) Yungas.

Se propone la medición de 200 parcelas distribuidas en puntos estratégicos de la Argentina, buscando representatividad de acuerdo a la disponibilidad de datos, abundancia de los tipos forestales, y de acuerdo a estudios de caso para la determinación de los impactos según el uso de la tierra. Mediante el presente informe se propone la siguiente ubicación de las parcelas para ser acordada con la Unidad de Implementación del Proyecto FCPF.

(A) Bosque Andino Patagónico:

De acuerdo al informe del segundo inventario forestal nacional (septiembre 2019) elaborado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, los tipos forestales más abundantes son los de lenga (1.57 mill ha), ñire (0.85 mill de ha) y cohiue (0.23 mill de ha), sobre un total de 3.24 mill de ha para toda la Patagonia. De estos bosques, los dos primeros son los que más uso forestal tienen en términos de servicios ecosistémicos de provisión (e.g. madera y cría de ganado). Si bien según los términos de referencia se plantean 12 en el Componente 6.1, se comprometen 15 parcelas que serán establecidas en estos bosques dada la abundancia y

representatividad. Por otra parte, de acuerdo a los términos de referencia se comprometen al menos 20 parcelas en el Componente 6.5, en tierras deforestadas por el sistema agrícola más representativo para la región que es la conversión de bosques a pastizales (mezclas de pastos naturales e introducidos bajo una dinámica natural) o pasturas (remoción mecánica de las especies nativas e implantación de especies introducidas). Estas parcelas serán establecidas equitativamente entre las diferentes provincias para capturar la variación en el paisaje.

Se anexa un mapa de ubicación de las mismas, y una tabla con la descripción de las propiedades:

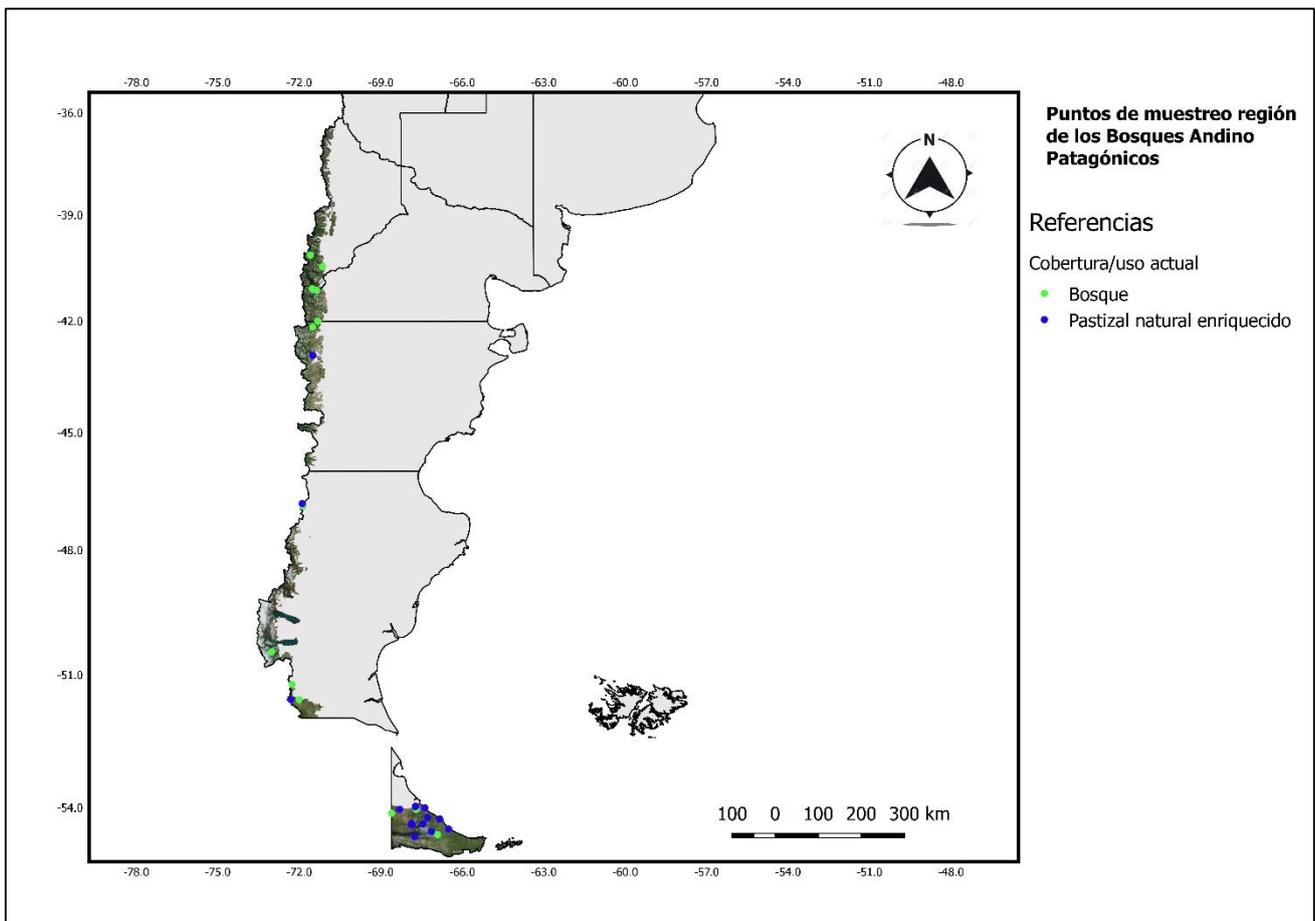


Fig. 1. Ubicación de las parcelas en los Bosques Andino Patagónicos

Tabla 1. Ubicación (latitud y longitud), tipo de propiedad (pública o privada), uso y cobertura actual (forestal, ganadero, conservación) en los Bosques Andino Patagónicos.

ID	Latitud	Longitud	Tipo de propiedad	Uso actual	Cobertura actual	Tipo bosque	Provincia
1	-54.5813	-66.9110	Publica	Forestal	Bosque	Bosque de lenga	Tierra del Fuego
2	-54.1212	-68.6025	Publica	Bosque primario	Bosque	Bosque de lenga	Tierra del Fuego
3	-54.0407	-67.6969	Publica	Bosque primario	Bosque	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
4	-54.0286	-67.7019	Publica	Bosque degradado	Bosque	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
5	-46.8949	-71.8691	Privada	Silvopastoril	Bosque	Bosque de lenga	Santa Cruz
6	-51.2226	-72.2639	Privada	Silvopastoril	Bosque	Bosque de ñire	Santa Cruz
7	-51.5739	-72.0052	Privada	Forestal	Bosque	Bosque de lenga	Santa Cruz
8	-50.4620	-73.0235	Publica	Bosque primario	Bosque	Bosques siempreverde Nothofagus	Santa Cruz
9	-42.9340	-71.5033	Privada	Forestal	Bosque	Bosque de lenga	Chubut
10	-42.1585	-71.5117	Privada	Forestal	Bosque	Bosques puros o mixtos de coníferas	Chubut
11	-41.9982	-71.3230	Privada	Forestal	Bosque	Bosques puros o mixtos de coníferas	Chubut
12	-41.0961	-71.5254	Privada	Forestal	Bosque	Otros bosques mixtos	Río Negro
13	-41.1374	-71.3628	Privada	Forestal	Bosque	Bosques puros o mixtos de coníferas	Río Negro
14	-40.1497	-71.5916	Privada	Bosque primario	Bosque	Bosques puros y mixtos deciduos de Nothofagus	Neuquén
15	-40.4762	-71.1520	Privada	Forestal	Bosque	Bosques puros y mixtos deciduos de Nothofagus	Neuquén
16	-54.6241	-67.7591	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
17	-54.3539	-67.4497	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
18	-54.5163	-67.1370	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
19	-54.3709	-67.8488	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
20	-54.3706	-67.8735	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
21	-54.3682	-67.8609	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
22	-54.3447	-67.8700	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
23	-54.3553	-67.8597	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
24	-54.3543	-67.8593	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
25	-54.0027	-67.3809	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
26	-54.2126	-67.2813	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
27	-54.0336	-68.3018	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
28	-53,9756	-67,7287	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
29	-53.9695	-67.7197	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
30	-54.2459	-66.8320	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
31	-54.4622	-66.5039	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de ñire	Tierra del Fuego
32	-51.5754	-72.3104	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de lenga	Santa Cruz
33	-46.8272	-71.8975	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de lenga	Santa Cruz
34	-42.9319	-71.5013	Privada	Ganadero	Pastizal natural enriquecido	Bosque de lenga	Chubut

(B) Espinal:

La región forestal del Espinal comprende los distritos del Caldén, del Algarrobo y del Ñandubay. Mientras que el distrito del Algarrobo se encuentra altamente transformado, principalmente hacia agricultura, los distritos del Caldén (53% de la superficie de la región) y del Ñandubay (21%) aún conservan una superficie forestal importante, utilizada principalmente con fines ganaderos (SAyDSN, 2007). De acuerdo a los términos de referencia se comprometen al menos 28 parcelas en el Componente 6.1, que serán establecidas en estos bosques, dada la abundancia y representatividad, de la siguiente manera:

(i) Distrito del Caldén: Dado que este es el distrito que presenta actualmente la mayor superficie forestal de la región del Espinal, se establecerán en dicho distrito la mayor cantidad de parcelas de medición, alcanzando un total de 16. Las mismas estarán distribuidas en un corredor Norte-Sur desde General Hacha (La Pampa) hasta cercanías de Villa Mercedes (San Luis). Se espera localizar en la provincia de La Pampa un total de 10 parcelas y 6 en la provincia de San Luis. En la mayoría de estos casos se trata de bosques aprovechados para uso ganadero con una cobertura vegetal variable, desde bosques abiertos (con pastos o arbustos) hasta bosques cerrados.

(ii) Distrito del Algarrobo: Este es el distrito que presenta actualmente la menor superficie forestal dentro de la región del Espinal, siendo posible localizar solo pequeños relictos de bosques de algarrobo. Se espera localizar en este distrito al menos 4 parcelas de medición, las cuales estarán distribuidas en la provincia de Córdoba (3 parcelas) y en la provincia de Santa Fe (1 parcela).

(iii) Distrito del Ñandubay: Este distrito se ubica en las provincias de Entre Ríos y Corrientes y aún conserva una superficie importante de tierras forestales (1.6 millones de hectáreas según Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos 2007). La mayor parte de esta superficie (72%) se encuentra en la provincia de Entre Ríos, por lo que allí se ubicará un total de 8 parcelas de medición (SAyDSN, 2007).

Por otra parte, de acuerdo a los términos de referencia se comprometen al menos 20 parcelas en el Componente 6.5, en tierras deforestadas por los sistemas agrícolas más representativos para la región que es la conversión de bosques a cultivos agrícolas anuales y en menor medida hacia pastizales (mezclas de pastos naturales e introducidos bajo una dinámica natural) o pasturas (remoción mecánica de las especies nativas e implantación de especies introducidas). Estas parcelas serán establecidas equitativamente entre las diferentes provincias y distritos para capturar las variaciones ambientales. Se espera localizar un total de 12 parcelas en el distrito del Caldén, 4 en el distrito del Algarrobo y 4 en el del Ñandubay.

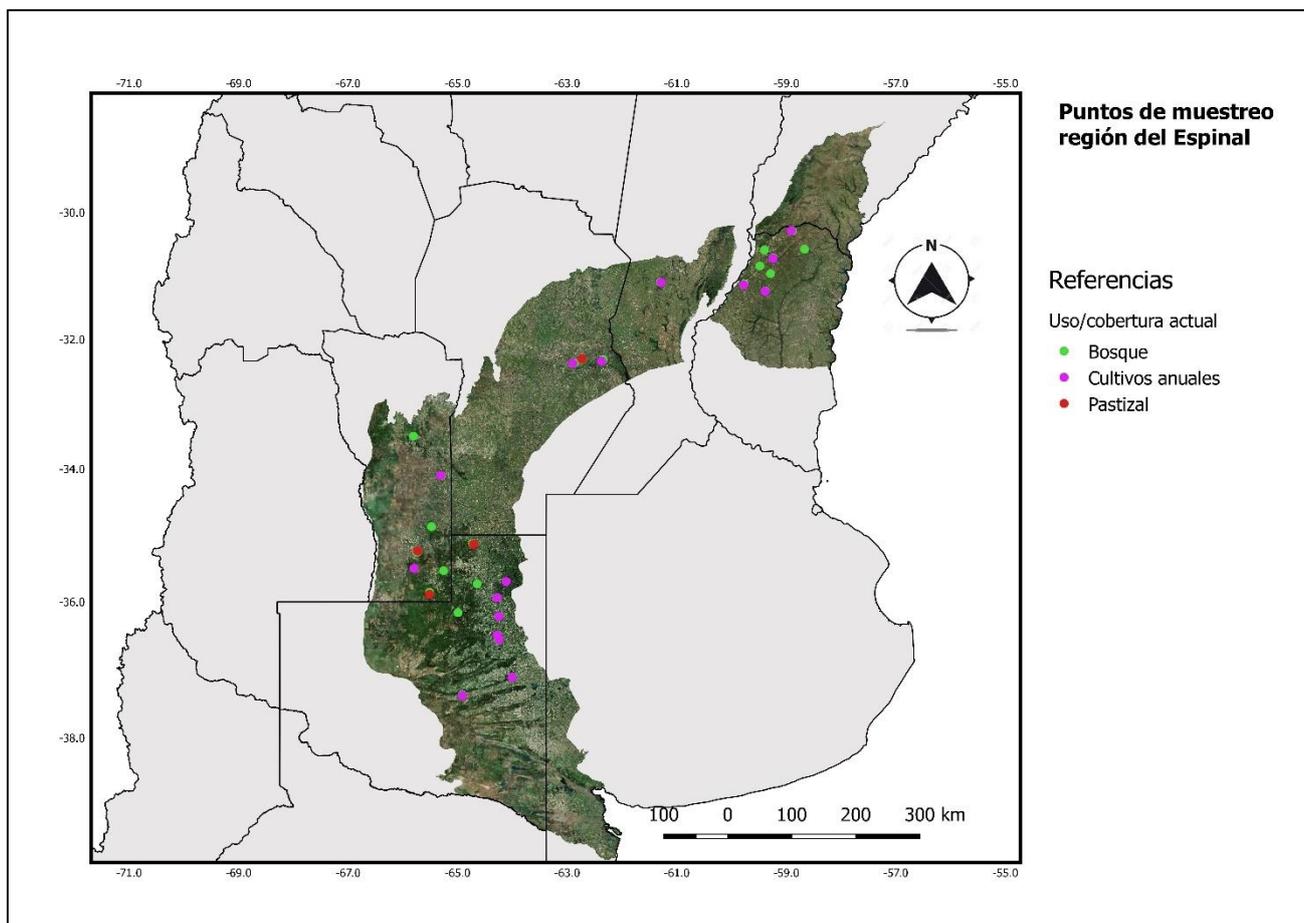


Fig. 2. Ubicación de las parcelas en el Espinal.

Tabla 2. Ubicación (latitud y longitud), tipo de propiedad (pública o privada), uso pasado y actual (forestal, ganadero, agrícola), cobertura actual (bosque, pastizal, cultivos anuales), distrito (Caldén, Algarrobo, Ñandubay), y Provincia (La Pampa, San Luis, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos). Los puntos 1 al 28 corresponden a las parcelas del producto 6.1, mientras que los puntos 29 al 48 corresponden a las parcelas del producto 6.5.

ID	Latitud	Longitud	Tipo de propiedad	Uso pasado	Uso Actual	Cobertura actual	Distrito	Provincia
1	-35.8567	-65.5166	privada	forestal	ganadero	bosque	Caldén	San Luis
2	-34.8727	-65.4807	privada	forestal	ganadero	bosque	Caldén	San Luis
3	-35.5343	-65.2591	privada	forestal	ganadero	bosque	Caldén	San Luis
4	-35.7319	-64.6457	privada	forestal	ganadero	bosque	Caldén	La Pampa
5	-36.1600	-64.9950	privada	forestal	ganadero	bosque	Caldén	La Pampa
6	-35.1253	-64.7310	privada	forestal	ganadero	bosque	Caldén	La Pampa
7	-35.2597	-65.7480	privada	forestal	ganadero	bosque	Caldén	San Luis
8	-32.3661	-62.8652	privada	forestal	ganadero	bosque	Algarrobo	Córdoba
9	-32.3130	-62.3442	privada	forestal	ganadero	bosque	Algarrobo	Córdoba
10	-30.9672	-59.2905	privada	forestal	ganadero	bosque	Ñandubay	Entre Ríos
11	-31.2424	-59.3821	privada	forestal	ganadero	bosque	Ñandubay	Entre Ríos

12	-30.8473	-59.4821	privada	forestal	ganadero	bosque	Ñandubay	Entre Ríos
13	-30.5941	-59.4012	privada	forestal	ganadero	bosque	Ñandubay	Entre Ríos
14	-30.7189	-59.2411	privada	forestal	ganadero	bosque	Ñandubay	Entre Ríos
15	-30.2937	-58.8921	privada	forestal	ganadero	bosque	Ñandubay	Entre Ríos
16	-30.5808	-58.6678	privada	forestal	ganadero	bosque	Ñandubay	Entre Ríos
17	-31.1333	-59.7712	privada	forestal	ganadero	bosque	Ñandubay	Entre Ríos
18	-31.1018	-61.3000	privada	forestal	ganadero	bosque	Algarrobo	Santa Fe
19	-32.3103	-62.7332	privada	forestal	ganadero	bosque	Algarrobo	Córdoba
20	-37.3713	-64.9167	privada	forestal	ganadero	bosque	Caldén	La Pampa
21	-37.1139	-64.0026	privada	forestal	ganadero	bosque	Caldén	La Pampa
22	-36.2168	-64.2566	privada	forestal	ganadero	bosque	Caldén	La Pampa
23	-35.9405	-64.2755	privada	forestal	ganadero	bosque	Caldén	La Pampa
24	-36.5642	-64.2549	privada	forestal	ganadero	bosque	Caldén	La Pampa
25	-35.6973	-64.1172	privada	forestal	ganadero	bosque	Caldén	La Pampa
26	-36.4943	-64.2707	privada	forestal	ganadero	bosque	Caldén	La Pampa
27	-34.1000	-65.3000	privada	forestal	ganadero	bosque	Caldén	San Luis
28	-33.4956	-65.8084	privada	forestal	ganadero	bosque	Caldén	San Luis
29	-35.8873	-65.5155	privada	forestal	ganadero	pastizal	Caldén	San Luis
30	-35.1369	-64.7124	privada	forestal	ganadero	pastizal	Caldén	La Pampa
31	-35.2410	-65.7358	privada	forestal	ganadero	pastizal	Caldén	San Luis
32	-32.3380	-62.3746	privada	forestal	agrícola	cultivos anuales	Algarrobo	Córdoba
33	-32.3724	-62.8989	privada	forestal	agrícola	cultivos anuales	Algarrobo	Córdoba
34	-31.1061	-61.2867	privada	forestal	agrícola	cultivos anuales	Algarrobo	Santa Fe
35	-32.3046	-62.7345	privada	forestal	agrícola	pastizal	Algarrobo	Córdoba
36	-37.3829	-64.9140	privada	forestal	agrícola	cultivos anuales	Caldén	La Pampa
37	-37.1147	-64.0078	privada	forestal	agrícola	cultivos anuales	Caldén	La Pampa
38	-36.2168	-64.2510	privada	forestal	agrícola	cultivos anuales	Caldén	La Pampa
39	-35.9415	-64.2792	privada	forestal	agrícola	cultivos anuales	Caldén	La Pampa
40	-36.5629	-64.2465	privada	forestal	agrícola	cultivos anuales	Caldén	La Pampa
41	-35.6981	-64.1141	privada	forestal	agrícola	cultivos anuales	Caldén	La Pampa
42	-36.4944	-64.2778	privada	forestal	agrícola	cultivos anuales	Caldén	La Pampa
43	-31.1462	-59.7772	privada	forestal	agrícola	cultivos anuales	Ñandubay	Entre Ríos
44	-31.2468	-59.3890	privada	forestal	agrícola	cultivos anuales	Ñandubay	Entre Ríos
45	-30.7281	-59.2427	privada	forestal	agrícola	cultivos anuales	Ñandubay	Entre Ríos
46	-30.2908	-58.9136	privada	forestal	agrícola	cultivos anuales	Ñandubay	Entre Ríos
47	-34.0962	-65.3089	privada	forestal	agrícola	cultivos anuales	Caldén	San Luis
48	-35.5000	-65.8000	privada	forestal	agrícola	cultivos anuales	Caldén	San Luis

(C) Monte:

La región del Monte, con 47 millones de ha, ocupa el oeste árido de la Argentina (SAyDS, 2005, Rundel et al. 2007), orientado como una diagonal de marcada extensión desde los 24.35°S en la Quebrada del Toro (Salta) hasta los 44.2 °S en Chubut; y desde los 69.5°W al pie de los Andes hasta los 62.54°W en la costa Atlántica (Morello 1958). Desde un punto de vista ecológico y de acuerdo a la presencia de masas forestales nativas

distinguimos dos subregiones: Monte Meridional (de Llanuras y Mesetas, 35 millones ha) y Monte Septentrional (de Sierras y Bolsones, 12 millones ha) (Karlin 1984). Mientras en el sur del Monte dominan las estepas arbustivas de *Zygophyllaceae* y solamente acompañan árboles aislados o bosquetes de pocos individuos, en el Monte Septentrional encontramos unidades boscosas de distinta magnitud, dominadas por especies del género *Prosopis*, en los fondos de valles y bolsones principalmente (Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos 2005, Villagra et al 2020). Debido a las escasas precipitaciones de la región (30 a 400 mm anuales), el bosque está asociado exclusivamente a zonas con mayor disponibilidad hídrica, ya sea en sitios cercanos a cauces de agua permanentes y temporarios (bosques en galerías) ó en sitios donde el agua subterránea es accesible (nivel freático entre 5-30 m) por la vegetación freatófita (Morello, 1958; Alvarez y Villagra, 2009; Jobbágy et al., 2011). En el Monte encontramos distintas comunidades de bosques; siendo representativas, por su presencia y magnitud, los bosques de *Prosopis spp* (Algarrobales) y *Bulnesia retama* (Retamales), y con menor extensión los bosques de *Geoffroea decorticans* (Chañaral), *Ramorinoa girolae* (Chicales), *Ochetophila trinervis* (Chacay), *Maytenus boaria* (Maitén) y *Escallonia myrtoidea* (Luma) (Villagra et al 2020).

En función del informe de la “Prueba piloto para evaluar la incorporación de reservorios de Carbono en el Inventario Nacional de Bosques Nativos para la región Monte” (Coirini et al 2019), se definieron las comunidades más conspicuas de la región a: los bosques de algarrobo, bosques de retamo y bosques mixtos. De acuerdo a esto, se comprometen al menos 16 parcelas en el Componente 6.1 en el sector central del Monte, las cuales incluirán los diferentes tipos de bosques y sus distintas tipologías (abierto y cerrado), abarcando las provincias de Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja, San Juan y Mendoza. Se proponen ubicar parcelas en función de la representatividad en el Monte, destinando 10 parcelas en los bosques de algarrobos, 3 en bosques de retamo y 3 en los bosques mixtos.

Por su parte, de acuerdo a los términos de referencia se comprometen 20 parcelas en el Componente 6.5, las cuales serán ubicadas en tierras deforestadas (esto es la conversión de bosques a otros tipos cultivos y/o pasturas) y en áreas de degradadas por sobrepastoreo o fuego para la región. Debido a que el disturbio por pastoreo es común en la región, se seleccionaron parcelas de bosque que tengan alta presión de uso ganadero por varios años. Estas parcelas serán establecidas entre las diferentes provincias para capturar la variación en el paisaje.

