

Protocolo de muestreo de suelos para el mapeo de las reservas de carbono orgánico del suelo

Mesa de trabajo.
Iniciativa de los Programas de
Recursos Naturales y Gestión Ambiental y
Forestales y del Centro de Investigaciones
en Recursos Naturales del Instituto
Nacional de Tecnología Agropecuaria.



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía
Argentina

Autores

Compiladores

Ana Beatriz Wingeyer (EEA Paraná), Francisco Murray (EEA San Luis), María Paula Barral (EEA Balcarce), Alicia Irizar (EEA Pergamino), Juan José Gaitán (Universidad Nacional de Luján)

Participantes

Adrian Enrique Andriulo	E.E.A. Pergamino
Adriana Beider	E.E.A. Chubut
Adriana Del Valle Ruiz	Centro Regional Tucumán-Santiago del Estero
Alberto Malmantile	E.E.A. Oliveros
Alberto Raul Quiroga	E.E.A. Anguil
Alejandra Canale	E.E.A. Marcos Juárez
Alejandro Fabian Bassanetti	A.E.R. Benito Juarez
Alejandro Oscar Costantini	Instituto de Suelos
Alicia Beatriz Cordoba	E.E.A. Santiago del estero
Alicia Roxana Sancho	E.E.A. La Rioja
Andrea Cardozo	A.E.R. El Bolsón
Andrea Enriquez	E.E.A. Bariloche
Aristobulo Rizo	A.E.R. Tinogasta
Astor Emilio Lopez	E.E.A. Saenz Peña
Augusto Exequiel Bellanich	E.E.A. Catamarca
Axel Von Muller	E.E.A. Esquel
Carla Tamara Cepeda	E.E.A. Santa Cruz
Carlos Calcaterra	E.E.A. Pergamino
Carlos Javier Navarro	E.E.A. Marcos Juarez
Carlos Sebastián López Morillo	E.E.A. Salta
Carolina Alvarez	E.E.A. Manfredi
Carolina Fernandez Lopez	E.E.A. Corrientes
Cecilia Alejandra Caruso	E.E.A. Oliveros
Cecilia Inés Contreras	A.E.R. Arrecifes
Clara Maria Fariña	E.E.A. Bariloche
Claudio Arnoldo Alvarez	E.E.A. El Colorado
Cristina Del Carmen Morales	E.E.A. Famaillá
Daiana Sainz	Instituto de Suelos
Daniel Di Benedetto	E.E.A. Marcos Juarez
Daniel Nicolas Arroyo	E.E.A. San Luis
Daniela Echevarria	E.E.A. Anguil
Daniela Karina Zelaya	E.E.A. Balcarce
Dardo Ruben Lopez	E.E.A. Manfredi
Dario Jesus Recalde	E.E.A. Chilecito
Deivid Joan Alvarez Cortes	E.E.A. Quimilí
Diego Daniel Ybarra	E.E.A. Corrientes
Diego De Abelleyra	Instituto de Clima y Agua
Diego Gabriel Salas	A.E.R. Añatuya
Diego Ivan Pereyra	E.E.A. La Rioja
Ditmar Bernardo Kurtz	E.E.A. Corrientes
Domingo Alberto Sosa	E.E.A. Cerro Azul
Domingo Garay	E.E.A. La Rioja
Donaldo Eduardo Bran	E.E.A. Bariloche

Edgardo Aldo Alberto Leonhardt	A.E.R. Pampa del Infierno
Elías Francisco Brest	E.E.A. Saenz Peña
Emilce Viruel	Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido
Emmanuel Adrian Gabioud	E.E.A. Paraná
Emmanuel Tomanek	E.E.A. Ing. Juárez
Enzo Fabian Caballero	E.E.A. Sáenz Peña
Erica Alejandra Casasola Farre	E.E.A. Oliveros
Ernesto Martin Pelliza	E.E.A. La Rioja
Ezequiel Balducci	E.E.A. Yuto
Fabian Geronimo Tejerina Diaz	E.E.A. Salta
Fabio Daniel Trinco	E.E.A. Bariloche
Federico Sebastian Labarthe	A.E.R. Tornquist
Fernando Raffo	E.E.A. Bariloche
Fernando Ramon Nenning	A.E.R. Formosa
Fernando Salvagiotti	E.E.A. Oliveros
Fernando Termachuka	E.E.A. Cerro Azul
Flavio César Speranza	E.E.A. Yuto
Flora Elizabeth Cespedes Flores	E.E.A. Colonia Benitez
Florencia Soledad Saracco	E.E.A. Santiago del Estero
Francisco Rodrigo Tizon	A.E.R. Bahia Blanca
Franco Daniel Frolla	A.E.R. Bahia Blanca
Gabriel Esteba Oliva	E.E.A. Santa Cruz
Gabriel Olmedo	E.E.A. Valle Inferior del Río Negro
Gabriela Alejandra Barraza	E.E.A. Santiago del Estero
Gaby Quagliariello	E.E.A. Junín
German Cariac	E.E.A. Valle Inferior del Río Negro
Guillermo Carlos Garcia Martinez	E.E.A. Esquel
Gustavo Carlos Davila Cruz	E.E.A. Chilecito
Gustavo Gabriel Buono	E.E.A. Chubut
Hector Alfredo Sanchez	E.E.A. Famaillá
Hector Antonio Sosa	A.E.R. Aguilares
Hernán Pablo Angelini	E.E.A. Balcarce
Ignacio Besteiro	A.E.R. Lobería
Ileana Frasier	E.E.A. Anguil
Ingrid Patricia Monaco	E.E.A. Colonia Benitez
Ivana Clich	E.E.A. Chubut
Javier Anibal Reinaldi	E.E.A. Quimilí
Joaquin Dante Pueyo	E.E.A. El Colorado
Joaquín Mario Ortiz	E.E.A. Famaillá
Jorge Chalco Vera	E.E.A. Salta
Jose Emilio Carrizo	E.E.A. Chilecito
Jose Norberto Volante	Inst. de Investigación y Desa. Tecn. p/ Agr.Fam. Reg. Noa
Jose Peiretti	E.E.A. Salta
Jose Vargas	E.E.A. Saenz Peña
Juan Cruz Colazo	E.E.A. San Luis
Juan Francisco Becerra	Instituto de Suelos
Juan Jose Joos	E.E.A. Saenz Peña
Juan María Erreguerena	E.E.A. Balcarce
Juan Martin Enrico	E.E.A. Oliveros
Juan Pablo Diez	E.E.A. Bariloche
Juana Maria Lopez	E.E.A. Santiago del Estero
Julia Ester Capurro	E.E.A. Oliveros
Julieta Mariana Rojas	E.E.A. Sáenz Peña
Laura Califano	E.E.A. Salta
Laura Ines Mas	E.E.A. Quimilí
Leticia Soledad Garcia	E.E.A. Pergamino
Lisandro Javier Blanco	E.E.A. La Rioja
Lucas Damian Diaz	E.E.A. Chubut
Lucas Martin Moretti	E.E.A. Cerro Azul
Lucas Ramiro Butti	A.E.R. Guatraché
Luciana Martinez Calsina	E.E.A. Famaillá