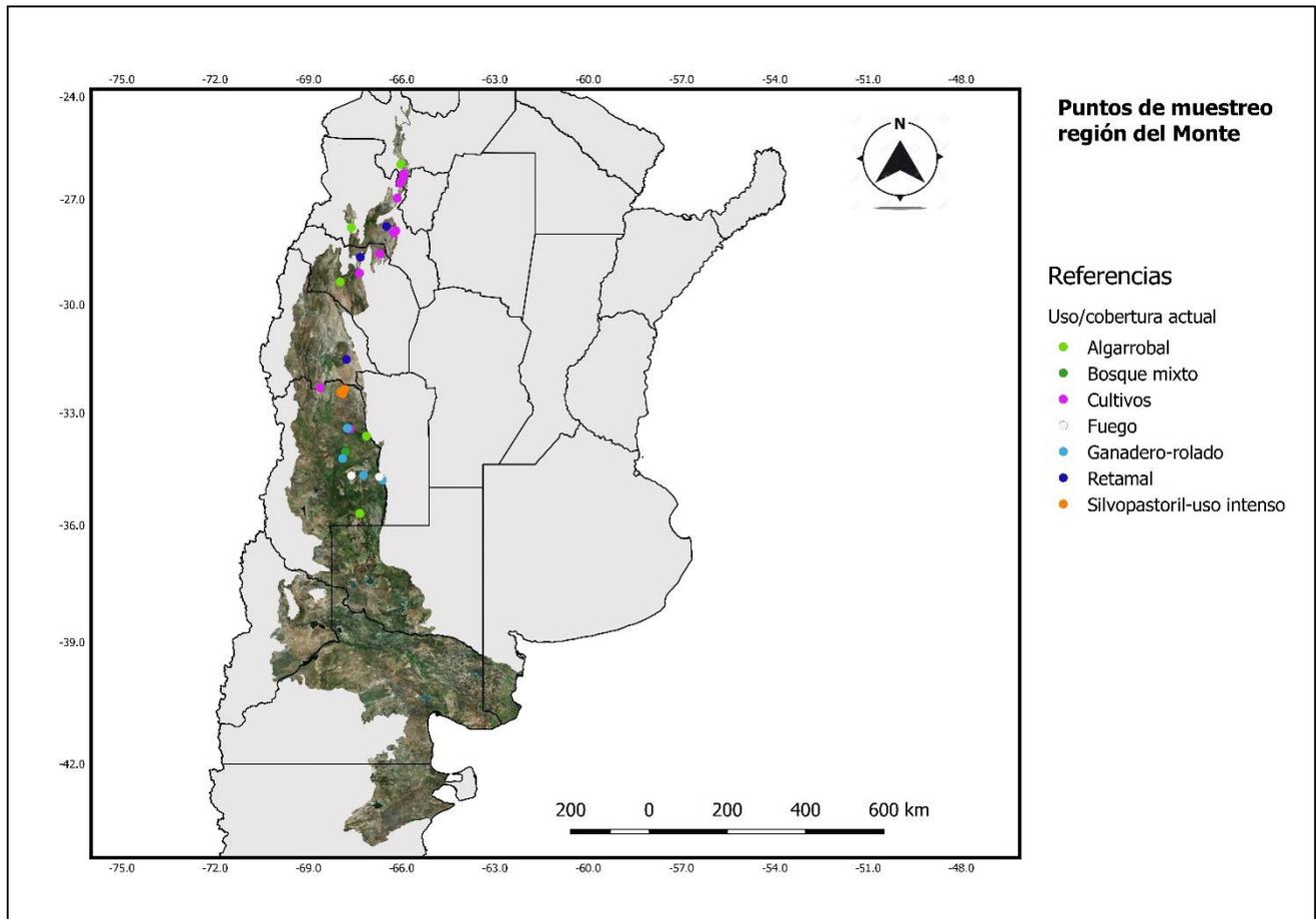


Fig. 3. Ubicación de las parcelas en el Monte.

Tabla 3: Ubicación de las parcelas seleccionadas para el estudio. Se detallan la ubicación (latitud y longitud), tipo de propiedad (pública o privada), uso pasado y actual (forestal, ganadero, agrícola), cobertura actual (tipo de bosque, rolado, cultivos, etc), y Provincia (La Pampa, San Luis, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos). Los puntos 1 al 16 corresponden a las parcelas del producto 6.1, mientras que los puntos 17 al 36 corresponden a las parcelas del producto 6.5.

N	Latitud	Longitud	Tipo de Propiedad	Uso Pasado	Uso Actual	Cobertura actual	Provincia	Localidad
1	-35,684	-67,347	Privado	Forestal	ganadero	algarrobal abierto	Mendoza	Cochicó
2	-34,046	-67,802	Privado	Forestal	ganadero	bosque mixto- chañaral	Mendoza	Ñacuñán
3	-33,620	-67,132	Privado	Forestal	ganadero	algarrobal	Mendoza	La Paz
4	-32,413	-67,942	Público	Forestal	conservación	algarrobal	Mendoza	Telteca

5	-31,526	-67,773	Privado	Forestal	ganadero	retamal abierto	San Juan	Bermejo
6	-32,305	-68,556	Privado	Forestal	ganadero	Bosque mixto chañaral	Mendoza	Lavalle
7	-29,358	-67,977	Privado	Forestal	ganadero	algarrobal en cauce	La Rioja	Mina La Lina
8	-29,109	-67,350	Privado	Forestal	ganadero	algarrobal mixto	La Rioja	Chilecito
9	-28,659	-67,331	Privado	Forestal	ganadero	retamal	La Rioja	Pituil
10	-27,782	-66,485	Privado	Forestal	ganadero	retamal abierto	Catamarca	Pipanaco
11	-26,978	-66,158	Privado	Forestal	ganadero	algarrobal abierto	Catamarca	Punta de Balasto
12	-27,810	-67,620	Privado	Forestal	ganadero	algarrobal, denso	Catamarca	Fiambalá
13	-26,530	-66,045	Privado	Forestal	ganadero	algarrobal abierto	Tucumán	Fuerte Quemado
14	-26,352	-65,940	Privado	Forestal	ganadero	algarrobal en médano	Tucumán	Colalao del Valle
15	-26,262	-65,938	Privado	Forestal	ganadero	algarrobal cerrado	Salta	El Molino
16	-25,990	-66,031	Privado	Forestal	ganadero	algarrobal en ribera	Salta	San Antonio
17	-34,799	-66,624	Privado	Forestal	agrícola	ganadero - rolado	Mendoza	General Alvear
18	-34,671	-67,232	Privado	Forestal	agrícola	ganadero -rolado	Mendoza	General Alvear
19	-34,712	-66,719	Privado	Forestal	ganadero	fuego	Mendoza	General Alvear
20	-34,683	-67,621	Privado	Forestal	ganadero	degradado-fuego	Mendoza	Goico
21	-34,221	-67,905	Privado	Forestal	ganadero	ganadero-rolado	Mendoza	Ñacuñán

22	-33,427	-67,685	Privado	Forestal	agrícola	cultivos- riego pivot	Mendoza	La Paz
23	-33,408	-67,746	Privado	Forestal	ganadero	ganadero- rolado	Mendoza	La Paz
24	-32,440	-67,960	Privado	Forestal	ganadero	silvopastoril-uso intenso	Mendoza	Telteca
25	-32,468	-67,903	Privado	Forestal	ganadero	silvopastoril-uso intenso	Mendoza	Telteca
26	-32,344	-67,834	Privado	Forestal	ganadero	silvopastoril-uso intenso	Mendoza	Telteca
27	-32,411	-67,916	Privado	Forestal	ganadero	silvopastoril-uso intenso	Mendoza	Telteca
28	-32,304	-68,612	Privado	Forestal	agrícola	cultivo olivos	Mendoza	Lavalle
29	-29,114	-67,364	Privado	Forestal	agrícola	cultivos	La Rioja	Chilecito
30	-28,565	-66,706	Privado	Forestal	agrícola	cultivos	Catamarca	Aimogasta
31	-26,970	-66,147	Privado	Forestal	agrícola	cultivos	Catamarca	Punta de Balasto
32	-27,967	-66,258	Privado	Forestal	agrícola	cultivos	Catamarca	Pipanaco
33	-27,903	-66,193	Privado	Forestal	agrícola	cultivos	Catamarca	Pipanaco
34	-26,536	-66,044	Privado	Forestal	agrícola	cultivos	Tucuman	Fuerte Quemado
35	-26,353	-65,954	Privado	Forestal	agrícola	cultivos	Tucuman	Colalao del Valle
36	-26,265	-65,943	Privado	Forestal	agrícola	cultivos	Tucuman	El Molino

(D) Parque Chaqueño

La región forestal del Parque Chaqueño ocupa alrededor de 67,5 millones de hectáreas en el centro norte del país. Por su fisonomía y composición florística se diferencian dos grandes regiones: el Chaco Húmedo se extiende por el sector oriental de la región ocupando alrededor de un cuarto de su superficie, mientras que el Chaco Seco ocupa la superficie restante extendiéndose por el norte, centro y sur del sector central y occidental. Dentro del Chaco Seco, se diferencian tres subregiones: el Chaco Semiárido ocupa alrededor de la mitad del Parque Chaqueño en el centro norte de la región, el Chaco Árido ocupa un 10% de la misma en el sudoeste de la misma, y un porcentaje similar es ocupado por el Chaco Serrano que se extiende sobre las sierras pampeanas y subandinas del oeste de la región.

De acuerdo a esta distribución se comprometen, para el componente 6.1, 140 parcelas de medición de carbono orgánico en suelo de bosque nativo en el Parque Chaqueño, 27 parcelas en el Chaco Húmedo y 113 parcelas en el Chaco Seco. Estas parcelas se distribuyen de manera de capturar los diferentes usos del bosque nativo (sin intervenir, aprovechamiento forestal, silvopastoril, sobreutilizado). Para el componente 6.5, se comprometen 87 parcelas de medición de carbono orgánico en usos de la tierra que reemplazaron al bosque nativo, 3 de ellas en pasturas del Chaco Húmedo, y 84 en usos de reemplazo del bosque nativo (43 en pasturas y 41 en cultivos anuales) en el Chaco Seco.

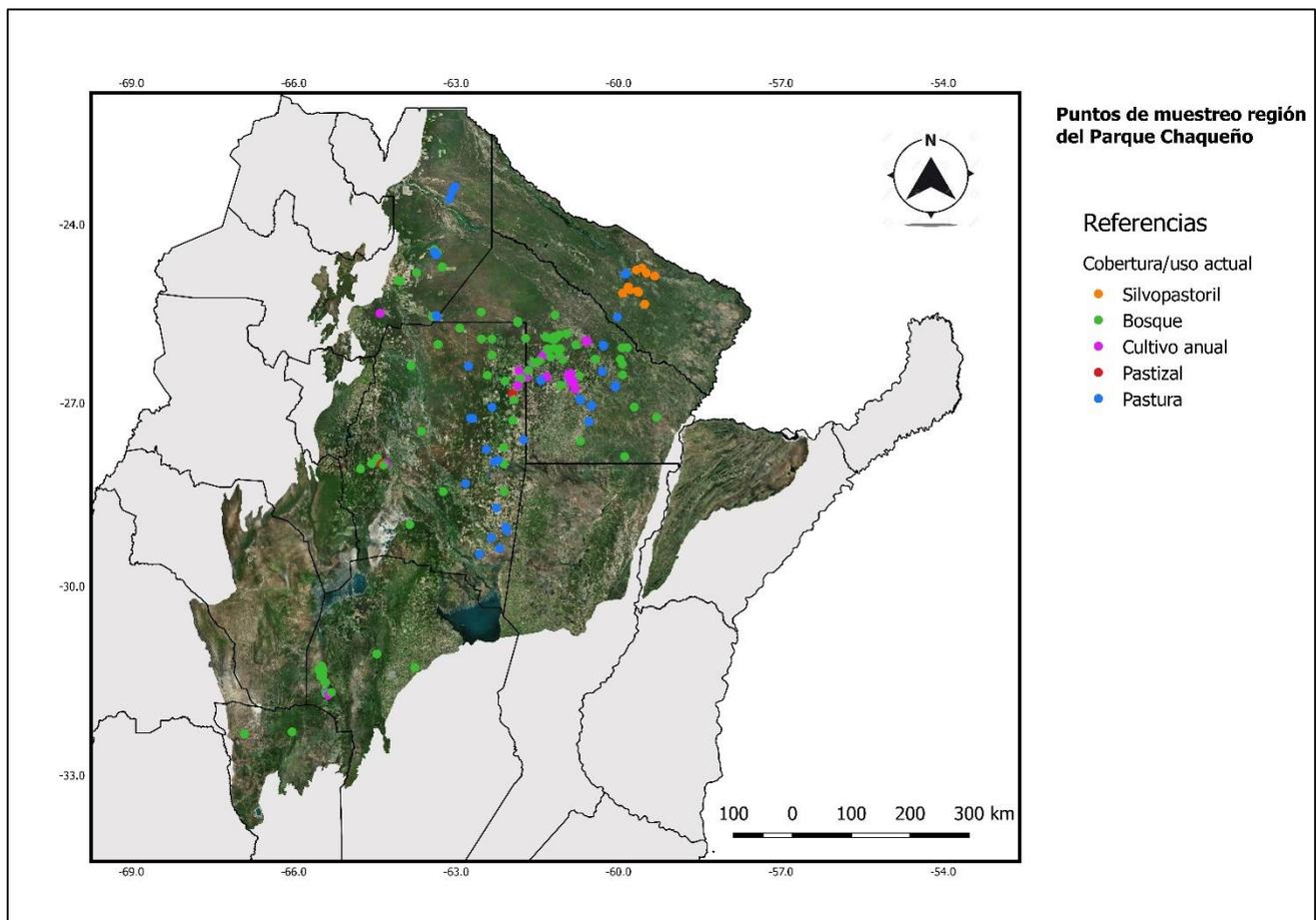


Fig. 4. Ubicación de las parcelas en el Parque Chaqueño.

Tabla 4. Ubicación (latitud y longitud), tipo de propiedad (pública o privada), uso pasado y actual (forestal, ganadero, conservación). 1. Bosque de referencia sin intervenir (primario) largo plazo > 100 años; 2. bosque secundario sin intervenir; 3. aprovechamiento forestal; 4. sistemas silvopastoril o uso ganadero en monte; 5. floreo o selectivo; 6. sobreutilizado o abandonado (muy degradado).

ID	Latitud	Longitud	Tipo de Propiedad	Uso*	Cobertura	Region Forestal**	Provincia
1	-25.75008333	-62.936	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
2	-26.38002778	-63.8375	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
3	-26.021	-63.33544444	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
4	-28.99658333	-63.85772222	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
5	-27.464	-63.64319444	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
6	-25.92963889	-62.33697222	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
7	-26.20041667	-62.33544444	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
8	-28.08586111	-64.76602778	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
9	-25.93041667	-62.53663889	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
10	-25.47911111	-62.53833333	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
11	-27.73338889	-62.12363889	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
12	-28.45525	-62.11766667	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
13	-26.07591667	-59.8385	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Chaco
14	-27.88152778	-59.88902778	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Chaco
15	-27.62794444	-60.70633333	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Chaco
16	-26.34958333	-59.93116667	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Chaco
17	-27.23611111	-59.30194444	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Chaco
18	-26.52986111	-59.92641667	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Chaco
19	-26.64080556	-60.92877778	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Chaco
20	-26.07825	-59.93822222	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Chaco

21	-26.26930556	-60.4335	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Chaco
22	-28.00413889	-62.12136111	Privada	1-2	bosque	CHH	Chaco
23	-28.45786111	-63.24075	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
24	-27.90897222	-64.45841667	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
25	-27.99894444	-64.56105556	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
26	-26.27872222	-61.03363889	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Chaco
27	-26.54497222	-60.72727778	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Chaco
28	-27.06597222	-59.71033333	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Chaco
29	-26.6214929	-61.83729941	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Santiago del Estero
30	-26.62150885	-61.82071854	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Santiago del Estero
31	-26.62058333	-61.83130556	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
32	-26.570583	-61.7285503	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Santiago del Estero
33	-26.57355454	-61.72157235	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
34	-26.5765006	-61.717278	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Santiago del Estero
35	-26.93729048	-61.92121155	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
36	-26.92874913	-61.92858988	Privada	Pastizal	Pastizal	Chaco Seco	Santiago del Estero
37	-26.88889444	-61.94549075	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Santiago del Estero
38	-26.84101038	-61.95449258	Privada	Pastizal	Pastizal	Chaco Seco	Santiago del Estero
39	-26.5833611	-61.7974167	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Santiago del Estero
40	-26.45569444	-61.67108333	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
41	-26.4666686	-61.8281113	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
42	-26.46486379	-61.83151207	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
43	-26.46491667	-61.84154905	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Santiago del Estero
44	-26.63347222	-62.09872222	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
45	-26.53636111	-62.42347222	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
46	-25.92133333	-61.71880556	Privada	Pastizal	Pastizal	Chaco Seco	Santiago del Estero

47	-25.92161111	-61.71858333	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
48	-26.63347222	-62.09872222	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
49	-28.00037778	-64.30480556	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Santiago del Estero
50	-27.99990278	-64.37956944	Privada	Pastizal	Pastizal	Chaco Seco	Santiago del Estero
51	-28.022625	-64.34149167	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
52	-26.5894506	-61.7979302	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Santiago del Estero
53	-26.58822222	-61.79877778	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
54	-26.7258333	-61.8656944	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Santiago del Estero
55	-26.72683333	-61.86494444	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
56	-26.7068889	-61.8638611	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Santiago del Estero
57	-26.94090833	-61.93022009	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Santiago del Estero
58	-26.94163889	-61.93133333	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
59	-26.16	-61.34620755	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
60	-26.17	-61.34917397	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
61	-26.16	-61.3479286	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
62	-25.96	-60.599553	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
63	-25.97	-60.5897078	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
64	-25.97	-60.579933	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
65	-26.27	-59.97114348	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Chaco
66	-26.21	-61.10194	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
67	-26.2	-61.101013	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Chaco
68	-24.94748104	-64.06801012	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Salta
69	-24.95168799	-64.02795083	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Salta
70	-24.9516959	-64.03068803	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Salta
71	-24.81526782	-63.73487212	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Salta
72	-24.81553729	-63.73241331	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Salta
73	-24.94977689	-64.06857165	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
74	-24.95435179	-64.02879148	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
75	-24.81455509	-63.73328341	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
76	-24.7192769	-63.2598851	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta

77	-24.71725557	-63.25962145	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
78	-24.94680854	-64.06770961	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
79	-24.95068041	-64.02922252	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
80	-25.55196117	-63.44036509	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Salta
81	-25.55236383	-63.43850448	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
82	-26.56430556	-61.32983333	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Chaco
83	-26.64680556	-60.88752778	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Chaco
84	-26.53536111	-60.93725	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Chaco
85	-26.22591667	-61.41419444	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Chaco
86	-26.62958333	-60.83266667	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Chaco
87	-26.50888889	-60.87972222	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Chaco
88	-26.76177778	-60.80369444	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Chaco
89	-26.60536111	-61.42130556	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Chaco
90	-26.33522222	-61.58608333	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Chaco
91	-26.56430556	-61.32983333	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
92	-26.64680556	-60.88752778	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
93	-26.53536111	-60.93725	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
94	-26.22591667	-61.41419444	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
95	-26.62958333	-60.83266667	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
96	-26.50888889	-60.87972222	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
97	-26.76177778	-60.80369444	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
98	-26.60536111	-61.42130556	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
99	-26.33522222	-61.58608333	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
100	-26.30542023	-61.46958198	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
101	-26.29791793	-61.4603892	Privada	4	bosque	Chaco Seco	Chaco
102	-26.10891727	-61.31642363	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
103	-26.108894	-61.31750158	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
104	-26.10861744	-61.31888995	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
105	-26.09667631	-61.31305882	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
106	-26.10194288	-61.3154725	Privada	4	bosque	Chaco Seco	Chaco
107	-25.93142285	-61.18605661	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
108	-25.93159738	-61.18278736	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
109	-25.93141001	-61.17890944	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
110	-25.93137446	-61.22978047	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
111	-25.9312178	-61.22780556	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco

112	-26.09297222	-61.0715	Privada	4	bosque	Chaco Seco	Chaco
113	-26.09277878	-61.07356353	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
114	-25.90109192	-61.32964818	Privada	4	bosque	Chaco Seco	Chaco
115	-25.8947026	-61.3497518	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
116	-26.08667858	-61.20181468	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
117	-26.0903058	-61.1757156	Privada	4	bosque	Chaco Seco	Chaco
118	-25.89055599	-61.18437284	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
119	-26.23233523	-61.26093715	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
120	-25.65322879	-61.86240314	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
121	-25.63372305	-61.86530821	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
122	-25.84261779	-60.9506102	Privada	4	bosque	Chaco Seco	Chaco
123	-25.84225058	-60.96490152	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
124	-25.52903494	-61.17459308	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
125	-25.85953014	-61.09426556	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
126	-25.91108914	-61.15125253	Privada	1	bosque	Chaco Seco	Chaco
127	-26.02728115	-60.79198377	Privada	4	bosque	Chaco Seco	Chaco
128	-23.35130972	-63.02393333	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
129	-23.35130972	-63.02393333	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Salta
130	-23.43629667	-63.07576944	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
131	-23.43629667	-63.07576944	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Salta
132	-23.56307611	-63.12389472	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
133	-23.56307611	-63.12389472	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Salta
134	-31.3	-63.76666667	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Córdoba
135	-27.28583333	-61.95594444	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Santiago del Estero
136	-25.53701389	-63.36996389	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
137	-24.42499167	-63.40664167	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
139	-25.55371111	-63.40735278	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
140	-24.46154722	-63.406275	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
142	-25.555525	-63.35105278	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
143	-24.51610833	-63.37031944	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
144	-24.48050556	-63.34926389	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Salta
149	-25.50059444	-64.40732778	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Salta
150	-25.55551944	-63.35106944	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Salta
156	-24.462225	-63.40739722	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Salta
157	-24.49815278	-63.37068333	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Salta

158	-24.46172778	-63.40637222	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Salta
159	-24.49815556	-63.37065833	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Salta
160	-25.55455	-63.35236944	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Salta
161	-25.53703056	-63.36996667	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Salta
165	-24.51611667	-63.37031944	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Salta
166	-24.46191944	-63.40665	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Salta
167	-31.31666667	-65.5	Privada		4 bosque	Chaco Seco	Cordoba
168	-32.31666667	-66.03333333	Privada		4 bosque	Chaco Seco	San Luis
169	-32.35	-66.91666667	Privada		4 bosque	Chaco Seco	San Luis
170	-31.08333333	-64.46666667	Privada		6 bosque	Chaco Seco	Córdoba
171	-26.32884167	-61.57324444	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
172	-26.32696667	-61.57229167	Privada		1-2 bosque	Chaco Seco	Chaco
173	-26.70444444	-61.07766667	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Chaco
174	-26.704375	-61.075475	Privada		1-2 bosque	Chaco Seco	Chaco
175	-31.33333333	-65.46666667	Privada		1 bosque	Chaco Seco	Córdoba
176	-31.7	-65.40333333	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Córdoba
177	-31.71388889	-65.40277778	Privada		4 bosque	Chaco Seco	Córdoba
178	-31.73111111	-65.35583333	Privada	Agricultura	cultivo anual	Chaco Seco	Córdoba
179	-31.34238333	-65.48127778	Privada		1 bosque	Chaco Seco	Córdoba
180	-31.35307778	-65.4835	Privada		1 bosque	Chaco Seco	Córdoba
181	-31.36483333	-65.47708611	Privada		1 bosque	Chaco Seco	Córdoba
182	-31.37065278	-65.47191667	Privada		1 bosque	Chaco Seco	Córdoba
183	-31.29193333	-65.47834444	Privada		2 bosque	Chaco Seco	Córdoba
184	-31.27313889	-65.48386111	Privada		2 bosque	Chaco Seco	Córdoba
185	-31.54078056	-65.41260556	Privada		2 bosque	Chaco Seco	Córdoba
186	-31.52798611	-65.43060833	Privada		2 bosque	Chaco Seco	Córdoba
187	-31.33631389	-65.51923889	Privada		4 bosque	Chaco Seco	Córdoba
188	-31.2956	-65.490425	Privada		4 bosque	Chaco Seco	Córdoba
189	-31.42070833	-65.46325556	Privada		4 bosque	Chaco Seco	Córdoba
190	-31.4313	-65.50706944	Privada		4 bosque	Chaco Seco	Córdoba
191	-31.33464444	-65.51855556	Privada		6 bosque	Chaco Seco	Córdoba
192	-31.33389722	-65.540775	Privada		6 bosque	Chaco Seco	Córdoba
193	-31.692	-65.30172222	Privada		6 bosque	Chaco Seco	Córdoba
194	-31.42348333	-65.50561667	Privada		6 bosque	Chaco Seco	Córdoba
195	-28.32508889	-62.82650833	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Santiago del Estero

196	-29.47666667	-62.57194444	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Santiago del Estero
197	-29.38383333	-62.19944444	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Santiago del Estero
198	-29.21191667	-62.35088889	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Santiago del Estero
199	-27.96521667	-62.29630278	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Santiago del Estero
200	-27.94610556	-62.22408611	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Santiago del Estero
201	-27.76663333	-62.44042222	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Santiago del Estero
202	-29.09277778	-62.0675	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Santiago del Estero
203	-29.03608333	-62.08480556	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Santiago del Estero
204	-28.72483333	-62.25730556	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Santiago del Estero
205	-27.25051111	-62.73555	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Santiago del Estero
206	-27.25518056	-62.6953	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Santiago del Estero
207	-27.60801111	-61.75708889	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Santiago del Estero
208	-26.38541667	-62.77338889	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Santiago del Estero
209	-27.0689	-62.33696944	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Santiago del Estero
210	-26.94726389	-60.70444444	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Chaco
211	-26.93118889	-60.71596111	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Chaco
212	-27.30356944	-60.5459	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Chaco
213	-27.31173333	-60.54903611	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Chaco
214	-27.05051944	-60.50133056	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Chaco
215	-27.03701389	-60.50363889	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Chaco
216	-26.47638611	-60.30298611	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Chaco
217	-26.47431389	-60.30186111	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Chaco
218	-26.62102778	-61.43759444	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Chaco
219	-26.62477778	-61.43904167	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Chaco
220	-26.03514722	-60.28204722	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Chaco
221	-26.04619167	-60.27723611	Privada	ganadería	pastura	Chaco Seco	Chaco
222	-26.73139167	-60.06461389	Privada	ganadería	pastura	Chaco Húmedo	Chaco
223	-26.70888333	-60.0559	Privada	ganadería	pastura	Chaco Húmedo	Chaco
224	-25.05930278	-59.81360278	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Formosa

225	-25.10272778	-59.78508889	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Formosa
226	-25.16223056	-59.92411944	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Formosa
227	-25.05882778	-59.8231	Privada	4	bosque	Chaco Húmedo	Formosa
228	-25.05538056	-59.82455278	Privada	1-2	bosque	Chaco Seco	Formosa
229	-24.73645	-59.57181111	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Formosa
230	-24.76454722	-59.66601111	Privada	4	bosque	Chaco Húmedo	Formosa
231	-24.77067222	-59.67035833	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Formosa
232	-25.35463333	-59.5253	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Formosa
233	-25.35566389	-59.522025	Privada	4	bosque	Chaco Húmedo	Formosa
234	-25.34673056	-59.51557778	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Formosa
235	-25.14499167	-59.63048333	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Formosa
236	-25.12974444	-59.65153889	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Formosa
238	-24.87136111	-59.32838889	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Formosa
239	-25.56393611	-60.02220556	Privada	ganaderia	pastura	Chaco Seco	Formosa
242	-24.82274722	-59.48559167	Privada	1-2	bosque	Chaco Húmedo	Formosa
245	-24.84223889	-59.88094167	Privada	ganaderia	pastizal	Chaco Seco	Formosa
246	-24.82668333	-59.86499167	Privada	ganaderia	pastura	Chaco Seco	Formosa

(E) Selva Misionera:

La región Selva Misionera comprende los distritos de los Campos y las Selvas Mixtas (Cabrera, 1971). Según Cabrera (1976), el distrito de los campos se caracteriza por la presencia de sabanas de gramíneas que alternan con bosquecillos y matorrales. El distrito de las Selvas Mixtas ocupan la mayor parte de la región y se caracteriza por la presencia de una formación boscosa multiestratificada (Cabrera, 1971). En virtud de la importancia y ocupación de este distrito, se dispondrán los 6 puntos comprometidos en los términos de referencia en el área ocupada por esta formación. Por otra parte, el componente 6.5 compromete la definición de 20 puntos ubicados en los usos de remplazo mas importantes de la región. Los cultivos o actividades agrícolas más importantes que reemplazan a la Selva son el cultivo de yerba mate, plantaciones forestales y la implantación de pasturas a cielo abierto para la realización de ganadería. De esta manera los puntos comprometidos en los términos de referencia quedan distribuidos de la siguiente manera.

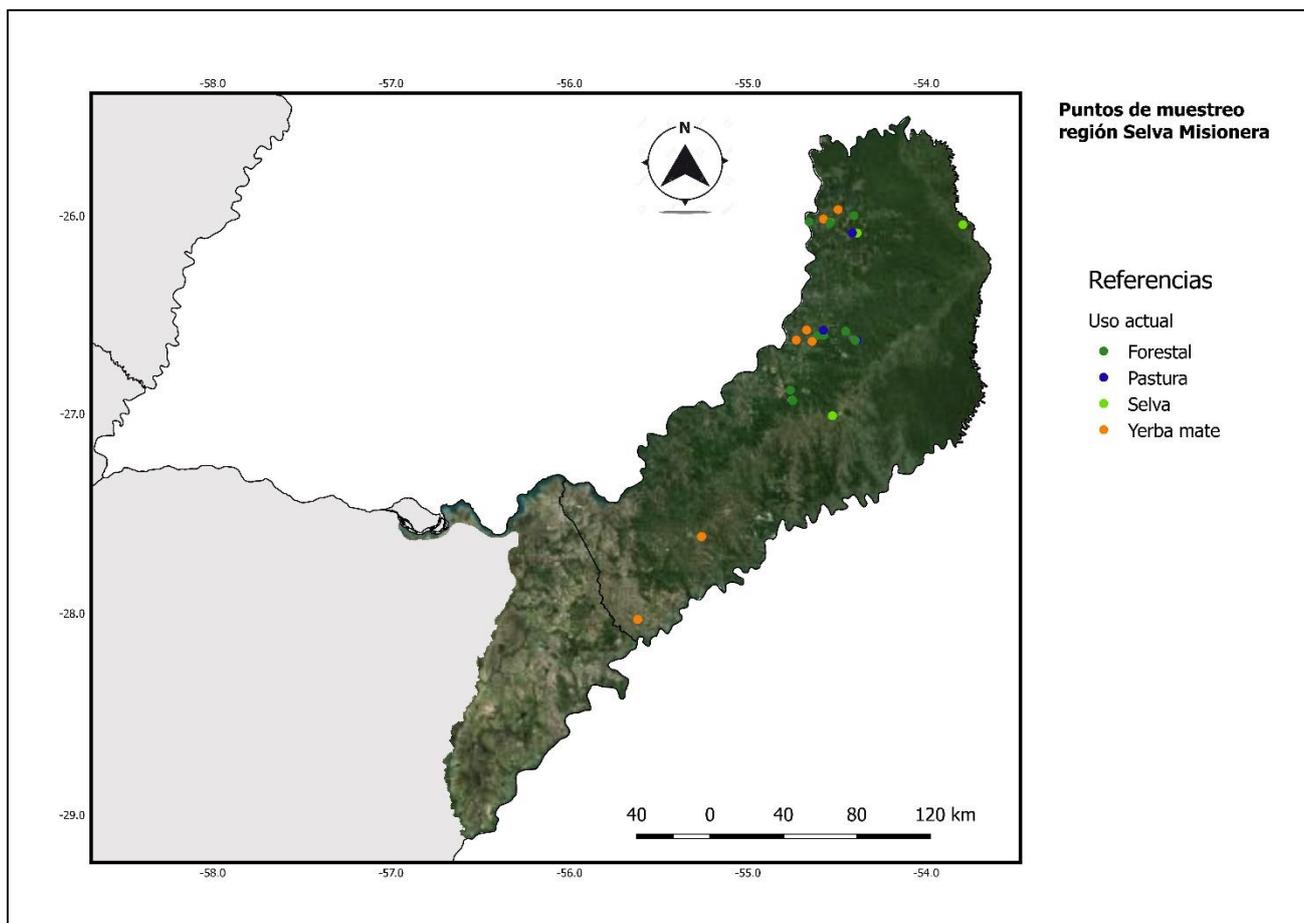


Fig. 5. Ubicación de las parcelas en la Selva Misionera.

Tabla 5. Ubicación (latitud y longitud), tipo de propiedad (pública o privada), uso pasado y actual (forestal, ganadero, conservación).

ID	Latitud	Longitud	Tipo de propiedad	Uso actual	Cobertura actual	Distrito	Provincia
1	-26.04330	-53.79500	Publica	Selva	Selva	Selvas mixtas	Misiones
2	-26.08640	-54.38860	Privada	Selva	Selva	Selvas mixtas	Misiones
3	-26.03290	-54.53890	Privada	Selva	Selva	Selvas mixtas	Misiones
4	-26.93170	-54.75030	Privada	Selva	Selva	Selvas mixtas	Misiones
5	-27.61561	-55.26071	Privada	Selva	Selva	Selvas mixtas	Misiones
6	-27.00967	-54.52722	Privada	Selva	Selva	Selvas mixtas	Misiones
7	-25.96670	-54.49470	Privada	Yerba mate	Yerba mate	Selvas mixtas	Misiones
8	-26.01510	-54.57690	Privada	Yerba mate	Yerba mate	Selvas mixtas	Misiones
9	-26.6281083	-54.72937778	Privada	Yerba mate	Yerba mate	Selvas mixtas	Misiones
10	-26.6338028	-54.64091944	Privada	Yerba mate	Yerba mate	Selvas mixtas	Misiones
11	-26.5763722	-54.67106111	Privada	Yerba mate	Yerba mate	Selvas mixtas	Misiones
12	-28.0296750	-55.6180640	Privada	Yerba mate	Yerba mate	Selvas mixtas	Misiones
13	-27.615225	-55.259458	Privada	Yerba mate	Yerba mate	Selvas mixtas	Misiones
14	-26.6286111	-54.38833333	Privada	Ganadero	Pastura	Selvas mixtas	Misiones

15	-26.08540	-54.41460	Privada	Ganadero	Pastura	Selvas mixtas	Misiones
16	-26.63016	-54.39815	Privada	Silvopastoril	Forestal	Selvas mixtas	Misiones
17	-25.99750	-54.40530	Privada	Forestal	Forestal	Selvas mixtas	Misiones
18	-26.03000	-54.65670	Privada	Forestal	Forestal	Selvas mixtas	Misiones
19	-26.58361	-54.45250	Privada	Forestal	Forestal	Selvas mixtas	Misiones
20	-26.60361	-54.57667	Privada	Forestal	Forestal	Selvas mixtas	Misiones
21	-26.88080	-54.76220	Privada	Forestal	Forestal	Selvas mixtas	Misiones
22	-26.93360	-54.74890	Privada	Forestal	Forestal	Selvas mixtas	Misiones
23	-26.03530	-54.54100	Privada	Forestal	Forestal	Selvas mixtas	Misiones
24	-26.60306	-54.60857	Privada	Silvopastoril	Forestal	Selvas mixtas	Misiones
25	-26.60361	-54.57667	Privada	Forestal	Forestal	Selvas mixtas	Misiones
26	-26.5789	-54.5775	Privada	Ganadero	Pastura	Selvas mixtas	Misiones

(F) Yungas:

La ecorregión de las Yungas, en Argentina se extiende desde el extremo norte de la provincia de Salta (22° S, límite con Bolivia), pasando por Jujuy y Tucumán, hasta el norte de la provincia de Catamarca (29° S), ocupando actualmente en nuestro país, unas 5.2 millones de hectáreas. Estas selvas subtropicales de montaña, se desarrollan sobre las laderas orientales de los Andes en una franja estrecha de unos 100 km de ancho y 600 km de largo, en un gradiente altitudinal que va desde los 350 a 3000 m snm. En respuesta a este gradiente altitudinal que origina importantes variaciones climáticas, se pueden reconocer distintas formaciones vegetales (Cabrera 1976):

- Selva Pedemontana (SP) entre los 400 y 700 m snm en el pedemonte, áreas planas y serranías de poca altitud. En Tucumán, este tipo de bosque ha sido reemplazado casi en su totalidad a principios del siglo XX, manteniéndose una importante superficie de alrededor de 1 millón de hectáreas en el norte de la distribución. Este estrato es el escenario de mayor transformación de bosque en uso agrícola.
- Selva Montana (SM) se desarrolla en las zonas de mayor concentración pluviométrica, en laderas entre los 700 y 1.500 m snm aproximadamente. El uso principal actual es el forestal, conservación y turismo
- El Bosque Montano (BM), se ubica en el estrato altitudinal superior, entre los 1.500 y 3.000 m snm.
- Selva de transición (ST) se distingue en sectores de ecotono con el bosque chaqueño y bolsones de chaco serrano, “mezclándose” elementos florísticos de Yungas y Chaco.

Para el Componente 6.1, se proponen 16 puntos de muestreo en Yungas, intentando abarcar la distribución latitudinal y altitudinal. Se ubican 2 puntos en Tucumán, sobre SM; 10 puntos en la provincia de Salta (6 en SM, 2 en SP y 2 en ST) y 4 puntos en Jujuy (2 en SM, 2 en SP y 1 en BM).

Para el Componente 6.5, se proponen 20 puntos de muestreo la SP en el norte de su distribución, dado que es el sector con menor tiempo de transformación. Se ubican 19 puntos en Salta y 1 en Jujuy, buscando abarcar los usos agrícolas más importantes (caña de azúcar, agricultura/granos y horticultura)

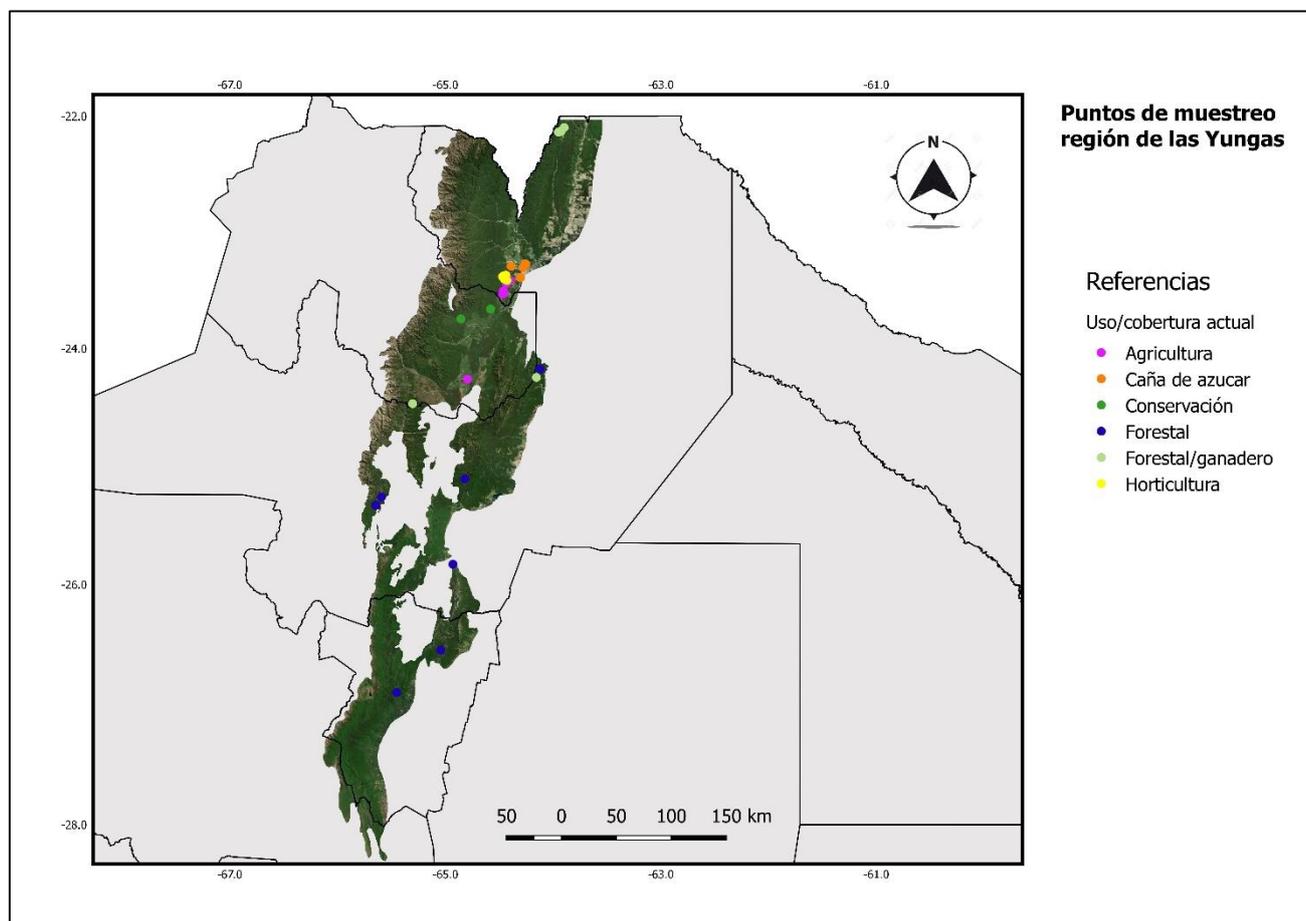


Fig. 6. Ubicación de las parcelas en las Yungas.

Tabla 6. Ubicación (latitud y longitud), tipo de propiedad (pública o privada), uso pasado y actual (forestal, ganadero, conservación).

ID	Latitud	Longitud	Tipo de propiedad	Uso pasado	Uso Actual	Tipo de Bosque	Provincia
1	-26,902713	-65,451527	privada	forestal	forestal	Selva Montana	Tucumán
2	-26,548346	-65,042715	privada	forestal	forestal	Selva Montana	Tucumán
3	-25,828082	-64,930487	privada	forestal	forestal	Selva Montana	Salta
4	-25,331080	-65,645820	privada	forestal	forestal	Selva Montana	Salta
5	-25,260350	-65,592940	privada	forestal	forestal	Selva Montana	Salta
6	-25,107588	-64,819906	privada	forestal	forestal	Selva Pedemontana	Salta
7	-24,174567	-64,122233	privada	forestal	forestal	Selva de transición	Salta

8	-24,245008	-64,155203	privada	forestal	forestal/ganadero	Selva de transición	Salta
9	-23,524322	-64,473728	privada	forestal	forestal	Selva Pedemontana	Salta
10	-22,127456	-63,925414	privada	forestal	forestal/ganadero	Selva Montana	Salta
11	-22,137522	-63,950756	privada	forestal	forestal/ganadero	Selva Montana	Salta
12	-22,097697	-63,897989	privada	forestal	forestal/ganadero	Selva Montana	Salta
13	-24,469253	-65,303600	privada	forestal	forestal/ganadero	Bosque Montano	Jujuy
14	-26,902713	-65,451527	privada	forestal	forestal	Selva Montana	Jujuy
15	-23,745119	-64,856596	privada	forestal	conservación	Selva Pedemontana	Jujuy
16	-23,660914	-64,580366	privada	forestal	conservación	Selva Pedemontana	Jujuy
17	-23,278360	-64,255187	privada	forestal	Agrícola/caña de azúcar	Selva Pedemontana	Salta
18	-23,274176	-64,259438	privada	forestal	Agrícola/caña de azúcar	Selva Pedemontana	Salta
19	-23,295222	-64,390171	privada	forestal	Agrícola/caña de azúcar	Selva Pedemontana	Salta
20	-23,305872	-64,279688	privada	forestal	Agrícola/caña de azúcar	Selva Pedemontana	Salta
21	-23,534856	-64,469093	privada	forestal	Agrícola	Selva Pedemontana	Salta
22	-23,527839	-64,459644	privada	forestal	Agrícola	Selva Pedemontana	Salta
23	-23,507294	-64,462788	privada	forestal	Agrícola	Selva Pedemontana	Salta
24	-23,392003	-64,303445	privada	forestal	Agrícola/caña de azúcar	Selva Pedemontana	Salta
25	-23,413150	-64,402050	privada	forestal	Agrícola	Selva Pedemontana	Salta
26	-23,440728	-64,433733	privada	forestal	Agrícola	Selva Pedemontana	Salta
27	-23,403483	-64,452742	privada	forestal	Hortícola	Selva Pedemontana	Salta
28	-24,260386	-64,795859	privada	forestal	Agrícola	Selva Pedemontana	Jujuy
29	-23,416753	-64,428892	privada	forestal	Hortícola	Selva Pedemontana	Salta
30	-23,400404	-64,449744	privada	forestal	Hortícola	Selva Pedemontana	Salta
31	-23,401462	-64,445724	privada	forestal	Hortícola	Selva Pedemontana	Salta
32	-23,371481	-64,438865	privada	forestal	Hortícola	Selva Pedemontana	Salta
33	-23,379278	-64,455892	privada	forestal	Hortícola	Selva Pedemontana	Salta
34	-23,379473	-64,465952	privada	forestal	Hortícola	Selva Pedemontana	Salta
35	-23,387288	-64,460784	privada	forestal	Hortícola	Selva Pedemontana	Salta
36	-23,382134	-64,469131	privada	forestal	Hortícola	Selva Pedemontana	Salta

Componentes 6.2, 6.3 y 6.6 del Término de Referencia

Para el componente 6.2 del Término de Referencia se presenta información con los resultados del muestreo del carbono orgánico del suelo, según uso (bosque primario, silvopastoril o aprovechamiento forestal) y tipos de suelos de las Regiones Forestales Bosque Andino Patagónico, Espinal (Distrito Caldén), Monte, Parque Chaqueño, Selva Misionera y Yungas, conforme las metodologías y especificaciones técnicas detalladas en el anexo 1 de acuerdo a los términos de referencia acordados.

Para el componente 6.3 se confeccionó un manual o guía de campo que contiene la metodología de medición y consideraciones en el muestreo del carbono orgánico del suelo (se anexa en archivo separado).

Para el componente 6.6 se presentan resultados del muestreo del carbono orgánico del suelo, en tierras deforestadas por el sistema agrícola más representativo de cada región Forestal (cambio de usos de suelo) en: Bosque Andino Patagónico, Espinal (Distrito Caldén), Monte, Parque Chaqueño, Selva Misionera y Yungas, conforme las metodologías y especificaciones técnicas detalladas en el anexo 1 de acuerdo a los términos de referencia acordados. En este componente se analizó las diferencias en el contenido COS debido al cambio de uso de suelo, pero también se analizó las diferencias en las concentraciones de COS ya que las actividades agrícolas pueden modificar la densidad aparente del suelo.

Región Parque Chaqueño

1. Contenido de Carbono Orgánico del Suelo (COS) por Subregión Forestal y Tipo de Manejo de Bosque

Para este producto de la consultoría, se informan los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) en base a datos de 472 sitios de muestreo sobre coberturas de bosque del Parque Chaqueño. Estos sitios se clasificaron en base a la subregión forestal y el tipo de manejo del bosque para su análisis desagregado (Tabla 7). En sitios de bosque sin intervención (n=294), el contenido medio de COS varió entre 61,78 Mg ha⁻¹ en el Chaco Árido y 76,62 Mg ha⁻¹ en el Chaco Serrano. En sitios de bosque con uso silvopastoril o ganadero (n=161), el contenido medio de COS varió entre 77,95 Mg ha⁻¹ en el Chaco Húmedo (dato basado en 3 sitios) y 46,49 Mg ha⁻¹ en el Chaco Árido. En sitios de bosque sobreutilizado o abandonado (n=17), el contenido medio de COS varió entre 45,72 Mg ha⁻¹ en el Chaco Húmedo y 31,50 Mg ha⁻¹ en el Chaco Árido.

Tabla 7. Promedios de los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) por subregión forestal y tipo de manejo de bosque, a 0-30 cm de profundidad de suelo. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Subregión Forestal	Tipo de Manejo del Bosque	Contenido de COS (Mg ha ⁻¹)	Número de sitios
Chaco Árido	Bosque primario o secundario sin intervención	61,78 \pm 32,61	49
Chaco Húmedo	Bosque primario o secundario sin intervención	66,56 \pm 18,20	51
Chaco Seco	Bosque primario o secundario sin intervención	64,81 \pm 44,17	147
Chaco Serrano	Bosque primario o secundario sin intervención	76,62 \pm 42,19	47
Chaco Árido	Sistema silvopastoril o uso ganadero en bosque	46,49 \pm 22,13	93
Chaco Húmedo	Sistema silvopastoril o uso ganadero en bosque	77,95 \pm 25,99	3
Chaco Seco	Sistema silvopastoril o uso ganadero en bosque	63,22 \pm 41,36	40
Chaco Serrano	Sistema silvopastoril o uso ganadero en bosque	66,91 \pm 43,89	25
Chaco Árido	Bosque sobreutilizado o abandonado	31,50 \pm 16,84	8
Chaco Húmedo	Bosque sobreutilizado o abandonado	45,72 \pm 7,13	3
Chaco Seco	Bosque sobreutilizado o abandonado	41,70 \pm 22,79	6

2. Diferencia de Carbono Orgánico del Suelo (COS) entre Uso de Reemplazo/Tipo de Manejo del Bosque y Bosque de Referencia

En referencia al producto 6 de la consultoría, se comparó el COS del suelo en los usos de reemplazo y tipos de manejo del bosque respecto de aquel de los bosques sin intervención (Tabla 8). Para esto, se utilizaron 155 pares de sitios de muestreo (uso de reemplazo o tipo de manejo vs. bosque sin intervención) que se encontraban a menos de 5 km de distancia entre sí, y se compararon sus contenidos y concentraciones de COS.

Tabla 8. Promedios de las diferencias de contenido de carbono orgánico del suelo (COS) entre uso de Reemplazo/tipo de manejo del bosque y bosque sin intervención, a 0-30 cm de profundidad de suelo. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Subregión forestal	Uso de reemplazo/ Tipo de manejo	Diferencia en los contenidos de COS (%)	Diferencia en los contenidos de COS (Mg ha ⁻¹)	Diferencia en la concentración de COS (%)	Número de sitios
Chaco Árido	Agricultura	-8,88 \pm 32,74	-9,32 \pm 19,22	-23,12 \pm 26,98	13
Chaco Árido	Ganadería	-27,62 \pm 19,01	-22,22 \pm 18,82	-34,92 \pm 19,15	9
Chaco Húmedo	Agricultura	-18,29 \pm 21,53	-12,44 \pm 13,44	-41,17 \pm 19,18	14
Chaco Seco	Agricultura	-19,33 \pm 22,57	-10,91 \pm 13,69	-31,33 \pm 20,43	53
Chaco Seco	Ganadería	-4,58 \pm 34,07	-4,00 \pm 12,47	-25,16 \pm 15,08	19
Chaco Serrano	Agricultura	-28,52 \pm 7,94	-17,45 \pm 4,86	-19,12 \pm 6,28	3
Chaco Árido	Sistema silvopastoril o uso ganadero en bosque	2,63 \pm 32,59	0,51 \pm 22,81	-5,40 \pm 29,26	39
Chaco Árido	Bosque sobreutilizado o abandonado	-29,86 \pm 28,16	-14,00 \pm 10,14	-33,49 \pm 26,23	5

El contenido de COS en sitios con ganadería respecto de los sitios cercanos de bosque sin intervención fue en promedio un 28 % menor en el Chaco Árido (n=9) y un 5% menor en el Chaco Seco (n=19). El contenido de COS en sitios con agricultura respecto de los sitios cercanos de bosque sin intervención fue en promedio 18% menor en el Chaco Húmedo (n=14), 19% menor en el Chaco Seco (n=53), 9 % menor en el Chaco Árido (n=13) y 29% menor en el Chaco Serrano (n=3). El contenido de COS en sitios con sistemas silvopastoriles respecto de los sitios cercanos de bosque sin intervención fue 3% mayor en el Chaco Árido (n=39). El contenido de COS en sitios con bosque sobreutilizado o abandonado respecto de los sitios cercanos de bosque sin intervención fue 30% menor en el Chaco Árido (n=5). Los cambios en las concentraciones de COS reflejaron pérdidas mayores en la mayoría de las situaciones, exceptuando la agricultura en el Chaco Serrano. Esto se debe a que, en general, la densidad aparente del suelo aumentó en los usos de reemplazo y esto tiene un efecto positivo sobre los contenidos de COS (al aumentar la masa de suelo considerada), pero no sobre las concentraciones.

Región del Espinal

1. Contenido de Carbono Orgánico del Suelo (COS) por Subregión Forestal y Tipo de Manejo de Bosque

En la región del Espinal se contabilizaron un total de 440 sitios de bosque, los cuales tenían un uso ganadero con mayor o menor intensidad de uso. Los mismos se clasificaron como bosque cerrado o semi-cerrado (n=316) y bosque abierto (n=117). En el Caldenal también se incluyó un set de sitios de bosque que habían sido quemados (n=7) en los últimos 3-4 años y se encontraban en proceso de recuperación. En promedio para toda la región del Espinal el contenido de COS almacenado hasta los 30 cm fue de 55 Mg C ha⁻¹, siendo mayor en la subregión del Ñandubay (66,6 Mg C ha⁻¹), seguido por el Algarrobal (55,3 Mg C ha⁻¹) y en último lugar la subregión del Caldenal (43 Mg C ha⁻¹) (Tabla 9). En los sitios de bosque abierto el COS fue ligeramente inferior, alcanzando 53,8 Mg C ha⁻¹. En esta categoría, también los mayores contenidos se registraron en el Ñandubay (61,1 Mg C ha⁻¹), seguido por el Algarrobal (49,1 Mg C ha⁻¹) y el Caldenal (33,9 Mg C ha⁻¹). En la subregión del Caldenal, los sitios quemados presentaron 27,5 Mg C ha⁻¹, lo cual implicó una reducción del 36% respecto a bosques no quemados del Caldenal.

Tabla 9. Promedios de los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) por subregión forestal y tipo de bosque, a 0-30 cm de profundidad de suelo. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Subregión Forestal	Tipo/Estado del Bosque	Contenido de COS (Mg ha ⁻¹)	Número de sitios
Ñandubay	Bosque semi-cerrado / cerrado	66.59 \pm 20.11	158
	Bosque abierto	61.1 \pm 16.89	84
Algarrobal	Bosque semi-cerrado / cerrado	55.28 \pm 28.18	7
	Bosque abierto	49.14 \pm 22.86	3
Caldenal	Bosque semi-cerrado / cerrado	43 \pm 29.9	151
	Bosque abierto	33.89 \pm 24.05	30
	Bosque quemado	27.49 \pm 7.56	7

2. Diferencia de Carbono Orgánico del Suelo (COS) entre Uso de Reemplazo/Tipo de Manejo del Bosque y Bosque de Referencia

El cambio en el contenido de carbono orgánico del suelo generado por el reemplazo del bosque por otro uso del suelo se evaluó en un total de 199 sitios (89 de bosques y 110 de usos alternativos), siendo en la subregión del Caldenal donde se contó con un mayor número de sitios. En promedio para toda la región del Espinal, la transformación de bosque nativo en agricultura provocó una disminución en el contenido de COS de 31,9 Mg C ha⁻¹, lo que representa una caída del 39,3% respecto a la referencia de bosque. La mayor merma se produjo en la subregión del Caldenal (-34,3 Mg C ha⁻¹), seguida por el Ñandubay (-26 Mg C ha⁻¹) y Algarrobal (-14,8 Mg C ha⁻¹) (Tabla 10). Respecto al reemplazo del bosque por usos ganaderos, la caída promedio para toda la región alcanzó las 25,4 Mg C ha⁻¹ (-39,2%). También en este caso la mayor caída en el contenido de COS se dio en la subregión del Caldenal (-34 Mg C ha⁻¹), seguida por el Ñandubay (-18 Mg C ha⁻¹) y el Algarrobal (-15 Mg C ha⁻¹). En la subregión del Ñandubay, donde se pudo evaluar como uso alternativo la rotación agrícola-ganadera, se observó en este caso una disminución de 9,1 Mg C ha⁻¹. De manera similar a lo ocurrido en otras regiones, la disminución en la concentración de COS fue ligeramente mayor que para el contenido (-44,5% y -42% promedio para ganadería y agricultura en toda la región, respectivamente) debido al aumento de la densidad aparente que se registra en los usos alternativos en relación al bosque.

Tabla 10. Promedios de las diferencias de contenido de carbono orgánico del suelo (COS, en Mg C ha⁻¹ y %) y concentración (en %) entre el uso de reemplazo y el bosque de referencia para la profundidad de 0-30 cm de suelo. El símbolo ± indica el desvío estándar de cada promedio.

Subregión Forestal	Uso de Reemplazo/Tipo de Manejo	Diferencia en los contenidos de COS (%)	Diferencia en los contenidos de COS (Mg ha ⁻¹)	Diferencia en la concentración de COS (%)	Número de sitios
Ñandubay	Agricultura	-26.4 ±14.5	-26.01 ±17.87	-27.73 ±15.44	51
	Ganadería	-19.14 ±12.23	-17.88 ±12.53	-21 ±13.17	
	Agrícola-Ganadera	-10.44 ±15.85	-9.1 ±15.73	-22.36 ±24.42	
Algarrobal	Agricultura	-23.16 ±18.19	-14.76 ±11.71	-36.44 ±16.82	21
	Ganadería	-21.79 ±25.9	-15.01 ±18.51	-37.18 ±26.18	
Caldenal	Agricultura	-43.54 ±29.64	-34.28 ±32.63	-46.25 ±29.09	127
	Ganadería	-58.22 ±21.19	-34 ±34.37	-62.02 ±19.26	

Región del Monte

1. Contenido de Carbono Orgánico del Suelo (COS) por Subregión Forestal y Tipo de Manejo de Bosque

A continuación, se presentan los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) acumulados hasta los 30 cm de profundidad para la Región Monte. Estos resultados fueron obtenidos a partir del análisis de 133 sitios de muestreo. Los sitios se clasificaron según la subregión forestal (Rundel et al 2007), el tipo de cobertura de suelo (bosque de algarrobos, retamales, estepa arbustiva, estepa arbustiva en médanos), y tipo de manejo de bosque (sin intervención, sobreutilizado o abandonado, con uso ganadero). Un aspecto a destacar es que los sitios de bosques y estepas considerados sin intervención en el Monte en general tienen uso ganadero extensivo, con bajas cargas ganaderas. Para el Monte Septentrional, los sitios de bosque primario o secundario sin intervención (n=11) tuvieron contenido medio de COS de 37,51 Mg ha⁻¹ (Tabla 11) En esta subregión forestal, la información de COS es escasa para la estepa arbustiva sin intervención (n=1) y el retamal primario o secundario sin intervención (n=2), siendo los contenidos medios de COS de 24,91 y 28,41 Mg ha⁻¹, respectivamente. Para el Monte Central, en el bosque primario o secundario (n=31) y el retamal primario o secundario sin intervención (n=2) los contenidos medios de COS fueron de 35,09 y 32,52 Mg ha⁻¹, respectivamente. Los valores de COS disminuyen cuando se analizan, en la misma subregión, los COS medios del bosque de algarrobos sobreutilizado (28,79 Mg ha⁻¹), el bosque de algarrobo quemado (29,00 Mg ha⁻¹), la estepa arbustiva con ganadería extensiva (27,09 Mg ha⁻¹) y la estepa arbustiva en médanos (16,91 Mg ha⁻¹). Para el Monte Austral, los contenidos medios de COS en la estepa arbustiva abierta sin intervención (n=11) y la estepa arbustiva con ganadería extensiva (n=28) fueron de 14,84 y 17,72 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Tabla 11. Promedios de los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) para el Monte, para bosque y matorrales, según el tipo de manejo, a 0-30 cm de profundidad de suelo. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Subregión forestal	Tipo de uso de suelo/manejo	Contenido de COS (Mg ha ⁻¹)	Número de sitios
Monte Septentrional	Bosque primario o secundario de algarrobos, ganadería extensiva	37,51 \pm 17,91	11
Monte Septentrional	Estepa arbustiva con ganadería extensiva	24,91 \pm sd	1
Monte Septentrional	Retamal primario o secundario con ganadería extensiva	28,41 \pm 12,49	2
Monte Central	Bosque primario o secundario de algarrobos, ganadería extensiva	35,09 \pm 17,49	31
Monte Central	Retamal primario o secundario con ganadería extensiva	32,52 \pm 4,54	2

Monte Central	Bosque de algarrobos sobreutilizado	28,79 ± 15,7	8
Monte Central	Bosque de algarrobos quemado	29,00 ± sd	1
Monte Central	Estepa arbustiva con ganadería extensiva	27,09 ± 18,02	27
Monte Central	Estepa arbustiva en médanos	16,91 ± 8,24	11
Monte Austral	Estepa arbustiva abierta con ganadería extensiva	14,82 ± 5,82	11
Monte Austral	Estepa arbustiva con ganadería extensiva	17,72 ± 9,49	28

2. Diferencia de Carbono Orgánico del Suelo (COS) entre Uso de Reemplazo/Tipo de Manejo del Bosque y Bosque de Referencia

En cuanto al producto 6 de la consultoría, se realizaron comparaciones del COS del suelo en los usos de reemplazo de agricultura y ganadería para el Monte Central y agricultura en el Monte Austral, en base a sitios con información existente. Cabe aclarar que para este análisis no contamos con sitios pareados, por lo que se realizan interpretaciones a partir del promedio de sitios considerados semejantes por subregión forestal y tipo de uso de reemplazo/manejo de bosque. El contenido de COS en sitios con agricultura respecto de sitios de estepa arbustiva sin intervención fue en promedio 43,46% mayor en el Monte Central, y la concentración de COS un 32,7%. Esto representa un incremento en el stock de casi 9 Mg-ha⁻¹ (Tabla 12). Es importante recordar que este cambio de uso de suelo implica no solo la implantación de cultivos perennes (viñedos, frutales) sino el agregado de riego y fertilización. En sitios de bosque sobreutilizado (con uso de leña y ganadería), los cambios en los contenidos de COS reflejaron pérdidas del 33,44% y la concentración de COS 37%,02, representando una pérdida en stock de 11,89 Mg-ha⁻¹. Por su parte, en el bosque quemado en el Monte central se observó una disminución del contenido de COS del 27,69% y de la concentración de COS del 12,81 %, comparados con sitios referencia de algarrobos sin intervención en el Monte Central, representando una pérdida del stock de 6,5 Mg-ha⁻¹. En el Monte Austral, un análisis preliminar sugiere la pérdida del 19,7% cuando la estepa arbustiva es reemplazada por uso agrícola, aunque se disponen de pocos datos al respecto.

Tabla 12. Promedios de las diferencias de contenido de carbono orgánico del suelo (COS) entre uso de reemplazo/tipo de manejo del bosque y bosque sin intervención, a 0-30 cm de profundidad de suelo.

Subregión forestal	Uso de reemplazo/ Tipo de manejo	Diferencia en los contenidos de COS (%)	Diferencia en los contenidos de COS (Mg ha ⁻¹)	Diferencia en la concentración de COS (%)	Número de sitios
Monte Central - estepa arbustiva	Agricultura	43,46	8,96	32,76	19
Monte Central - bosque de algarrobos	Bosque sobreutilizado	-33,44	-11,89	-37,02	7
Monte Central - bosque de algarrobos	Bosque quemado	-27,69	-6,55	-12,81	1
Monte Austral - estepa arbustiva	Agricultura	-19,70	-4,07	-18,56	1

Selva Misionera

1. Contenido de Carbono Orgánico del Suelo (COS) por Subregión Forestal y Tipo de Manejo de Bosque

Para este producto, se informan los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) en base a datos de 71 sitios de muestreo sobre coberturas de bosque de la Selva Misionera. Estos sitios se clasificaron en base al tipo de manejo del bosque para su análisis desagregado. El bosque sin intervención (n=6) presentó un contenido medio de COS de 100,27 Mg ha⁻¹ (Tabla 13). En sitios de bosque secundario sin intervención (n=5), el contenido medio de COS fue de 63,91 Mg ha⁻¹, en bosques sometidos a uso o aprovechamiento selectivo (n=49) el valor de COS medio alcanzó 74,34 Mg ha⁻¹. En sitios de bosque sobreutilizado o abandonado (n=11), el contenido medio de COS presentó un valor de 97,55 Mg ha⁻¹.

Tabla 13. Promedios de los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) para la región forestal Selva Misionera y tipo de manejo de bosque, a 0-30 cm de profundidad de suelo. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Región forestal	Tipo de Manejo del Bosque	Contenido de COS (Mg ha-1)	Número de sitios
Selva Misionera	Bosque sin intervenir	100,27 \pm 35,66	6
Selva Misionera	Bosque secundario sin intervenir	63,91 \pm 19,71	5
Selva Misionera	Bosque bajo uso selectivo	74,34 \pm 30,31	49
Selva Misionera	Sobreutilizado	97,55 \pm 37,43	11

2. Diferencia de Carbono Orgánico del Suelo (COS) entre Uso de Reemplazo/Tipo de Manejo del Bosque y Bosque de Referencia

En referencia al producto 6 de la consultoría, se comparó el COS del suelo en los usos de reemplazo y tipos de manejo del bosque respecto de aquel de los bosques sin intervención (Tabla 14). Para esto, se utilizaron 68 pares de sitios de muestreo (uso de reemplazo o tipo de manejo vs. bosque sin intervención) que se encontraban en las cercanías o bajo las mismas condiciones de tipo de suelo, y se compararon sus contenidos y concentraciones de COS. El contenido de COS en sitios con pastura a cielo abierto para ganadería respecto de los sitios cercanos de bosque fue en promedio un 28 % mayor (n=5) y un 28,54% menor en situaciones de sistemas silvopastoriles (n=4). El contenido de COS en sitios con cultivo de yerba mate respecto de los sitios cercanos de bosque fue en promedio 24,84% (n=38). El contenido de COS en sitios con plantaciones forestales de *Pinus sp* respecto de los sitios cercanos de bosque fue 4,82% menor (n=21). Los cambios en las concentraciones de COS reflejaron pérdidas mayores bajo el cultivo de yerba mate y en menor medida en las plantaciones forestales. Los sistemas ganaderos a cielo abierto y bajo silvopastoreo con *Pinus sp.* presentaron aumentos en la concentración de COS.

Tabla 14. Promedios de las diferencias de contenido de carbono orgánico del suelo (COS) entre uso de Reemplazo/tipo de manejo del bosque y bosque sin intervención, a 0-30 cm de profundidad de suelo. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Subregión forestal	Uso de reemplazo/ Tipo de manejo	Diferencia en los contenidos de COS (%)	Diferencia en los contenidos de COS (Mg ha-1)	Diferencia en la concentración de COS (%)	Número de sitios
Selva Misionera	Pastura	16,30 \pm 39,70	6,97 \pm 22,34	7,19 \pm 11,23	5
Selva Misionera	Plantación <i>Pinus sp.</i>	-4,82 \pm 31,88	-2,82 \pm 22,36	-9,16 \pm 29,15	21
Selva Misionera	Silvopastoril	-28,54 \pm 17,10	-19,12 \pm 22,36	6,73 \pm 8,84	4
Selva Misionera	Yerba Mate	-24,84 \pm 22,52	-20,01 \pm 17,92	-26,32 \pm 21,15	38

Región de las Yungas

1. Contenido de Carbono Orgánico del Suelo (COS) por Subregión Forestal y Tipo de Manejo de Bosque

Se estimaron los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) en la ecorregión de Yungas, en base a datos de 151 sitios de muestreo ubicados en los distintos tipos de bosques identificados. Para toda las Yungas, se obtuvo un valor promedio de COS de $77,51 \text{ Mg ha}^{-1}$ con un desvío estándar de 30,44. El valor más alto se obtuvo en la selva pedemontana, con $87,89 \text{ Mg ha}^{-1} (\pm 28,76)$, seguido por la selva montana con $72,92 \text{ Mg ha}^{-1} (\pm 34,78)$ y transición al chaco con $67,77 \text{ Mg ha}^{-1} (\pm 26,35)$. En el bosque montano se obtuvo un valor de $62,34 \text{ Mg ha}^{-1} (\pm 21,76)$, debiendo aclararse que, en este tipo forestal, solo se establecieron 3 sitios de muestreo.

A su vez, dentro de cada tipo forestal, se clasificó cada sitio en función de un uso predominante sobre al bosque. Si bien en Yungas, en general los distintos usos posibles del bosque pueden darse de manera simultánea (principalmente ganadería y aprovechamiento forestal selectivo) lo cual dificulta o torna subjetiva una clasificación, para este análisis se asignó el uso predominante que entendemos, está ejerciendo una mayor influencia sobre el estado de conservación del bosque y el ciclo de carbono. De este modo se identificaron 3 categorías principales: Bosque sin intervención evidente en los últimos 10 años, bosques con ganadería bajo monte sin manejo y bosques con aprovechamiento forestal selectivo o floreo. Se entiende en este último uso, que no se aplican estrategias de manejo forestal ni prácticas silvícolas.

En sitios de bosque sin intervención reciente ($n=45$), el contenido medio de COS varió entre $87,40 \text{ Mg ha}^{-1}$ en la selva Pedemontana, $65,55 \text{ Mg ha}^{-1}$ en Bosque Montano y $64,48 \text{ Mg ha}^{-1}$ en las áreas de transición al Chaco (Tabla 15). En selva montana no se identificaron sitios sin intervención reciente. En sitios con aprovechamiento forestal selectivo, (el más influyente con un $n=98$), se registraron valores de $88,19 \text{ Mg ha}^{-1}$ en selva pedemontana, $72,91 \text{ Mg ha}^{-1}$ en la selva montana, $55,91 \text{ Mg ha}^{-1}$ en un único sitio en bosque montano, y $62,20 \text{ Mg ha}^{-1}$ en la transición al Chaco. Por último, si bien la ganadería bajo monte es una práctica ampliamente difundida en Yungas, en este estudio se la identificó como el uso de mayor preponderancia en sitios de transición al chaco, ($n=24$), donde se obtuvo un contenido de COS de $73,85 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Tabla 15. Promedios de los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) por tipo de bosque y uso principal del bosque en Yungas, a 0-30 cm de profundidad de suelo. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Tipo de Bosque	Uso principal del Bosque	Contenido de COS (Mg ha ⁻¹)	Número de sitios
Selva Pedemontana	Bosque sin intervención	87,40 \pm 27,76	25
Selva Pedemontana	Bosque con aprovechamiento forestal selectivo	88,19 \pm 29,70	41
Selva Montana	Bosque con aprovechamiento forestal selectivo	72,91 \pm 34,78	31
Bosque Montano	Bosque sin intervención	65,55 \pm 29,74	2
Bosque Montano	Bosque con aprovechamiento forestal selectivo	55,91	1
Transición al chaco	Bosque sin intervención	64,48 \pm 18,71	2
Transición al chaco	Bosque con aprovechamiento forestal selectivo	62,20 \pm 28,04	25
Transición al chaco	Ganadería bajo monte	73,85 \pm 24,51	24

2. Contenido y concentración de Carbono Orgánico del Suelo (COS) en Uso de Reemplazo y Bosque de Referencia

Para establecer una línea de base de referencia del contenido y concentración de COS en sitios con cambios de uso del suelo, se analizaron valores de 20 sitios con usos agrícolas. Estos puntos de muestreo se ubican en la selva pedemontana en el sector norte de la distribución de Yungas, donde la transformación de bosque data de menor tiempo en comparación con áreas al sur (Tucumán) y donde el impacto territorial y a escala de paisaje es de mayor incidencia actual.

Si bien no se cuenta con datos de sitios apareados bajo las mismas condiciones ambientales, edáficas y topográficas, que permitan realizar una comparación directa de las diferencias del COS en función del uso del bosque y del suelo, se presentan los valores obtenidos bajo distintos usos agrícolas predominantes en la región (horticultura, caña de azúcar y agricultura) y una situación de referencia del mismo tipo de bosque reemplazado. Dado que el bosque reemplazado para estos usos, fue selva

pedemontana, como referencia se establecen valores correspondientes a este tipo forestal en sitios distantes a unos 30 a 50 km, bajo similares condiciones ambientales y altitudinales. De este modo para estos sitios de referencia (n=16) se tienen valores de contenido de COS de $88,92 \text{ Mg ha}^{-1}$ y 2,82% de concentración de carbono orgánico, muy por encima a los indicados en usos agrícolas.

Dentro del uso hortícola, lo principales cultivos son tomate, pimiento y berenjena, mientras que en el uso agrícola el principal cultivo es soja. De este modo, para el uso hortícola (n=14) se obtuvo un valor de contenido de COS de $27,50 \text{ Mg ha}^{-1}$ y una concentración promedio de CO igual a 0,65%. En sitios de uso cañero, se registraron valores medios de COS de $30,16 \text{ Mg ha}^{-1}$ y 0,87% de concentración. Para un único sitio de uso agrícola (granos), se tuvo un contenido de COS de $29,03 \text{ Mg ha}^{-1}$ y 0,59% de concentración (Tabla 16). Los resultados muestran pérdidas en el contenido de carbono del suelo de 66-69% y de concentración de carbono de 69-79% respecto a los valores de referencia de la selva pedemontana.

Tabla 16. Promedios de contenido y concentración de carbono orgánico del suelo (COS) en uso de Reemplazo y bosque de referencia, a 0-30 cm de profundidad de suelo. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Subregión forestal	Uso de reemplazo	Diferencia en los contenidos de COS (%)	Contenidos de COS (Mg ha^{-1})	Diferencia en la Concentración de CO (%)	Número de sitios
Selva Pedemontana	Hortícola	$-69,07 \pm 28,63$	$27,50 \pm 11,4$	$-76,95 \pm 34,45$	14
Selva Pedemontana	Caña de Azúcar	$-66,08 \pm 21,09$	$30,16 \pm 9,63$	$-69,15 \pm 22,65$	5
Selva Pedemontana	Agricultura	$-67,35$	29,03	$-79,07$	1

Región Bosque andino Patagónico

1. Contenido de Carbono Orgánico del Suelo (COS) por Subregión Forestal y Tipo de Manejo de Bosque

Para la región BAP se han estimado 22645,31 km² de cobertura de bosques, y para este estudio se empleó la siguiente leyenda para los análisis, que es una simplificación de la definida por la UMSEF:

- 1.1. Bosque de lenga (55%)
- 1.2. Bosque de ñire (19%)
- 1.3. Bosques puros y mixtos deciduos de *Nothofagus* (1%)
- 1.4. Bosques puros siempreverde de *Nothofagus* (15%)
- 1.5. Bosques puros o mixtos de coníferas (4%)
- 1.6. Bosques puros o mixtos de otras especies latifoliadas siempreverdes (0,1%)
- 1.7. Otros bosques mixtos (5,9%)

En referencia al producto 2 de la consultoría, se informan los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) en base a datos de 541 sitios de muestreo sobre coberturas de bosque del BAP, clasificados de acuerdo a su tipo forestal.

- 1.1. Bosque de lenga (28%)
- 1.2. Bosque de ñire (51%)
- 1.3. Bosques puros y mixtos deciduos de *Nothofagus* (4%)
- 1.4. Bosques puros siempreverde de *Nothofagus* (2%)
- 1.5. Bosques puros o mixtos de coníferas (11%)
- 1.6. Bosques puros o mixtos de otras especies latifoliadas siempreverdes (2%)
- 1.7. Otros bosques mixtos (2%)

Si bien hay algunos tipos forestales que están sub-muestreados por superficie (ej. bosque de lenga), se puede observar que todos los tipos forestales cuentan con alguna parcela. Por otra parte, los diferentes tipos forestales no han sido utilizados igualitariamente, donde los impactos recibidos son diferenciales, ej. los bosques de ñire fueron más utilizados que los bosques de lenga que son el tipo forestal más representado en las áreas protegidas. En promedio \pm desviación estándar se observa: (i) Bosque de lenga (n=153) COS 7,2% \pm 5,0%, COS 90,3 \pm 32,0 Mg ha⁻¹, (ii) Bosque de ñire (n=273) COS 6,1% \pm 4,2%, COS 124,5 \pm 44,0 Mg ha⁻¹, (iii) Bosques puros y mixtos deciduos de *Nothofagus* (n=18) COS 9,7% \pm 4,3%, COS 119,9 \pm 40,6 Mg ha⁻¹, (iv) Bosques puros siempreverde de *Nothofagus* (n=10) COS 8,5% \pm 2,8%, COS 124,3 \pm 32,7 Mg ha⁻¹, (v) Bosques puros o mixtos de coníferas (n=61) COS 5,1% \pm 2,6%, COS 107,0 \pm 47,5 Mg ha⁻¹, (vi) Bosques puros o mixtos de otras especies latifoliadas siempreverdes (n=13) COS 6,0% \pm 1,5%, COS 105,8 \pm 25,8 Mg ha⁻¹, y (vii) Otros bosques mixtos (n=10) COS 6,6% \pm 3,3%, COS 102,2 \pm 33,2 Mg ha⁻¹ (Tabla 17).

Tabla 17. Promedios de los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) por subregión forestal y tipo de manejo de bosque, a 0-30 cm de profundidad de suelo.

Tipo Forestal	Impacto	n	COS (%)	Contenido COS (Mg ha ⁻¹)
1.1. Bosque de lenga	Bosque de referencia	95	8.84%	92.93
	Bosque secundario	7	4.83%	62.88
	Con cosecha forestal	11	2.79%	99.00
	Sistema silvopastoril o uso ganadero	4	4.67%	71.55
	Floreo o corta selectiva	23	6.15%	94.88
	Sobreutilizado o degradado	6	5.15%	85.70
	Indefinido	7	2.05%	45.07
1.2. Bosque de ñire	Bosque de referencia	54	7.40%	137.44
	Bosque secundario	28	5.97%	138.71
	Con cosecha forestal	7	5.59%	140.10
	Sistema silvopastoril o uso ganadero	126	5.86%	114.76
	Floreo o corta selectiva	35	6.01%	124.89
	Sobreutilizado o degradado	23	4.91%	124.47
1.3. Bosques puros y mixtos deciduos de <i>Nothofagus</i>	Bosque de referencia	16	10.42%	122.60
	Sistema silvopastoril o uso ganadero	1	3.27%	101.16
	Indefinido	1	5.67%	108.06
1.4. Bosques puros siempreverde de <i>Nothofagus</i>	Bosque de referencia	10	8.53%	124.33
1.5. Bosques puros o mixtos de coníferas	Bosque de referencia	9	6.05%	98.66
	Sistema silvopastoril o uso ganadero	21	6.27%	133.03
	Sobreutilizado o degradado	1	10.40%	123.02
	Indefinido	30	3.89%	90.80
1.6. Bosques puros o mixtos de otras especies latifoliadas siempreverdes	Bosque de referencia	10	6.40%	101.73
	Sistema silvopastoril o uso ganadero	3	4.69%	126.30
1.7. Otros bosques mixtos	Bosque de referencia	5	9.62%	127.99
	Con cosecha forestal	2	3.05%	62.77
	Sistema silvopastoril o uso ganadero	2	5.32%	103.80
	Indefinido	1	1.90%	84.77

2. Diferencia de Carbono Orgánico del Suelo (COS) entre Uso de Reemplazo/Tipo de Manejo del Bosque y Bosque de Referencia

En referencia al producto 6 de la consultoría, se comparó la concentración de C y el COS del suelo entre bosques de densidad completa primarios de lenga y ñire (bosque de referencia) y los reemplazos o degradación (Tabla 18). Los resultados muestran pérdidas en el contenido de carbono del suelo entre 7 y 10 % y de concentración de carbono entre 41 y 44 % respecto a los valores de los bosques de referencia. La mayor pérdida de concentración de carbono respecto al COS, indicaría que el cambio de usos de suelo de bosque de lenga y ñire a pastizales estuvo acompañado con aumentos en la densidad aparente debido probablemente a la pérdida de aportes de hojarasca y consecuentemente de materia orgánica.

Tabla 18. Promedios de contenido y concentración de carbono orgánico del suelo (COS) en uso de Reemplazo y bosque de referencia, a 0-30 cm de profundidad de suelo. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Tipo de Bosque	Uso de reemplazo	Diferencia en los contenidos de COS (%)	Contenidos de COS (Mg ha ⁻¹)	Diferencia en la Concentración de CO (%)	Número de sitios
1.2. Bosque de ñire	Pastizal natural enriquecido o muy degradado > 20 años	-9,4 \pm 1,83	124,4 \pm 24,3	-41,7 \pm 17,5	23
1.1. Bosque de lenga	Pastizal natural enriquecido o muy degradado > 20 años	- 7,8 \pm 1.41	85,7 \pm 15,6	-44,4 \pm 23,7	6

Componentes 6.4 y 6.7 del Término de Referencia

Para el componente 6.4 se presentan los modelos y mapas basados en el sistema de información geográfico (SIG) conteniendo la cantidad de carbono orgánico en el suelo de los bosques nativos según uso, tipos de suelos, condiciones climáticas y topografía de las Regiones Forestales Bosque Andino Patagónico, Espinal, Monte, Parque Chaqueño, Selva Paranaense y Yungas.

Para el componente 6.7 se presentan resultados con tablas que muestran valores referenciales de los bosques nativos para determinar la diferencia de stock de carbono entre el bosque primario, sistemas silvopastoriles y tierras deforestadas en cada región forestal considerando sus tipos de suelos, condiciones climáticas y topografía.

Metodología de obtención de modelos y mapas de stock de carbono

El área de estudio comprendió las regiones forestales Bosque Andino Patagónico, Espinal, Monte, Parque Chaqueño, Selva Paranaense y Yungas. Para cada región forestal se utilizó una máscara de bosque que incluye las Tierras Forestales (TF) y las Otras Tierras Forestales (OTF) (Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos, INBN2, Dirección Nacional de Bosques, MAgDS) a las cuales se descontaron las áreas desmontadas (Sistema Nacional de Monitoreo de Bosque Nativo, Dirección Nacional de Bosques, MAgDS) (Figura 7). Se utilizaron 1585 observaciones de stock de carbono (Figura 7), de los cuales, 528 corresponden a la región del Bosque Andino Patagónico, 373 a Espinal, 121 a Monte, 339 a Parque Chaqueño, 81 a Selva Paranaense, y 172 a Yungas.

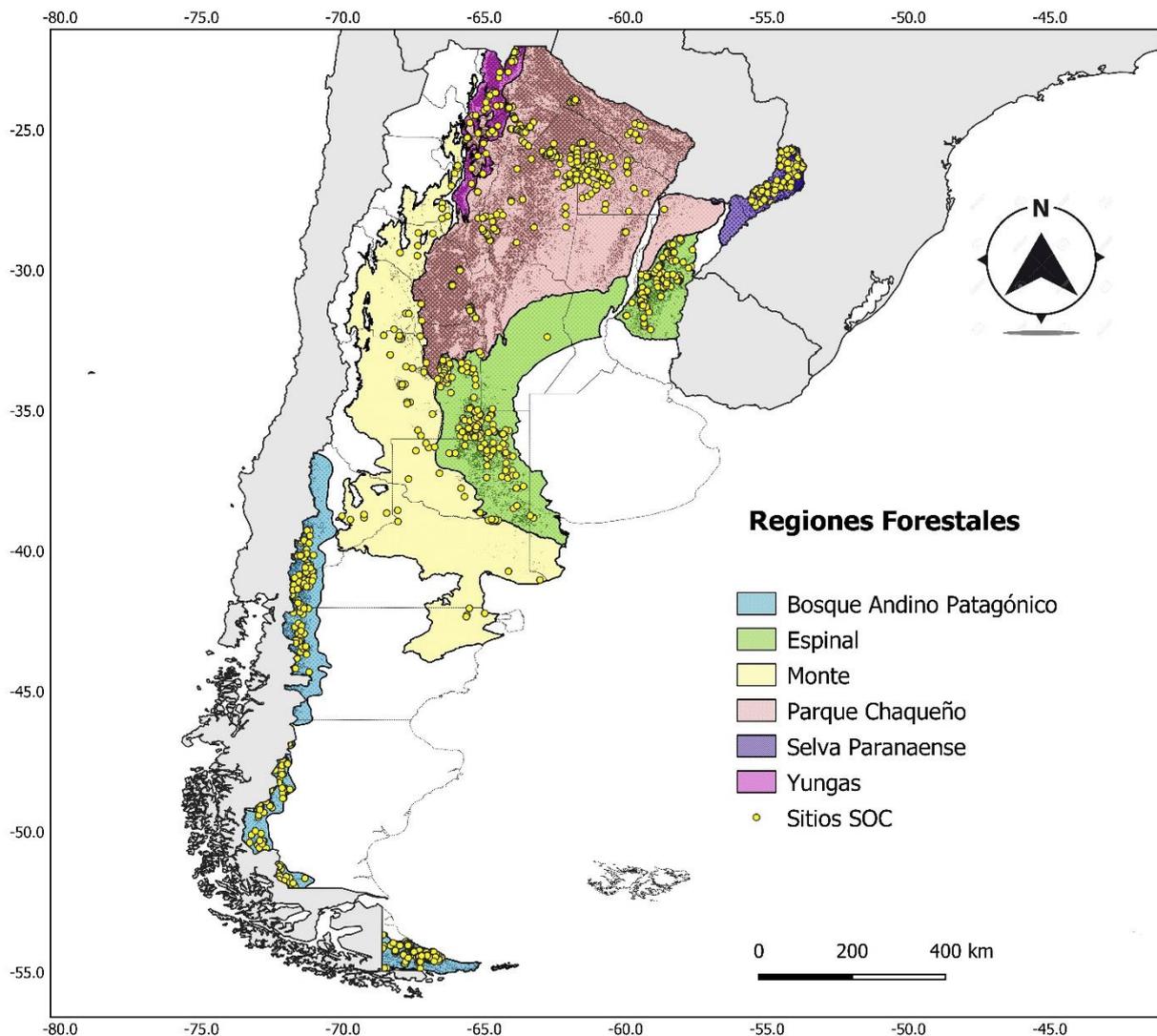


Figura 7. Área de estudio. Colores indican las distintas regiones forestales, la zona sombreada corresponde al área de bosques, y los puntos amarillos son las observaciones de SOC ($n = 1585$).

Covariables espaciales

Se utilizaron 58 covariables ambientales como predictores del contenido de carbono orgánico del suelo en los bosques nativos. Estas covariables incluyen factores topográficos, climáticos, índices derivados de sensores remotos y atributos de la cobertura del suelo (Tabla 19). También se tuvo en cuenta los valores referenciales de los bosques nativos para determinar la diferencia de stock de carbono entre el bosque primario, sistemas silvopastoriles y tierras deforestadas en cada región forestal considerando sus tipos de suelos, condiciones climáticas y topografía.

Tabla 19. Covariables ambientales utilizadas como predictores del contenido de carbono orgánico del suelo en los bosques nativos de la República Argentina.

Covariables / Predictores			
N°	Nombre	Resolución original	Fuente
1	Curvatura	250 m	Tomislav Hengl (2018a)
2	Dev. Magnitud		
3	Dev. Escala		
4	Curvatura pendiente abajo		
5	Dvm		
6	Dvm2		
7	Desvío estándar elevación		
8	Elevación		
9	Mnr		
10	Neg openness		
11	Pos openness		
12	Rugosidad magnitud		
13	Rugosidad (escala)		
14	Rugosidad		
15	Pendiente		
16	Índice de posición topográfica		
17	Índice tri		
18	Índice de humedad topográfica		
19	Curvatura pendiente arriba		
20	vbf		
21	vrn		
22	Índice de aridez de Martonne	1000 m	Cravero et al. (2017)
23	Evapotranspiración anual		
24	Precipitación anual		
25	Balance hídrico		
26	Balance Temperatura media anual	1000 m	WorldClim
27	Temp. media anual		
28	Precipitación anual	250 m	Generadas por nosotros
29	Desv. estándar temperatura de sup. diurna otoño		
30	Temp. de sup. nocturna media otoño		
31	NDVI media otoño		
32	Desv. estándar NDVI otoño		
33	Temp. de sup. diurna media otoño		
34	Temp. de sup. diurna media primavera		
35	Desv. estándar temperatura de sup. diurna primavera		
36	Temp. de sup. nocturna media primavera		
37	NDVI media primavera		
38	Desv. estándar NDVI primavera		
39	Temp. de sup. diurna media verano		
40	Desv. estándar temp. sup. diurna verano		
41	Temp. de sup. nocturna media verano		
42	NDVI media verano		
43	Desv. estándar NDVI verano		
44	Temp. de sup. diurna media invierno		
45	Desv. estándar temp. de sup. diurna invierno		
46	Temp. de sup nocturna media invierno		
47	NDVI. media invierno		
48	Desv. estándar NDVI invierno		
49	Percentil 5 banda 5 Landsat 8	30 m	Generadas por nosotros
50	Percentil 5 banda 5 Landsat 8		
51	Percentil 95 banda 5 Landsat 8		
52	Porcentaje de suelo desnudo	100 m	Buchhorn et al. 2020. Land Cover Copernicus ESA 2019 (European Space Agency).
53	Porcentaje de cultivo		
54	Porcentaje de pastizal		
55	Porcentaje de arbustal		
56	Porcentaje de bosque	250 m	Tomislav Hengl (2018b)
57	FAPAR anual		
58	Tipos de bosques	250 m	Ministerio de Ambiente

Calibración, validación y predicción

El modelado se realizó bajo el marco conceptual del mapeo digital de suelos (MDS). El MDS permite describir la variabilidad espacial de una propiedad de suelo (en este caso el stock de carbono orgánico - COS) a través de modelos de inferencia espacial que explican la relación que existe entre el COS y covariables ambientales. El modelo general de MDS se puede resumir con las siglas SCORPAN (Mcbratney et al., 2003) que son las siglas de los factores formadores de los suelos para el mapeo de suelos. Las mismas indican que las propiedades de suelos están en función de otras propiedades edáficas (S), del clima (C), de los organismos incluidos el ser humano (O), del relieve y sus atributos (R), del material parental sobre el que se desarrolla el suelo (P), del tiempo de evolución (A) y de la ubicación geográfica (N). Además de estos factores, el modelo asume un componente aleatorio que no puede ser explicado por los factores formadores y que se describe en el error del modelo. Las covariables ambientales son representaciones parciales e imperfectas de los factores formadores del suelo teóricos, pero se utilizan para poder descifrar el patrón espacial de la variable de interés. Las covariables espaciales utilizadas en este proceso se describieron en la sección anterior.

Para la calibración del modelo se utilizó el método *quantile random forest* (QRF, Meinshausen & Ridgeway., 2006, Vaysse & Lagacherie, 2017). Cabe destacar que el método no es espacialmente explícito, lo que implica que no tiene en cuenta la distribución espacial de las observaciones per se. Sin embargo, muchos autores han demostrado su alta eficacia en la predicción espacial con respecto a otros modelos y está recomendado en situaciones de baja densidad espacial de observaciones (Vaysse & Lagacherie, 2017).

Una particularidad de QRF es la capacidad de predecir la función de densidad de probabilidad en cada punto de predicción (o píxel en nuestro caso), a partir de la cual se puede derivar el valor más probable (media) así como la dispersión del conjunto de los datos medida como desvío estándar. En este caso el desvío estándar se estimó como medida de la incertidumbre del modelo, que al ser computado para cada píxel del área de interés, es una medida espacialmente explícita del error del modelo. El mismo se dividió por el valor medio predicho, el cual constituye el coeficiente de variación de la estimación expresado en porcentaje (%CV). La selección de covariables se realizó por el método de *recursive feature elimination*, una técnica similar a *stepwise regression*, donde se evalúa el modelo en términos de error con la incorporación de una nueva covariable. A fin de hacer los modelos más simples e interpretables, cuando el número de covariables seleccionadas por el modelo superó las 10, se seleccionaron las 10 más importantes y el resto se descartó. En todos los casos, el RMSE no sufrió cambios de importancia.

La incertidumbre del modelo se midió además de forma global. Para ello se realizó una validación cruzada de 10 subconjuntos seleccionados al azar sin reposición, el cual se repitió 3 veces. De la comparación de los valores predichos versus observados se estimó la raíz del error cuadrático medio (RMSE) que da una magnitud de las desviaciones de los residuos del modelo, el coeficiente de concordancia de correlación (CCC - e.g. Wadoux, et al., 2019) que indica la proporción de varianza explicada por la predicción del modelo, y el error absoluto medio (MAE) que es un promedio de los residuos absolutos del modelo.

Se compararon dos aproximaciones: i) ajuste de un único modelo (modelo unificado) a escala nacional incluyendo el mapa de regiones forestales como covariable ambiental, y ii) ajuste de un modelo

independiente por región forestal (modelo por región). Se evaluaron los valores globales de exactitud, así como también los valores del coeficiente de variación de la estimación de cada aproximación.

Validación

Los resultados mostraron que el coeficiente de variación fue menor en los modelos por región forestal respecto al modelo unificado a nivel país. Al analizar los histogramas de los valores predichos de %CV, se puede observar claramente que, a nivel general, los modelos por región tienen menores %CV que el modelo unificado (Figura 8).

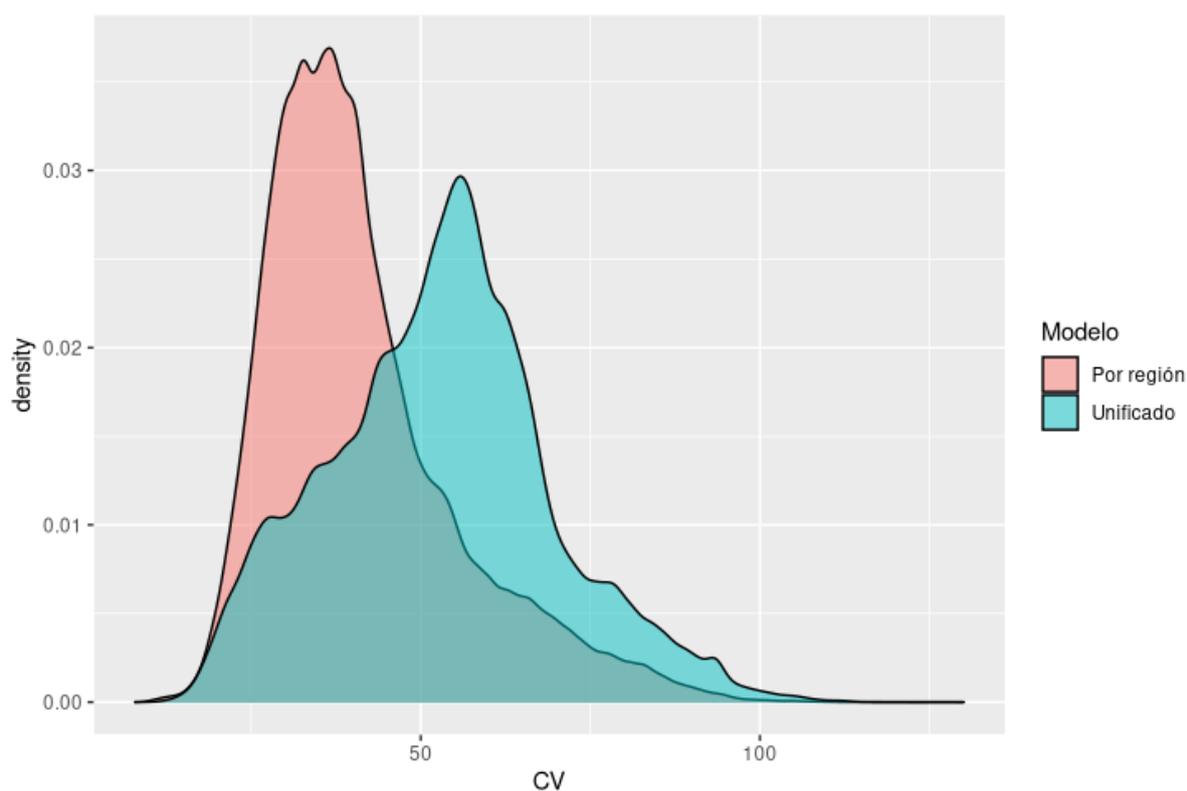


Figura 8. Coeficiente de variación (%) de los modelos por región forestal y unificado a nivel país.

En cuanto a los residuos obtenidos mediante validación cruzada, ambos modelos muestran estructuras similares (Figura 9). Los valores de RMSE, CCC, y MAE fueron de 28,76 MgC/ha, 0,57 y 18,98 MgC/ha respectivamente para el modelo unificado, mientras que los mismos parámetros para los modelos por región fueron 27,14 MgC/ha, 0,62 y 18,13 MgC/ha, respectivamente.

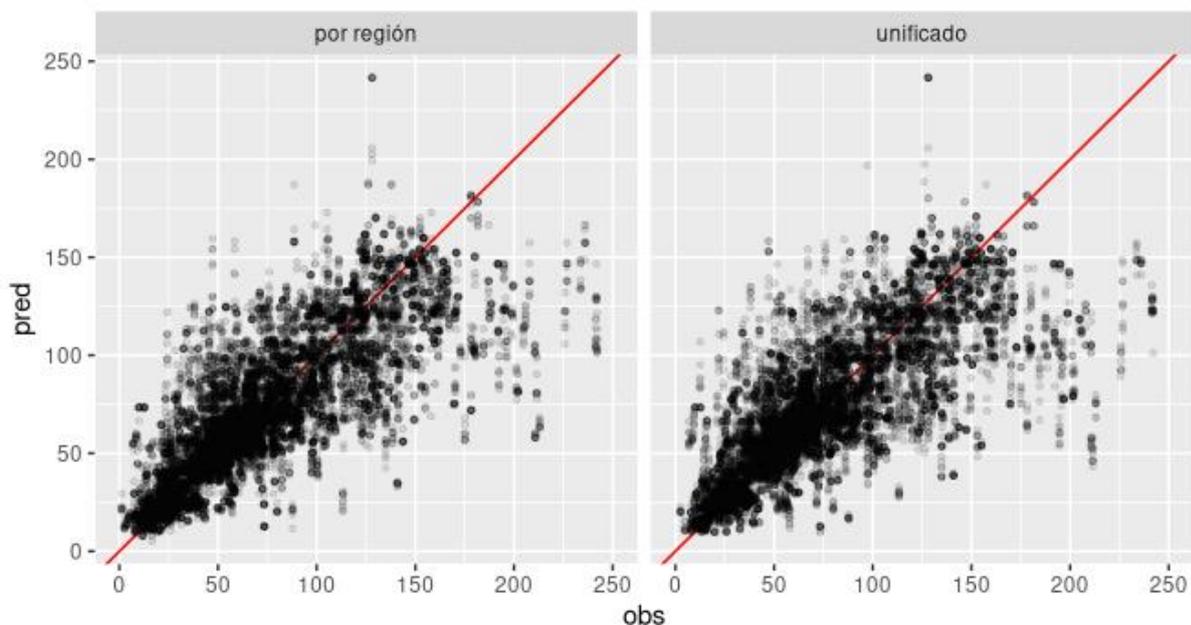


Figura 9. Valores observados versus predichos obtenidos a partir de validación cruzada de los modelos unificado (derecha) y por región (izquierda) en Mg C/ha.

Dado que la incertidumbre y los parámetros de error de los modelos por región forestal muestran un mejor ajuste, se adoptaron los resultados de la aproximación por regiones en lugar de nivel país general.

Región Parque Chaqueño

El modelo de predicción de C ajustado para el Parque Chaqueño incluyó 10 covariables, de las cuales las que tuvieron mayor importancia fueron: temperatura nocturna media de verano, balance hídrico y el desvío estándar del NDVI de invierno y primavera (Figura 10). En la Figura 11 se muestra el resultado de la validación del modelo mediante la relación de datos observados versus predichos. Los valores de RMSE, CCC, y MAE fueron de 13,69 MgC/ha, 0,61 y 10,20 MgC/ha, respectivamente.

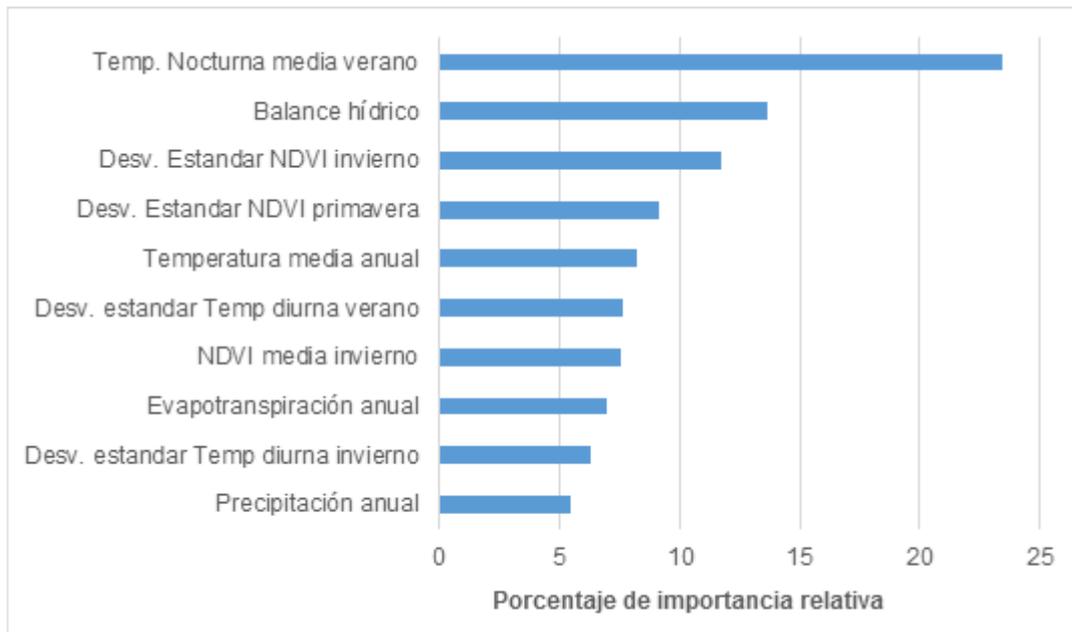


Figura 10. Importancia, en porcentaje relativo, de la contribución de las covariables utilizadas para predecir el contenido de C del suelo en la región del Parque Chaqueño.

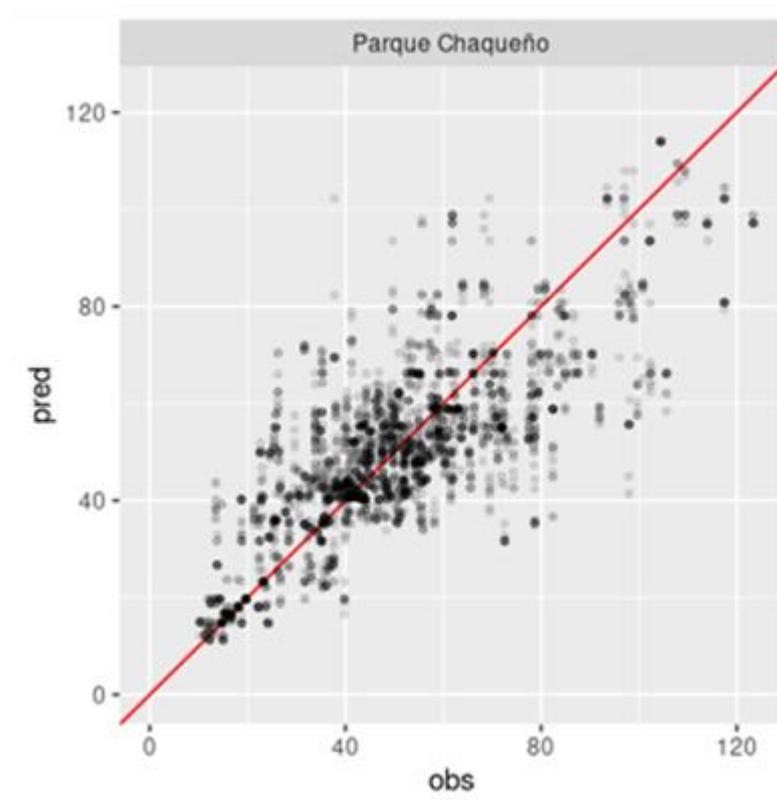


Figura 11. Valores observados versus predichos obtenidos a partir de la validación cruzada del modelo del Parque Chaqueño. Valores en Mg C/ha.

El contenido de carbono orgánico del suelo (COS) a una profundidad de 0-30 cm fue mayor en el Parque Chaqueño Húmedo (57,97 Mg/ha) y menor en el Parque Chaqueño Árido con un valor de 31,69 Mg/ha (Tabla 20, Figura 12). El Parque Chaqueño Semiárido representa el 50% y el Parque Chaqueño Húmedo el 22% del total del carbono del suelo (1.382.067 Gg) de la región del Parque Chaqueño (Tabla 20).

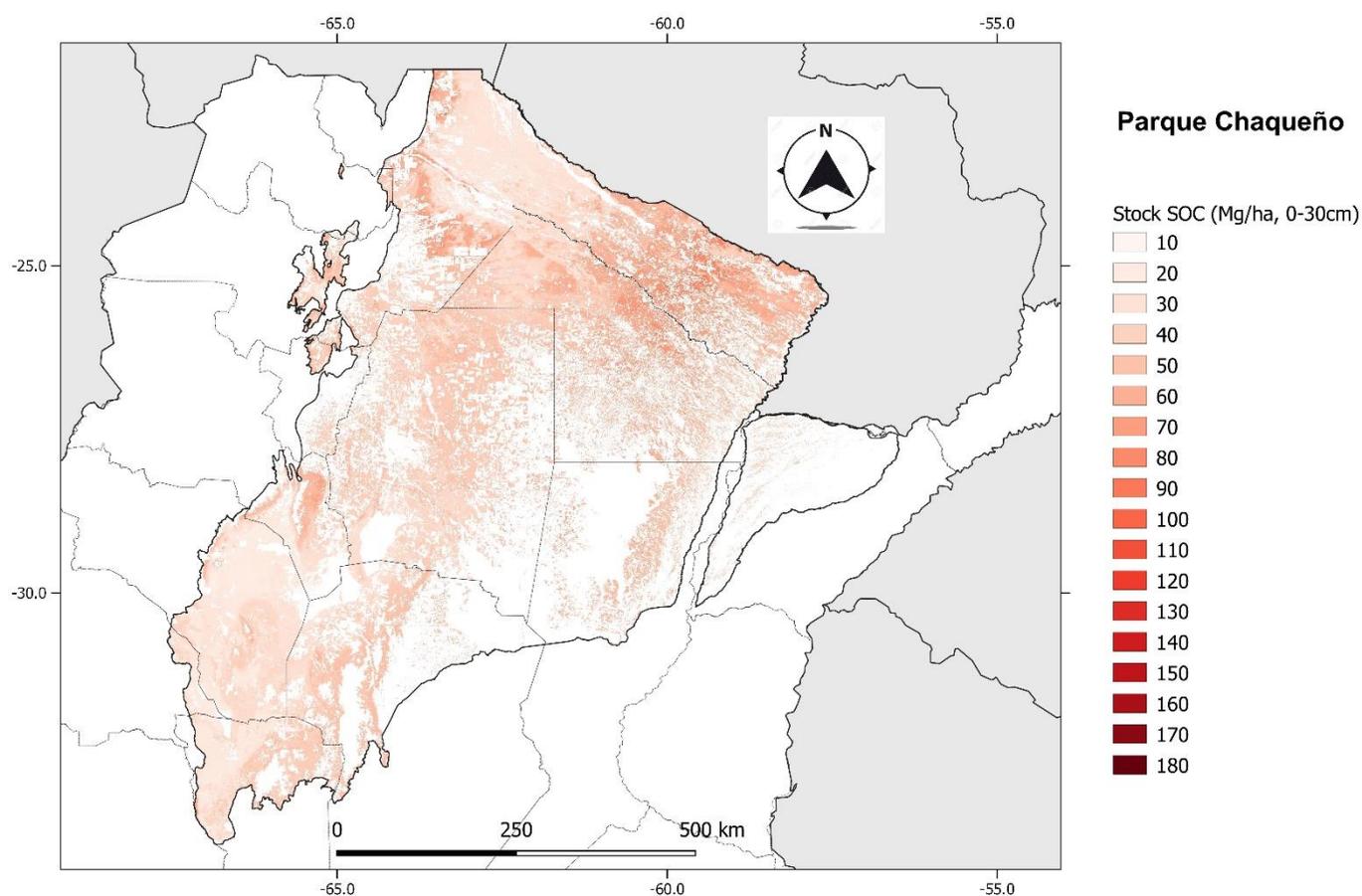


Figura 12. Mapa con promedios de los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) a 0-30 cm de profundidad de suelo para el Parque Chaqueño.

Tabla 20. Promedios de los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) a 0-30 cm de profundidad para el Parque Chaqueño discriminado por tipos forestales. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Tipo Forestal	Superficie (ha)	COS medio (Mg C/ha)	COS total (Gg)
Semiárido	15.845.811	43,84 \pm 11,63	694.680
Húmedo	5.324.278	57,97 \pm 9,79	308.648
Serrano	3.444.036	40,79 \pm 10,81	140.482
Árido	6.917.495	31,69 \pm 8,70	219.215
Transición	409.915	46,45 \pm 9,5	19.041
Total Parque Chaqueño	31.941.535	43,27 \pm 10,57	1.382.067

Comparando el COS del suelo en los usos de reemplazo y tipos de manejo del bosque respecto de aquel de los bosques sin intervención (Tabla 21). El contenido de COS en sitios con ganadería respecto de los sitios cercanos de bosque sin intervención fue en promedio un 28 % menor en el Chaco Árido y un 5% menor en el Chaco Seco. El contenido de COS en sitios con agricultura respecto de los sitios cercanos de bosque sin intervención fue en promedio 18% menor en el Chaco Húmedo, 19% menor en el Chaco Seco, 9 % menor en el Chaco Árido y 29% menor en el Chaco Serrano. El contenido de COS en sitios con sistemas silvopastoriles respecto de los sitios cercanos de bosque sin intervención fue 3% mayor en el Chaco Árido. El contenido de COS en sitios con bosque sobreadministrado o abandonado respecto de los sitios cercanos de bosque sin intervención fue 30% menor en el Chaco Árido. Los cambios en las concentraciones de COS reflejaron pérdidas mayores en la mayoría de las situaciones, exceptuando la agricultura en el Chaco Serrano. Esto se debe a que, en general, la densidad aparente del suelo aumentó en los usos de reemplazo y esto tiene un efecto positivo sobre los contenidos de COS (al aumentar la masa de suelo considerada), pero no sobre las concentraciones.

Tabla 21. Promedios de las diferencias de contenido de carbono orgánico del suelo (COS) entre uso de Reemplazo/tipo de manejo del bosque y bosque sin intervención, a 0-30 cm de profundidad de suelo. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Subregión forestal	Uso de reemplazo/ Tipo de manejo	Diferencia en los contenidos de COS (%)	Diferencia en los contenidos de COS (Mg ha ⁻¹)	Diferencia en la concentración de COS (%)
Chaco Árido	Agricultura	-8,88 \pm 32,74	-9,32 \pm 19,22	-23,12 \pm 26,98
Chaco Árido	Ganadería	-27,62 \pm 19,01	-22,22 \pm 18,82	-34,92 \pm 19,15
Chaco Húmedo	Agricultura	-18,29 \pm 21,53	-12,44 \pm 13,44	-41,17 \pm 19,18

Chaco Seco	Agricultura	-19,33 ±22,57	-10,91 ±13,69	-31,33 ±20,43
Chaco Seco	Ganadería	-4,58 ±34,07	-4,00 ±12,47	-25,16 ±15,08
Chaco Serrano	Agricultura	-28,52 ±7,94	-17,45 ±4,86	-19,12 ±6,28
Chaco Árido	Sistema silvopastoril o uso ganadero en bosque	2,63 ±32,59	0,51 ±22,81	-5,40 ±29,26
Chaco Árido	Bosque sobreutilizado o abandonado	-29,86 ±28,16	-14,00 ±10,14	-33,49 ±26,23

Región del Espinal

El modelo de predicción de C ajustado para el Espinal incluyó 8 covariables, de las cuales las que tuvieron mayor importancia fueron: NDVI medio de primavera, temperatura nocturna media de verano y la rugosidad del terreno (Figura 13). En la Figura 8 se muestra el resultado de la validación del modelo mediante la relación de datos observados versus predichos. Los valores de RMSE, CCC, y MAE fueron de 17,45 MgC/ha, 0,53 y 11,74 MgC/ha, respectivamente.

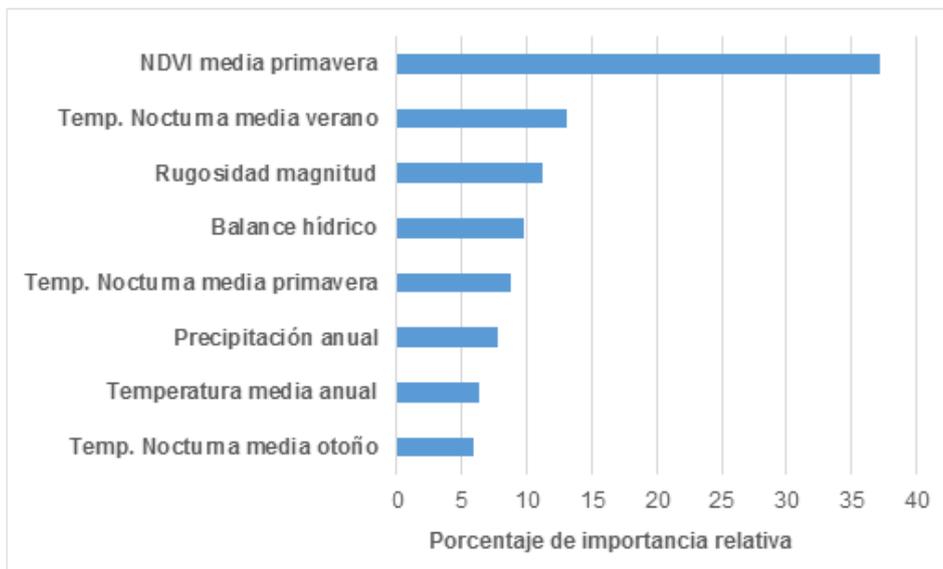


Figura 13. Importancia, en porcentaje relativo, de la contribución de las covariables utilizadas para predecir el contenido de C del suelo en la región del Espinal.

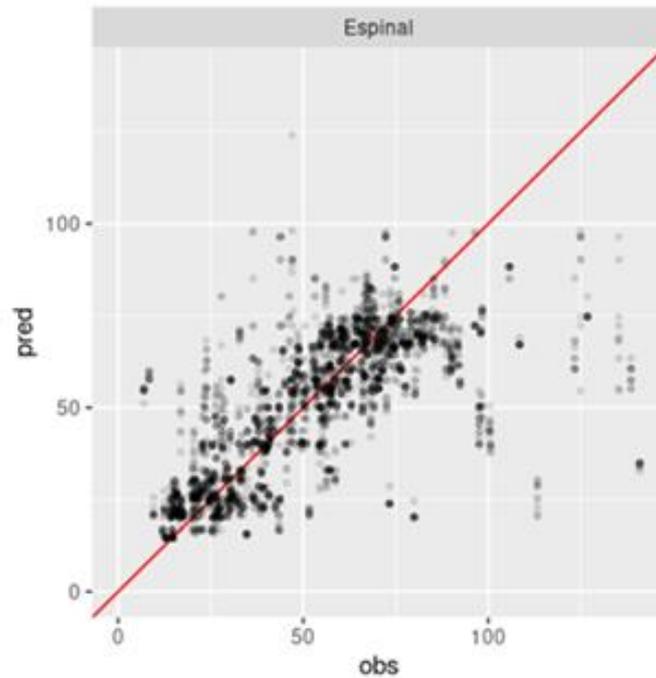


Figura 14. Valores observados versus predichos obtenidos a partir de la validación cruzada del modelo del Espinal. Valores en Mg C/ha.

El contenido total de carbono orgánico del suelo (COS) hasta la profundidad de 30 cm alcanzó los 255.956 Gg para toda la región del Espinal (Figura 15, Tabla 22). Del total estimado para toda la región, el 39% corresponde a los tres tipos de bosques de caldén y el 36% a los tipos de bosque de ñandubay-espinillo. Desde el punto de vista del contenido de carbono por hectárea, los mayores valores se estimaron en el bosque de ñandubay-espinillo con otras especies (68,21 Mg/ha) y palmares (65,31 Mg/ha), mientras que los menores corresponden a los Bosques de Transición y formación de otras especies arbóreas.

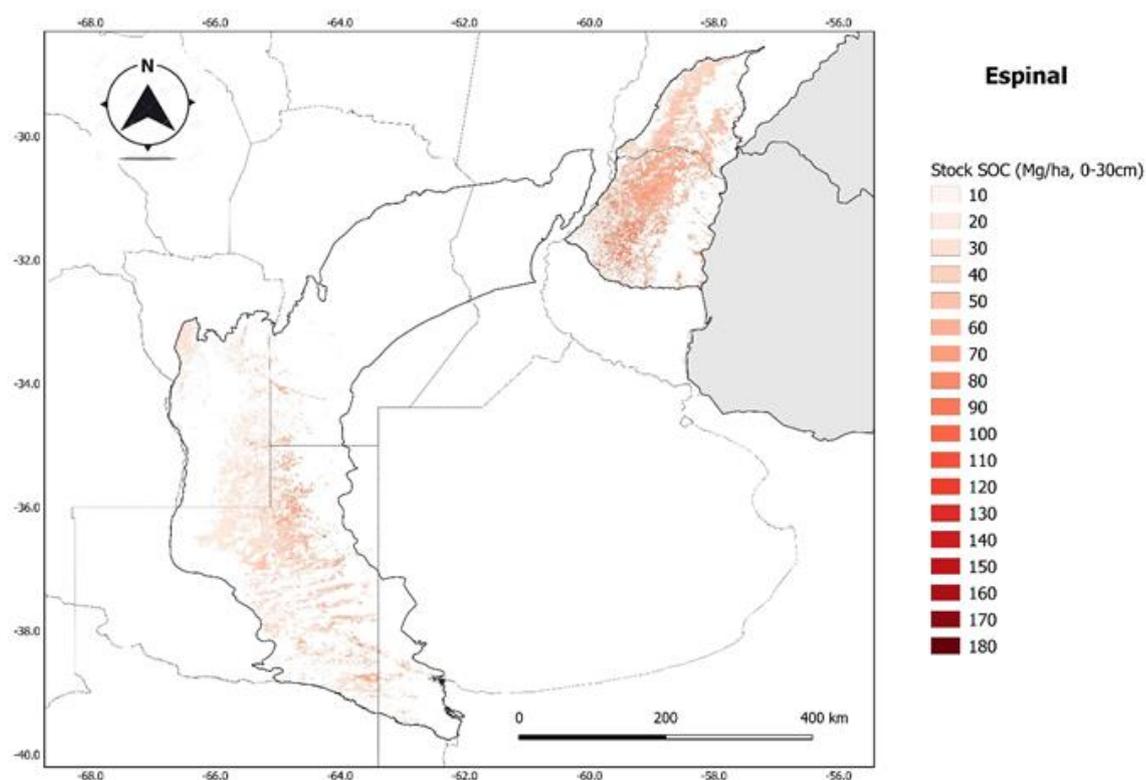


Figura 15. Mapa con promedios de los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) a 0-30 cm de profundidad de suelo para el Espinal.

Tabla 22. Promedios y valores totales del contenido de carbono orgánico del suelo (COS) (0-30 cm) para el Espinal discriminado por tipos forestales. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Tipo Forestal	Superficie (ha)	COS medio (Mg C/ha)	COS total (Gg)
Bosque de ñandubay-espínillo	780.270	60,12 \pm 11,80	46.910
Bosque de ñandubay-espínillo con otras especies	673.980	68,21 \pm 14,21	45.972
Bosque de caldén cerrado	360.040	44,91 \pm 16,27	16.169
Bosque de caldén abierto con arbustos	1.391.395	37,65 \pm 13,88	52.386
Bosque de caldén abierto con pastos	894.550	35,12 \pm 12,90	31.417
Bosque de transición	263.496	33,37 \pm 7,92	8.793
Formación de otras especies arbóreas	233.997	33,29 \pm 13,65	7.790
Bosque de ñandubay tipo parque	527.261	54,85 \pm 10,95	28.920
Bosque en galería	270.843	62,51 \pm 16,03	16.930
Palmares	10.241	65,31 \pm 6,99	669
Total Espinal	5.406.073	47,35 \pm 13,13	255.956

El cambio en el contenido de carbono orgánico del suelo generado por el reemplazo del bosque por otro uso del suelo es presentado en la Tabla 23. En promedio para toda la región del Espinal, la transformación de bosque nativo en agricultura provocó una disminución en el contenido de COS de 31,9 Mg C ha⁻¹, lo que representa una caída del 39,3% respecto a la referencia de bosque. La mayor merma se produjo en la subregión del Caldenal (-34,3 Mg C ha⁻¹), seguida por el Ñandubay (-26 Mg C ha⁻¹) y Algarrobal (-14,8 Mg C ha⁻¹). Respecto al reemplazo del bosque por usos ganaderos, la caída promedio para toda la región alcanzó las 25,4 Mg C ha⁻¹ (-39,2%). También en este caso la mayor caída en el contenido de COS se dio en la subregión del Caldenal (-34 Mg C ha⁻¹), seguida por el Ñandubay (-18 Mg C ha⁻¹) y el Algarrobal (-15 Mg C ha⁻¹). En la subregión del Ñandubay, donde se pudo evaluar como uso alternativo la rotación agrícola-ganadera, se observó en este caso una disminución de 9,1 Mg C ha⁻¹. De manera similar a lo ocurrido en otras regiones, la disminución en la concentración de COS fue ligeramente mayor que para el contenido (-44,5% y -42% promedio para ganadería y agricultura en toda la región, respectivamente) debido al aumento de la densidad aparente que se registra en los usos alternativos en relación al bosque.

Tabla 23. Promedios de las diferencias de contenido de carbono orgánico del suelo (COS, en Mg C ha⁻¹ y %) y concentración (en %) entre el uso de reemplazo y el bosque de referencia para la profundidad de 0-30 cm de suelo. El símbolo ± indica el desvío estándar de cada promedio.

Subregión Forestal	Uso de Reemplazo/Tipo de Manejo	Diferencia en los contenidos de COS (%)	Diferencia en los contenidos de COS (Mg ha ⁻¹)	Diferencia en la concentración de COS (%)	Número de sitios
Ñandubay	Agricultura	-26.4 ±14.5	-26.01 ±17.87	-27.73 ±15.44	51
	Ganadería	-19.14 ±12.23	-17.88 ±12.53	-21 ±13.17	
	Agrícola-Ganadera	-10.44 ±15.85	-9.1 ±15.73	-22.36 ±24.42	
Algarrobal	Agricultura	-23.16 ±18.19	-14.76 ±11.71	-36.44 ±16.82	21
	Ganadería	-21.79 ±25.9	-15.01 ±18.51	-37.18 ±26.18	
Caldenal	Agricultura	-43.54 ±29.64	-34.28 ±32.63	-46.25 ±29.09	127
	Ganadería	-58.22 ±21.19	-34 ±34.37	-62.02 ±19.26	

Región del Monte

En la región del Monte, el modelo incluyó 6 covariables, siendo el desvío estándar de la temperatura diurna de otoño y de primavera las más importantes (Figura 16). En la Figura 17 se muestra el resultado de la validación del modelo mediante la relación de datos observados versus predichos. Los valores de RMSE, CCC, y MAE fueron de 14,28 MgC/ha, 0,29 y 10,46 MgC/ha, respectivamente.

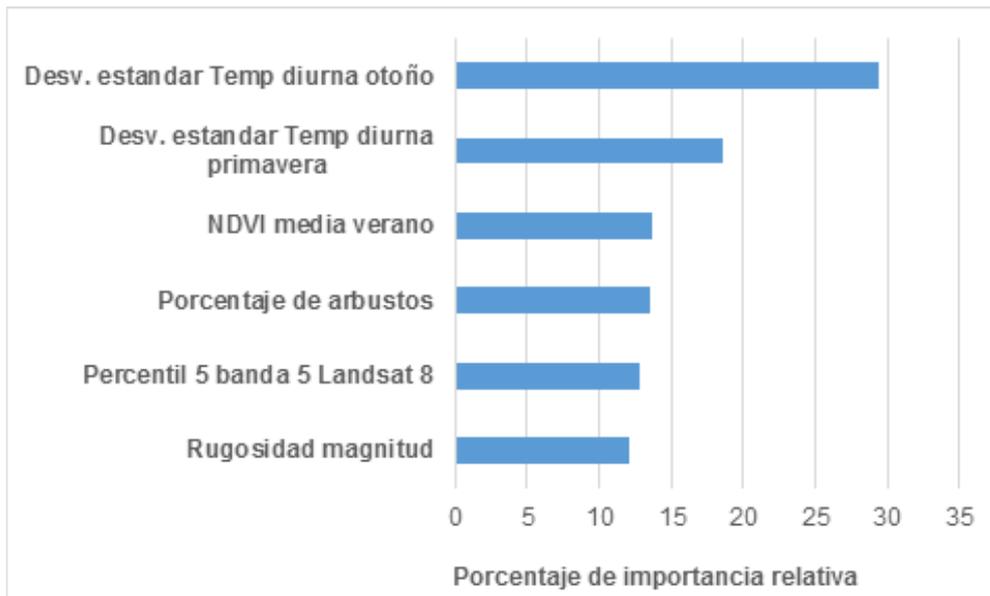


Figura 16. Importancia, en porcentaje relativo, de la contribución de las covariables utilizadas para predecir el contenido de C del suelo en la región del Monte.

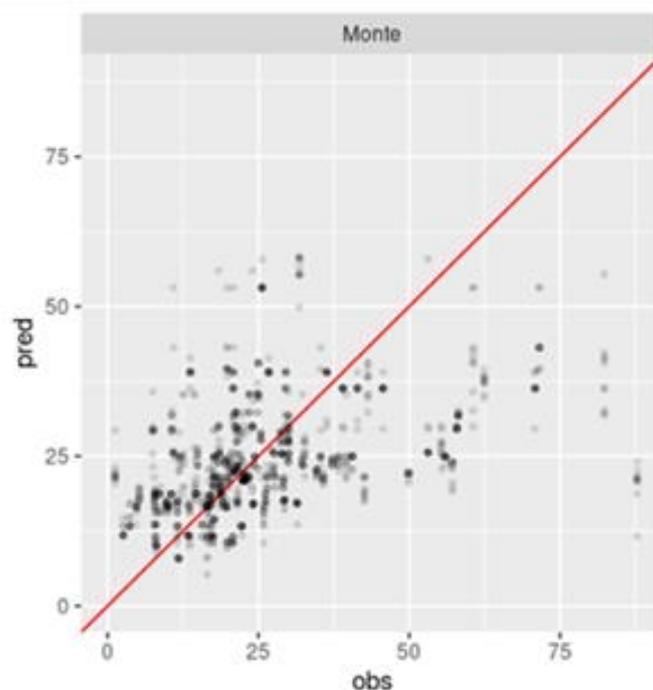


Figura 17. Valores observados versus predichos obtenidos a partir de la validación cruzada del modelo del Monte. Valores en Mg C/ha.

El COS en la región forestal del Monte alcanzó los 26.184 Gg (Figura 18, Tabla 24). Del total estimado para toda la región, el 50% corresponde a bosques de algarrobo, seguido por los bosques mixtos que acumulan 7.688 Gg, y presentando el mayor contenido de carbono por hectárea con un valor medio de 36,23 Mg/ha (Tabla 24).

Tabla 24. Promedios y valores totales del contenido de carbono orgánico del suelo (COS) a 0-30 cm de profundidad para el Monte discriminado en tipos forestales (chañar, caldén, bosque mixto y estepa arbustiva) correspondiente a otras Tierras Forestales (OTF). El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Tipo Forestal	Superficie (ha)	COS medio (Mg C/ha)	COS total (Gg)
Bosque de algarrobos	397.351	32,96 \pm 6,93	13.097
Bosque mixto	212.190	36,23 \pm 11,61	7.688
Bosque en vías de escurrimiento	11.361	27,25 \pm 4,55	310
Bosque de churqui	3.507	34,19 \pm 2,08	120
Bosque de chica	58.572	44,21 \pm 8,11	2.589
Bosque de retamo	65.823	27,25 \pm 4,55	1.794
Bosque de caldén	1.077	30,08 \pm 12,89	32
Bosque de chañar	29.541	18,77 \pm 3,35	554
Total Monte	779.422	33,59 \pm 7,91	26.184

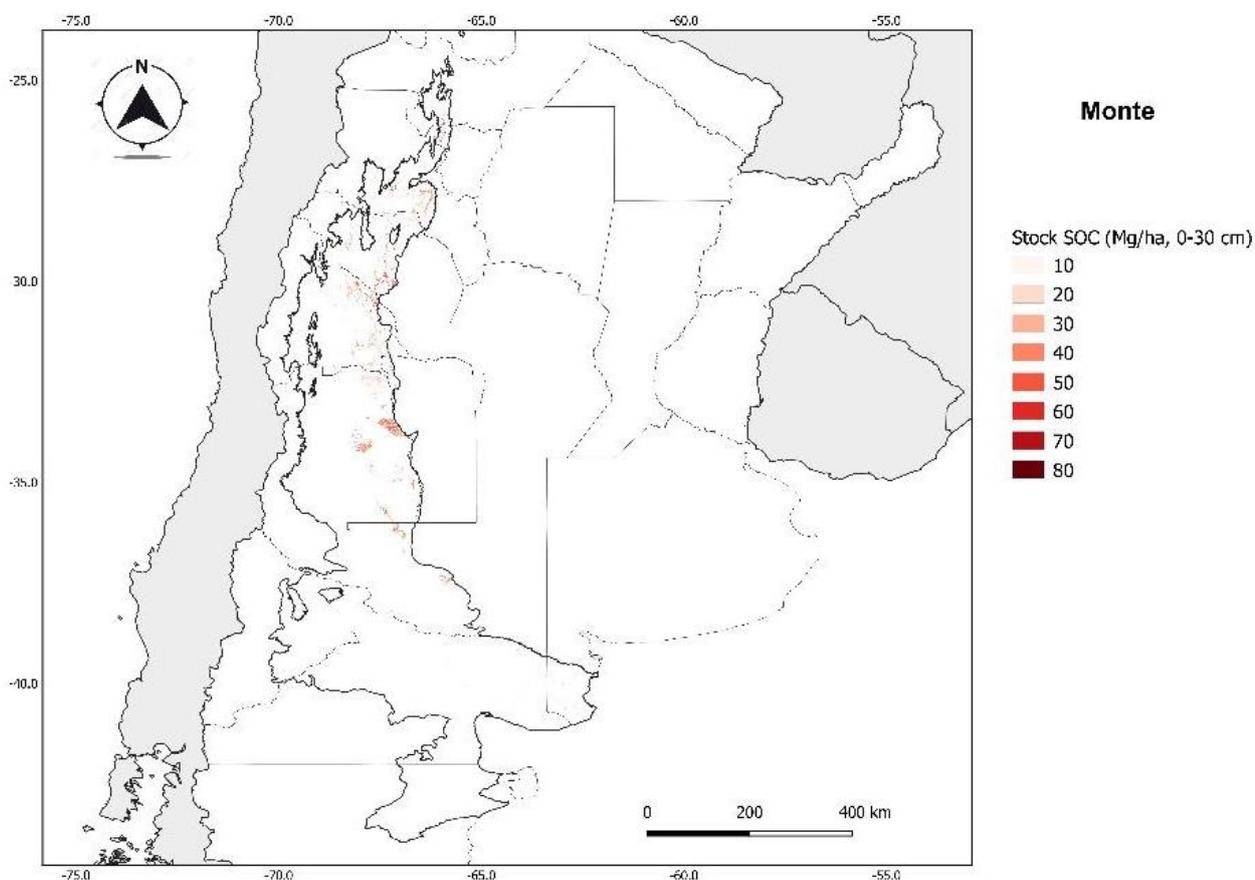


Figura 18. Mapa con promedios de los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) a 0-30 cm de profundidad de suelo para el Monte.

El contenido de COS en sitios con agricultura respecto de sitios de estepa arbustiva sin intervención fue en promedio 43,46% mayor en el Monte Central, y la concentración de COS un 32,7% (Tabla 25). Esto representa un incremento en el stock de casi 9 Mg-ha⁻¹. Es importante recordar que este cambio de uso de suelo implica no solo la implantación de cultivos perennes (viñedos, frutales) sino el agregado de riego y fertilización. En sitios de bosque sobreutilizado (con uso de leña y ganadería), los cambios en los contenidos de COS reflejaron pérdidas del 33,44% y la concentración de COS 37%,02, representando una pérdida en stock de 11,89 Mg-ha⁻¹. Por su parte, en el bosque quemado en el Monte central se observó una disminución del contenido de COS del 27,69% y de la concentración de COS del 12,81 %, comparados con sitios referencia de Algarrobos sin intervención en el Monte Central, representando una pérdida del stock de 6,5 Mg-ha⁻¹. En el Monte Austral, un análisis preliminar sugiere la pérdida del 19,7% cuando la estepa arbustiva es reemplazada por uso agrícola, aunque se disponen de pocos datos al respecto.

Tabla 25. Promedios de las diferencias de contenido de carbono orgánico del suelo (COS) entre uso de reemplazo/tipo de manejo del bosque y bosque sin intervención, a 0-30 cm de profundidad de suelo.

Subregión forestal	Uso de reemplazo/ Tipo de manejo	Diferencia en los contenidos de COS (%)	Diferencia en los contenidos de COS (Mg ha ⁻¹)	Diferencia en la concentración de COS (%)
Monte Central - estepa arbustiva	Agricultura	43,46	8,96	32,76
Monte Central - bosque de Algarrobos	Bosque sobreutilizado	-33,44	-11,89	-37,02
Monte Central - bosque de Algarrobos	Bosque quemado	-27,69	-6,55	-12,81
Monte Austral - estepa arbustiva	Agricultura	-19,70	-4,07	-18,56

Selva Paranaense

El modelo ajustado para la Selva Paranaense incluyó solo 3 covariables con similar importancia relativa (Figura 19). En la Figura 20 se muestra el resultado de la validación del modelo mediante la relación de datos observados versus predichos. Los valores de RMSE, CCC, y MAE fueron de 28,40 MgC/ha, 0,25 y 20,08 MgC/ha, respectivamente.

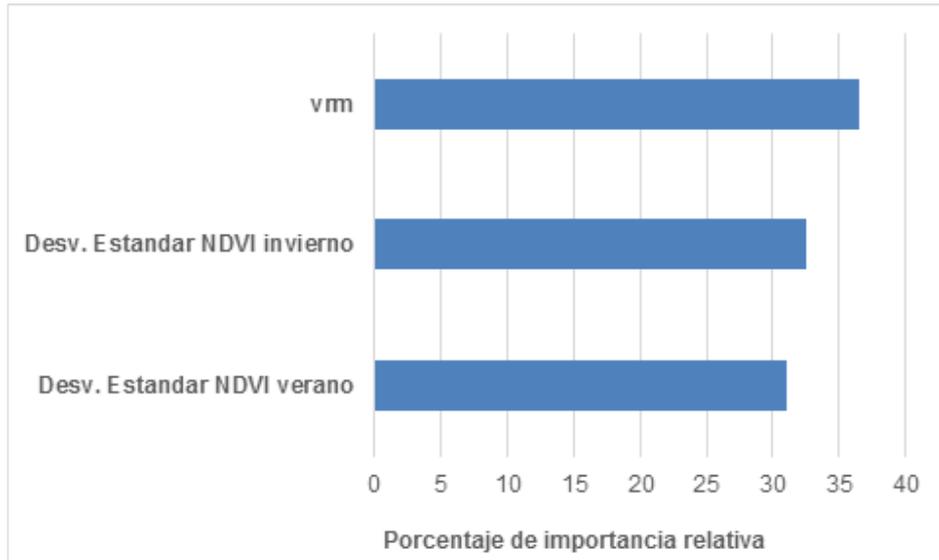


Figura 19. Importancia, en porcentaje relativo, de la contribución de las covariables utilizadas para predecir el contenido de C del suelo en la región de la Selva Paranaense.

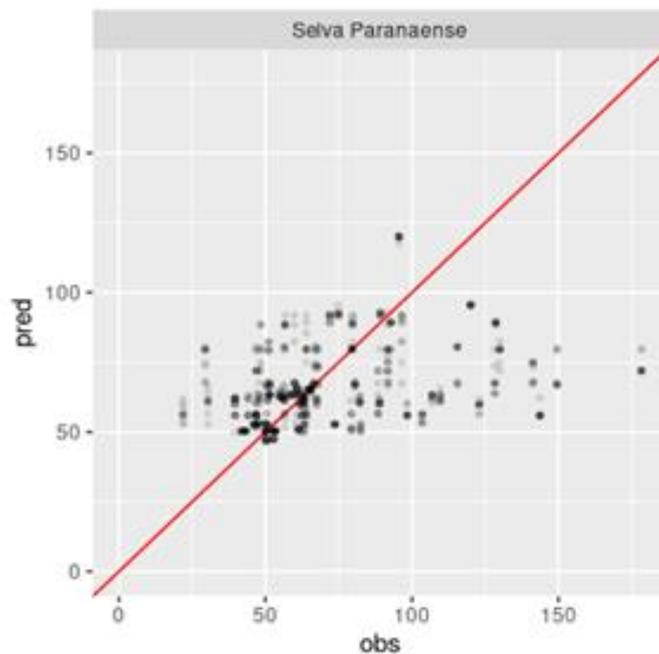


Figura 20. Valores observados versus predichos obtenidos a partir de la validación cruzada del modelo de la Selva Paranaense. Valores en Mg C/ha.

El contenido de carbono orgánico del suelo (COS) de la Selva Misionera fue superior (78,26-84,54 Mg/ha) respecto a los otros tipos forestales de la región (Tabla 26, Figura 21). Del total estimado para toda la región (97.079 Gg), el 78% corresponde a Selva de cobertura variable (Tabla 26).

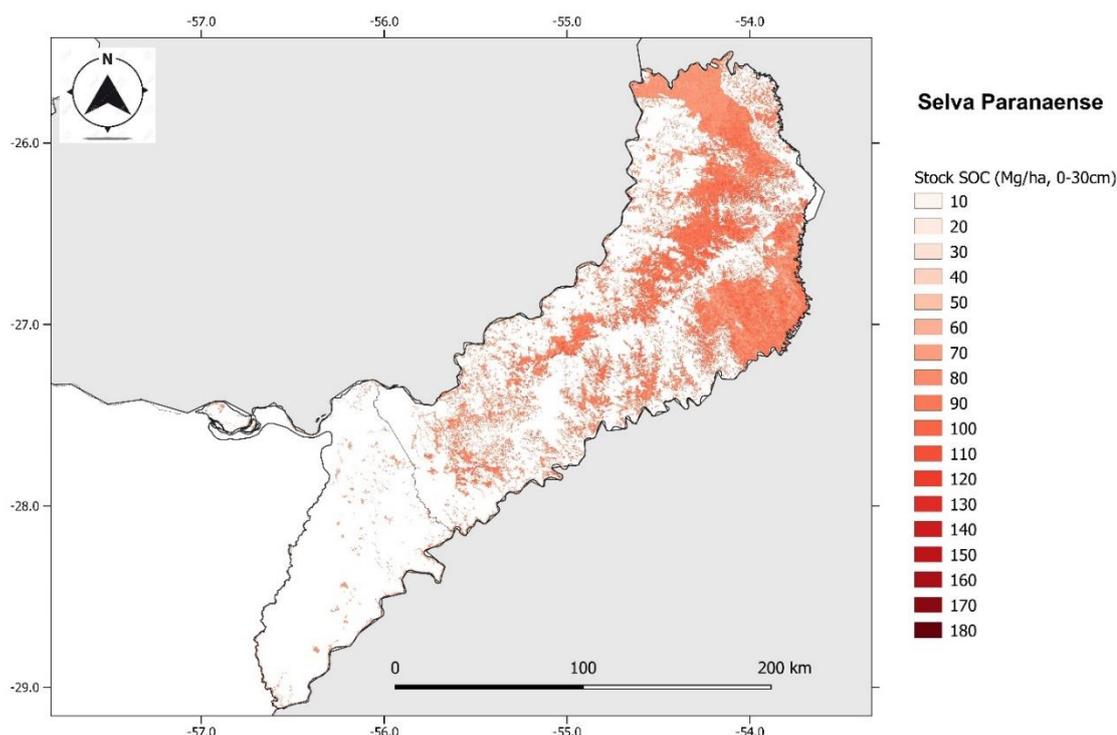


Figura 21. Mapa con promedios de los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) a 0-30 cm de profundidad de suelo para la Selva Paranaense.

Tabla 26. Promedios y valores totales del contenido de carbono orgánico del suelo (COS) a 0-30 cm de profundidad para la Selva Paranaense discriminado en Tierras Forestales (TF) con sus tipos forestales (selva con cobertura completa y variable) y otras Tierras Forestales (OTF) con sus tipos forestales (bosque en galería, secundario y cañaverales). El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Tipo Forestal	Superficie (ha)	COS (Mg/ha)	COS total (Gg)
Selva cerrada	132.598	78,26 \pm 10,28	10.377
Selva de cobertura variable	895.143	84,54 \pm 13,34	75.675
Bosque en galería	29.076	76,06 \pm 8,60	2.212
Bosque secundario	75.369	76,87 \pm 13,88	5.794
Cañaverales	39.340	76,81 \pm 9,21	3.022
Total Selva Paranaense	1.171.526	82,87 \pm 12,77	97.079

Además, se comparó el COS del suelo en los usos de reemplazo y tipos de manejo del bosque respecto de aquel de los bosques sin intervención (Tabla 27). El contenido de COS en sitios con pastura a cielo abierto para ganadería respecto de los sitios cercanos de bosque fue en promedio un 28 % mayor y un 28,54% menor en situaciones de sistemas silvopastoriles. El contenido de COS en

sitios con cultivo de yerba mate respecto de los sitios cercanos de bosque fue en promedio 24,84%. El contenido de COS en sitios con plantaciones forestales de *Pinus sp* respecto de los sitios cercanos de bosque fue 4,82% menor. Los cambios en las concentraciones de COS reflejaron pérdidas mayores bajo el cultivo de yerba mate y en menor medida en las plantaciones forestales. Los sistemas ganaderos a cielo abierto y bajo silvopastoreo con *Pinus sp.* presentaron aumentos en la concentración de COS.

Tabla 27. Promedios de las diferencias de contenido de carbono orgánico del suelo (COS) entre uso de Reemplazo/tipo de manejo del bosque y bosque sin intervención, a 0-30 cm de profundidad de suelo. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Subregión forestal	Uso de reemplazo/ Tipo de manejo	Diferencia en los contenidos de COS (%)	Diferencia en los contenidos de COS (Mg ha ⁻¹)	Diferencia en la concentración de COS (%)
Selva Misionera	Pastura	16,30 \pm 39,70	6,97 \pm 22,34	7,19 \pm 11,23
Selva Misionera	Plantación <i>Pinus sp.</i>	-4,82 \pm 31,88	-2,82 \pm 22,36	-9,16 \pm 29,15
Selva Misionera	Silvopastoril	-28,54 \pm 17,10	-19,12 \pm 22,36	6,73 \pm 8,84
Selva Misionera	Yerba Mate	-24,84 \pm 22,52	-20,01 \pm 17,92	-26,32 \pm 21,15

Región de las Yungas

El modelo de predicción de C ajustado para la región de las Yungas incluyó 10 covariables, de las cuales las que tuvieron mayor importancia fueron: temperatura nocturna y diurna media de invierno y la temperatura nocturna media de otoño (Figura 22). En la Figura 23 se muestra el resultado de la validación del modelo mediante la relación de datos observados versus predichos. Los valores de RMSE, CCC, y MAE fueron de 29.66 MgC/ha, 0.14 y 24.08 MgC/ha, respectivamente.

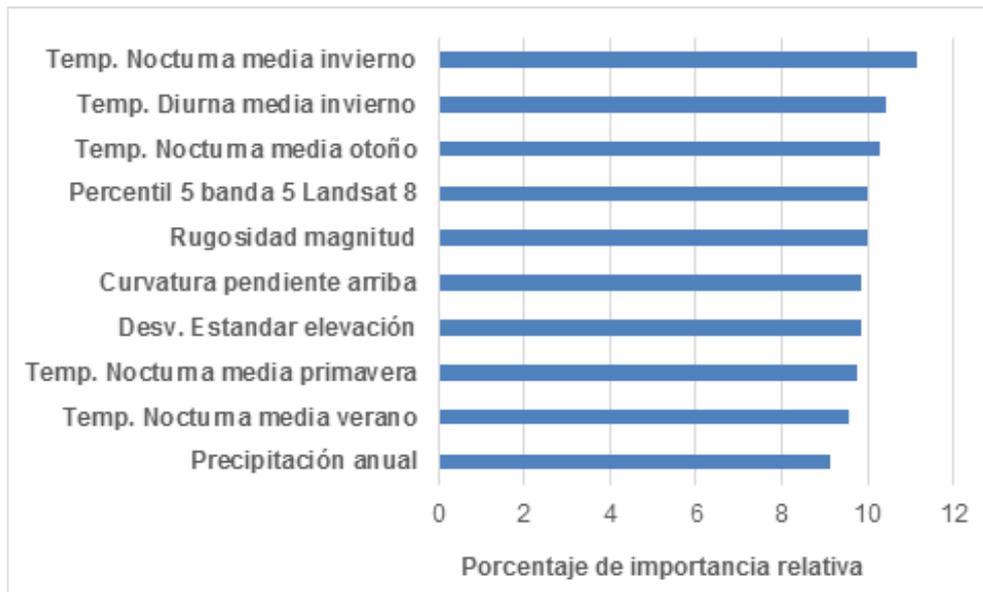


Figura 22. Importancia, en porcentaje relativo, de la contribución de las covariables utilizadas para predecir el contenido de C del suelo en la región de las Yungas.

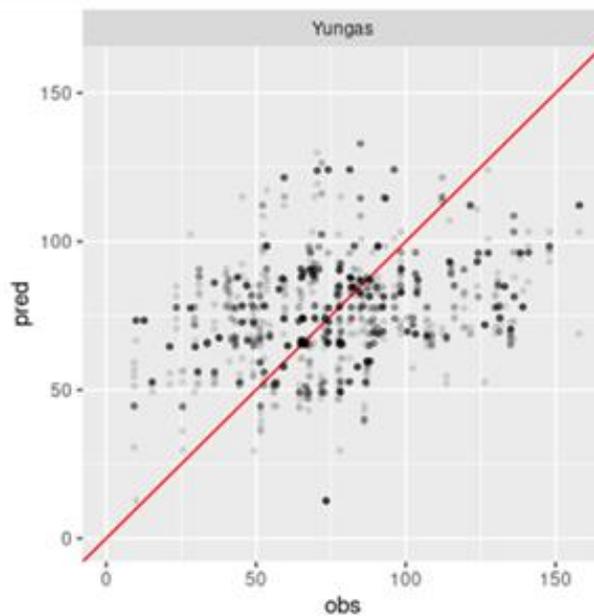


Figura 23. Valores observados versus predichos obtenidos a partir de la validación cruzada del modelo de la región de las Yungas. Valores en Mg C/ha.

El contenido total de carbono orgánico del suelo (COS) hasta la profundidad de 30 cm alcanzó los 240.325 Gg para toda la región de Yungas (Figura 24, Tabla 28). Del total estimado para toda la región, el 42% corresponde a la selva de transición. Desde el punto de vista del contenido de carbono por hectárea, los mayores valores se estimaron en el bosque montano (76,61 Mg/ha) y los menores corresponden a los bosques ribereños (Tabla 28).

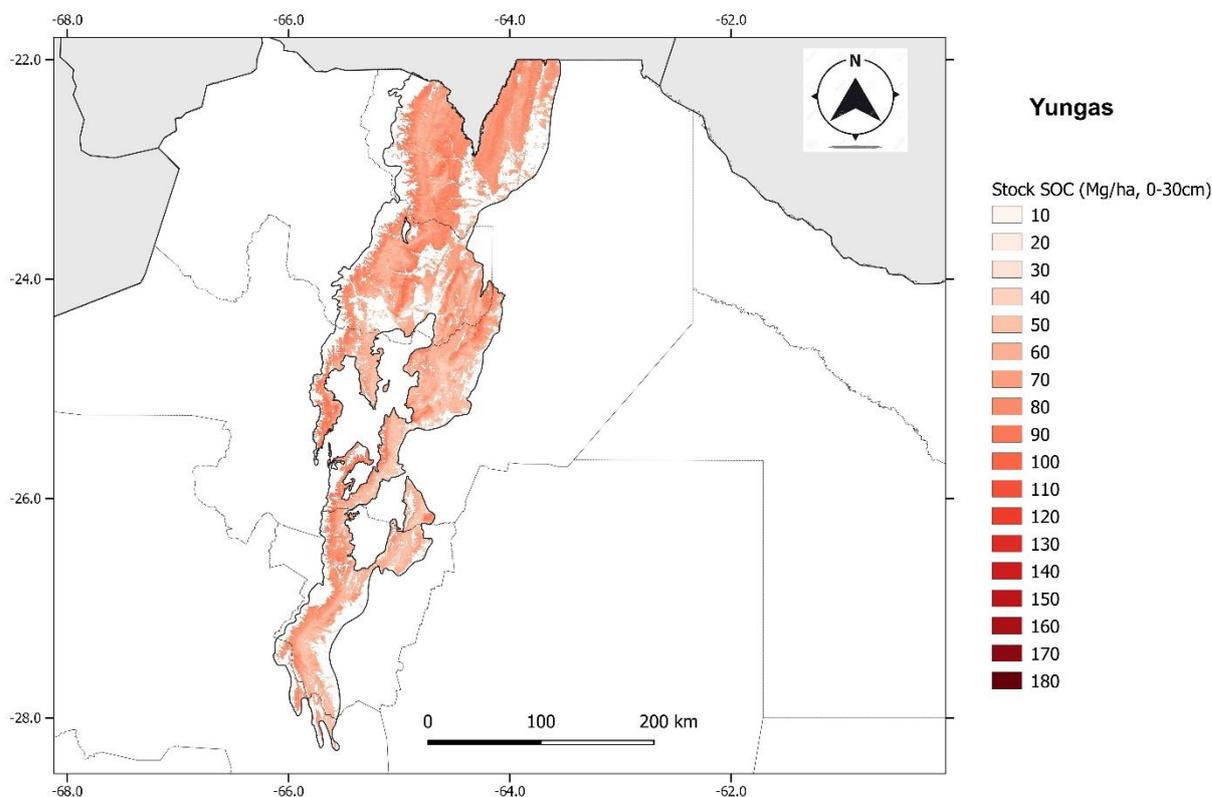


Figura 24. Mapa con promedios de los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) a 0-30 cm de profundidad de suelo para las Yungas.

Tabla 28. Promedios y valores totales del contenido de carbono orgánico del suelo (COS) a 0-30 cm de profundidad para las Yungas discriminado en Tierras Forestales (TF) con sus tipos forestales (bosque montano, selva de transición y selva montana) y otras Tierras Forestales (OTF). El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Tipo Forestal	Superficie (ha)	COS (Mg/ha)	COS total (Gg)
Bosque montano	733.857	76,61 \pm 9,45	56.221
Selva de transición	1.549.274	65,80 \pm 11,22	101.942
Selva montana	1.186.031	66,52 \pm 11,73	78.895
Bosque ribereño	71.695	45,57 \pm 13,93	3.267
Total Yungas	3.540.857	67,87 \pm 11,08	240.325

Para establecer una línea de base de referencia del contenido y concentración de COS en sitios con cambios de uso del suelo, se analizaron sitios con usos agrícolas en la selva pedemontana en el sector

norte de la distribución de Yungas, bajo las mismas condiciones ambientales, edáficas y topográficas, que permitan realizar una comparación directa de las diferencias del COS en función del uso del bosque y del suelo (Tabla 29). Dado que el bosque reemplazado para estos usos, fue selva pedemontana, como referencia se establecen valores correspondientes a este tipo forestal en sitios distantes a unos 30 a 50 km, bajo similares condiciones ambientales y altitudinales. De este modo para estos sitios de referencia se tienen valores de contenido de COS de **88,92** Mg ha⁻¹ y 2,82% de concentración de carbono orgánico, muy por encima a los indicados en usos agrícolas. Dentro del uso hortícola, lo principales cultivos son tomate, pimiento y berenjena, mientras que en el uso agrícola el principal cultivo es soja. De este modo, para el uso hortícola se obtuvo un valor de contenido de COS de 27,50 Mg ha⁻¹ y una concentración promedio de CO igual a 0,65%. En sitios de uso cañero, se registraron valores medios de COS de 30,16 Mg ha⁻¹ y 0,87% de concentración. Para un único sitio de uso agrícola (granos), se tuvo un contenido de COS de 29,03 Mg ha⁻¹ y 0,59% de concentración. Los resultados muestran pérdidas en el contenido de carbono del suelo de 66-69% y de concentración de carbono de 69-79% respecto a los valores de referencia de la selva pedemontana.

Tabla 29. Promedios de contenido y concentración de carbono orgánico del suelo (COS) en uso de Reemplazo y bosque de referencia, a 0-30 cm de profundidad de suelo. El símbolo ± indica el desvío estándar de cada promedio.

Subregión forestal	Uso de reemplazo	Diferencia en los contenidos de COS (%)	Contenidos de COS (Mg ha ⁻¹)	Diferencia en la Concentración de CO (%)
Selva Pedemontana	Hortícola	-69,07 ± 28,63	27,50 ± 11,4	-76,95 ± 34,45
Selva Pedemontana	Caña de Azúcar	-66,08 ± 21,09	30,16 ± 9,63	-69,15 ± 22,65
Selva Pedemontana	Agricultura	-67,35	29,03	-79,07

Región Bosque andino Patagónico

El modelo de predicción de C ajustado para la región del Bosque Andino Patagónico incluyó 10 covariables, de las cuales las que tuvieron mayor importancia fueron: la rugosidad del terreno, balance hídrico y la temperatura media anual (Figura 25). En la figura 26 se muestra el resultado de la validación del modelo mediante la relación de datos observados versus predichos. Los valores de RMSE, CCC, y MAE fueron de 37,55 MgC/ha, 0,23 y 27,27 MgC/ha, respectivamente.

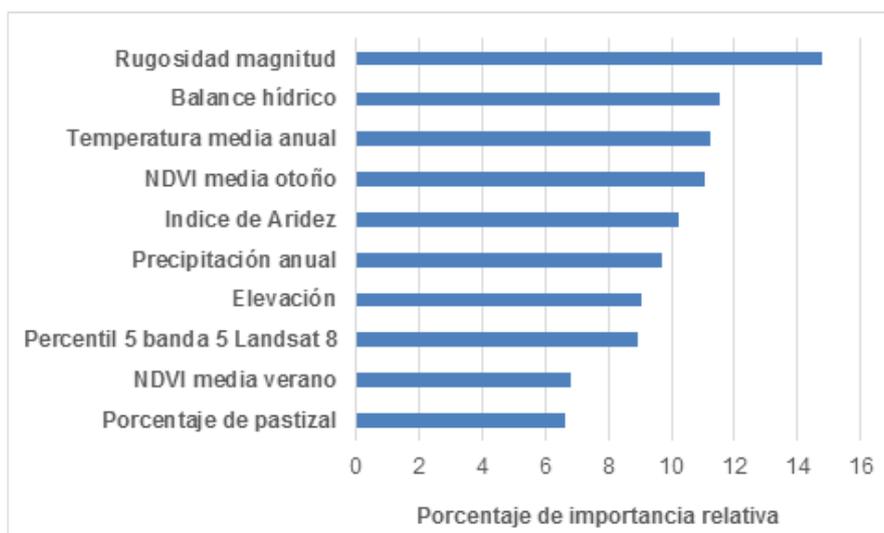


Figura 25. Importancia, en porcentaje relativo, de la contribución de las covariables utilizadas para predecir el contenido de C del suelo en la región del Bosque Andino Patagónico.

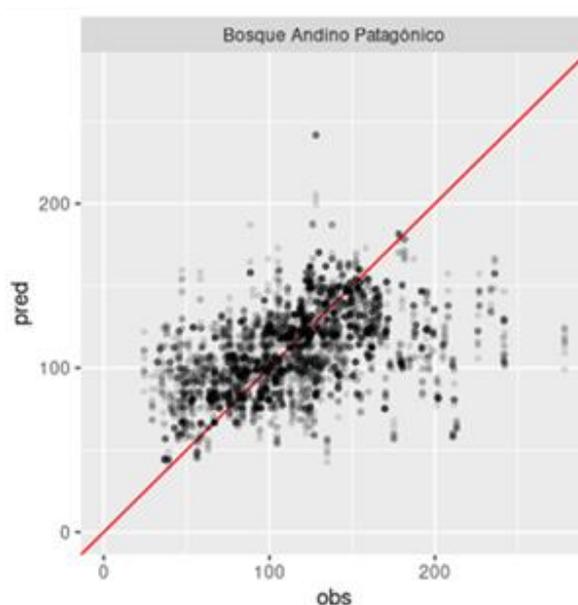


Figura 26. Valores observados versus predichos obtenidos a partir de la validación cruzada del modelo de la región del Bosque Andino Patagónico. Valores en Mg C/ha.

El COS en la región del bosque andino-patagónico alcanzó los 384.486 Gg (Figura 27, Tabla 30). Del total estimado para toda la región, el 47 % corresponde a bosques de lenga y el 26% a los bosques de ñire. Considerando el contenido de carbono por hectárea, el promedio de los bosques de la región fue de 118,63 Mg/ha, con los mayores valores se estimaron en bosque de Ciprés de las Guaitecas (153,85 Mg/ha) y los menores corresponden a los bosques de Maitén (105,19 Mg/ha) (Tabla 30).

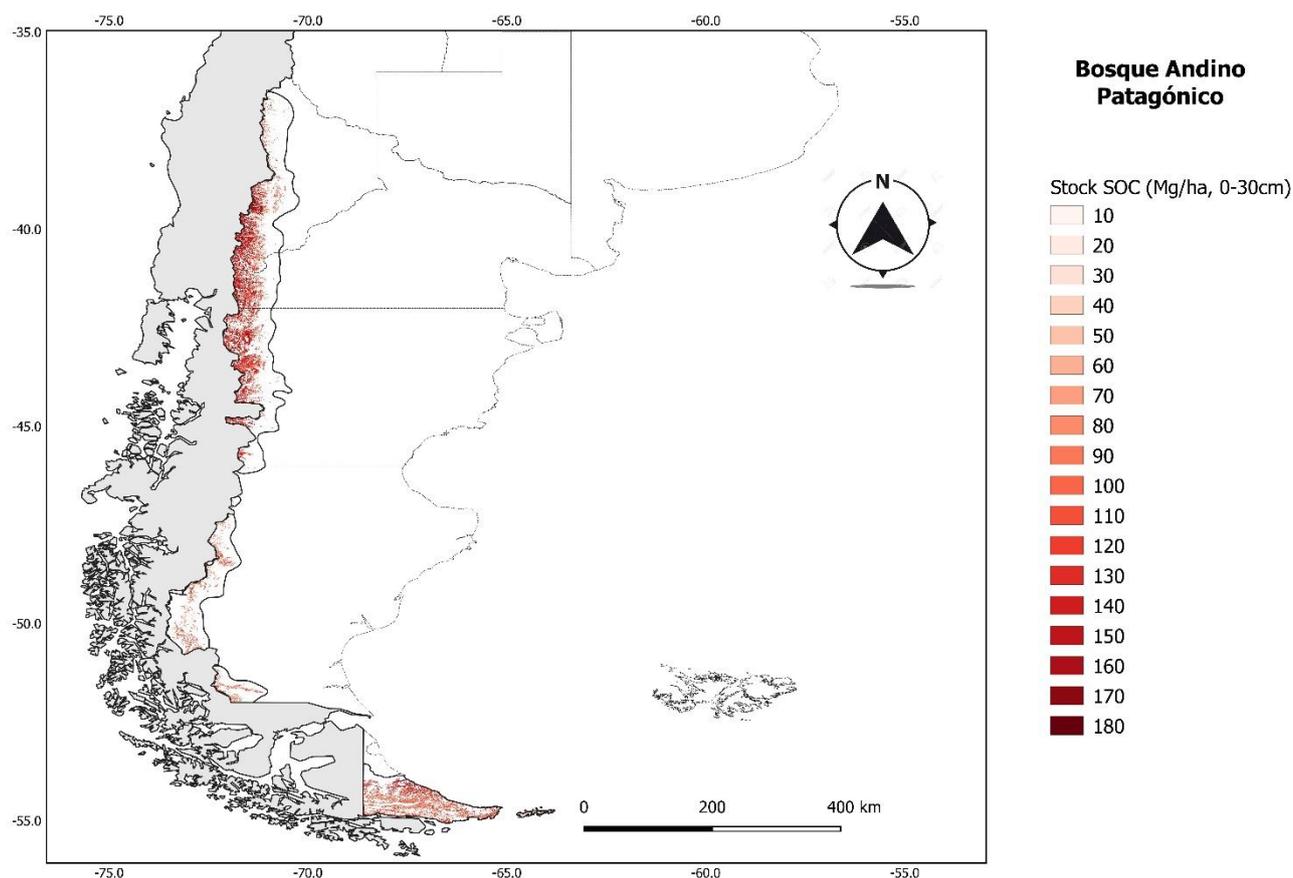


Figura 27. Mapa con promedios de los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) a 0-30 cm de profundidad de suelo para los Bosques Andinos Patagónicos.

Tabla 30. Promedios y valores totales del contenido de carbono orgánico del suelo (COS) a 0-30 cm de profundidad para los principales tipos forestales del Bosques Andinos Patagónicos. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Tipo Forestal	Superficie (ha)	COS (Mg/ha)	COS total (Gg)
Bosque de Lengua	1.579.654	114,39 \pm 24,98	180.697
Bosque de Ñire	851.762	118,29 \pm 16,53	100.755
Bosque de Coihue	237.087	143,34 \pm 14,78	33.984
Bosque Mixto	161.042	131,10 \pm 21,31	21.113
Bosque de Guindo	128.324	116,08 \pm 9,93	14.896
Bosque de Ciprés	92.895	113,18 \pm 17,27	10.514
Bosque de Araucaria	53.400	113,68 \pm 24,48	6.071
Bosque de Roble Pellín	13.253	126,86 \pm 16,18	1.681
Bosque de Raulí	5.049	144,67 \pm 13,75	730
Bosque de Maitén	2.975	105,19 \pm 5,44	313
Bosque de Radal	1.334	125,25 \pm 15,88	167
Bosque de Alerce	803	137,80 \pm 14,93	111
Bosque de Mirtáceas	301	116,80 \pm 12,18	35
Bosque de Ciprés de las Guaitecas	65	153,85 \pm 1,33	10
Matorral Mixto	106.648	118,85 \pm 21,07	12.675
Bosque de Chacay	6.404	114,74 \pm 14,41	735
Total BAP	3.240.996	118,63 \pm 20,78	384.486

También se comparó la concentración de C y el COS del suelo entre bosques de densidad completa primarios de lenga y ñire (bosque de referencia) y los reemplazos o degradación (Tabla 31). Los resultados muestran pérdidas en el contenido de carbono del suelo entre 7 y 10 % y de concentración de carbono entre 41 y 44 % respecto a los valores de los bosques de referencia. La mayor pérdida de concentración de carbono respecto al COS, indicaría que el cambio de usos de suelo de bosque de lenga y ñire a pastizales estuvo acompañado con aumentos en la densidad aparente debido probablemente a la pérdida de aportes de hojarasca y consecuentemente de materia orgánica.

Tabla 31. Promedios de contenido y concentración de carbono orgánico del suelo (COS) en uso de Reemplazo y bosque de referencia, a 0-30 cm de profundidad de suelo. El símbolo \pm indica el desvío estándar de cada promedio.

Tipo de Bosque	Uso de reemplazo	Diferencia en los contenidos de COS (%)	Contenidos de COS (Mg ha ⁻¹)	Diferencia en la Concentración de CO (%)
1.2. Bosque de ñire	Pastizal natural enriquecido o muy degradado > 20 años	-9,4 \pm 1,83	124,4 \pm 24,3	-41,7 \pm 17,5
1.1. Bosque de lenga	Pastizal natural enriquecido o muy degradado > 20 años	- 7,8 \pm 1.41	85,7 \pm 15,6	-44,4 \pm 23,7

Contenido de carbono de suelo según Ordenamiento Territorial del Bosque Nativo (OTBN)

En la Tabla 32 presentan los valores medios de contenido medio de carbono orgánico del suelo (COS) a una profundidad de 0-30 cm (Mg C/ha) y contenido de carbono total por región forestal del país discriminado por las categorías del Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN) y superficies de bosques sin categorizar. Para esto se cruzaron los mapas de COS de las regiones forestales con los mapas de categorías de OTBN provinciales (categoría I: rojo, categoría II: amarillo y categoría III: verde).

Mientras que los mayores valores medios de COS por hectárea se encontraron en la categoría verde para el Parque Chaqueño, la región del Monte y el Bosque Andino Patagónico, en el Espinal se estimaron los mayores valores en la categoría rojo y en la categoría amarilla para la Selva Paranaense y Yungas (Tabla 32).

Tabla 32. Valores medios de contenido medio de carbono orgánico del suelo (COS) a una profundidad de 0-30 cm (Mg C/ha) y contenido de carbono total por región forestal del país (Gs) discriminado por las categorías del Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN) y superficies de bosques sin categorizar.

Categoría OTBN	Variable	Parque chaqueño	Bosque Andino Patagónico	Espinal	Selva Paranaense	Monte	Yungas
	Superficie (ha)	4.503.959	1.158.208	921.038	227.992	72.340	1.100.672
I	COS medio (Mg C/ha)	43,92	115,32	63,73	80,57	35,96	67,18
	COS total (Gg)	197.814	133.565	58.698	18.369	2.601	73.943
	Superficie (ha)	14.121.474	1.505.836	2.863.600	660.235	382.576	2.225.873
III	COS medio (Mg C/ha)	41,66	114,09	44,58	85,43	32,65	68,31
	COS total (Gg)	588.301	171.801	127.659	56.404	1.2491	152.049
	Superficie (ha)	5.324.996	4.3847	1.514.736	156.605	20.302	156.172
III	COS medio (Mg C/ha)	50,64	120,77	50,44	77,4	37,71	59
	COS total (Gg)	269.658	52.95	76.403	12.121	766	9.289
	Superficie (ha)	5.819.272	853.642	570.928	163.483	271.137	9.2236
Sin categorizar	COS medio (Mg C/ha)	39,53	128,62	48,12	77,68	33,85	75,49
	COS total (Gg)	230.036	109.795	27.473	12.699	9.178	6.963

Del contenido total de COS para los bosques nativos del país (2.363.372 Gg), la mayoría (47%) se encuentra en categoría amarillo y solo el 20% en categoría roja (Figura 28). Cabe destacar que alrededor de 373.530 Gg de carbono del suelo (16%) están en categoría verde (sujetas a cambio de uso del suelo) y 396.144 Gg en bosques sin categorizar (17%).

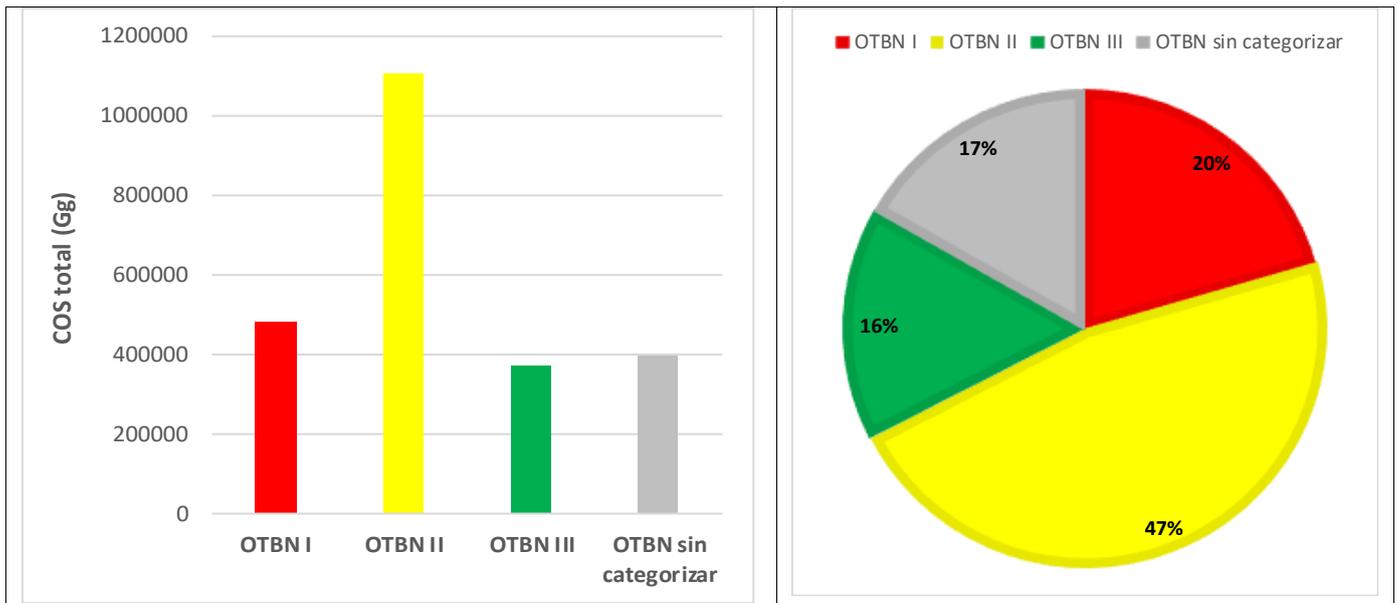


Figura 28. Valores totales y distribución porcentual de contenido de carbono orgánico del suelo (COS) a una profundidad de 0-30 cm de los bosques nativos de Argentina, discriminado por las categorías del Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN) y superficies de bosques sin categorizar.

Referencias

- Meinshausen, N. and Ridgeway, G., 2006. Quantile regression forests. *Journal of Machine Learning Research*, 7(6).
- Vaysse, K. and Lagacherie, P., 2017. Using quantile regression forest to estimate uncertainty of digital soil mapping products. *Geoderma*, 291: 55-64.
- Wadoux, A.M.C., Padarian, J. and Minasny, B., 2019. Multi-source data integration for soil mapping using deep learning. *Soil* 5(1): 107-119.

Cita:

PERI P.L.; GAITÁN J.; MASTRANGELO M.; NOSETTO M.; VILLAGRA P.E.; BALDUCCI E.; PINAZO M.; ECLESIA R.P.; VON WALLIS A.; VILLARINO S., GONZALEZ POLO M.; MANRIQUE S.; MEGLIOLI P.A.; FERNÁNDEZ P.; ARAVENA M.C.; TENTI L.; MÓNACO M.; CHAVES J.E.; MEDINA A.; GASPARRI I.; BARRAL M.P.; VON MÜLLER A.; PAHR N.M.; MORSUCCI M.; CELLINI J.M.; ALVAREZ L.; COLOMB H.; LA MANNA L.; BARBARO S.; BLUNDO C.; SIRIMARCO X.; ZALAZAR G.; KOWALJOW E.; MARTINEZ PASTUR G. (2021). *Reporte Nacional: Carbono almacenado en suelos en los bosques nativos de diferentes ecorregiones del país. Proyecto de Apoyo para la Preparación de REDD + en el marco del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques. Dirección de Bosques del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS), 67 pp.*