Lucrecia Noemi Brutti	Instituto de Suelos
Luis Agustín Lanzavecchia	E.E.A. Balcarce
Luis Antonio Milesi Delaye	E.E.A. Pergamino
Luis Gandara	E.E.A. Corrientes
Mabel Elizabeth Amarilla	E.E.A. El Colorado
Manuel Carlos Ferrari	E.E.A. Pergamino
Manuel Rodolfo Demaria	E.E.A. San Luis
Marcela Maria Rudelli	UEyEA Valles Calchaquíes
Marcelo Germa Wilson	E.E.A. Paraná
Marcelo Javier Beltran	Instituto de Suelos
Maria Celia Vittar	E.E.A. Santiago del Estero
Maria Cristina Sanchez	E.E.A. Santiago del Estero
Maria De Los Angeles Quinteros	E.E.A. Famaillá
Maria Eugenia de Bustos	E.E.A. Catamarca
María Fabiana Navarro De Rau	Instituto de Suelos
Maria Florencia Roldan	E.E.A. Sáenz Peña
Maria Isabel Nieto	E.E.A. Catamarca
María José Pizarro	A.E.R. Tornquist
Maria Mercedes Pereira	E.E.A. Corrientes
Maria Victoria Benedetto	E.E.A. Oliveros
María Victoria Cremona	E.E.A. Bariloche
Mariana Quiroga Mendiola	IPAF NOA
Marianela Sabrina De Emilio	A.E.R. Las Rosas
Marino Marcelo Puricelli	E.E.A. Balcarce
Martin Maria Romano Norri	UEyEA Valles Calchaquíes
Maximiliano Joaquín Eiza	E.E.A. Balcarce
Miguel Alberto Andrade	E.E.A. Santa Cruz
Miguel Taboada	Instituto de Suelos
Miriam Raquel Barraco	E.E.A. General Villegas
Monica Fabiola Boccolini	E.E.A. Marcos Juárez
Nanci Kloster	E.E.A. Anguil
Natalia G Fracassi	E.E.A. Delta
Natalia Paola Mansilla	Dirección de Suelo y Agua Rural, Ministerio de Producción, Industria y Empleo -Provincia de Chaco)
Natalia Romina Banegas	Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido
Nicolas Boris Varlamoff	E.E.A. Salta
Pablo Eduardo Benedetti	E.E.A. Famaillá
Pablo Enrique Demin	E.E.A. Catamarca
Pablo Laclau	A.E.R. San Martin de los Andes
Pablo Peri	E.E.A. Santa Cruz
Paola Patricia Vargas	E.E.A. Santa Cruz
Patricia Fa Carfagno	Instituto de Suelos
Paula Barral	E.E.A. Balcarce
Paula Natalia Paredes	E.E.A. Santa Cruz
Pedro Manuel Errecart	E.E.A. Balcarce
Raul Emiliano Quiroga	E.E.A. Catamarca
Raul Lertora	E.E.A. Saenz Peña
Raul Moreno	E.E.A. Famaillá
Reyes David Cortez	E.E.A. La Rioja
Ricardo Pagani	E.E.A. Oliveros
Rodolfo Bongiovanni	E.E.A. Manfredi
Rodrigo Héctor Ezequiel Borioni	UEyEA Valles Calchaquíes
Rodrigo Jose Ahumada	E.E.A. Catamarca
Roger Juan Quiroga	Inst. de Investigación y Desa. Tecn. p/ Agr.Fam. Reg. Noa
Romina Ingrid Romaniuk	Instituto de Suelos
Roxana Paola Ecclesia	E.E.A. Paraná
Roxana Ramona Ledesma	E.E.A. Santiago del Estero
Ruben Darío Coria	E.E.A. Santiago del Estero
Sandra Cristina Perucca	E.E.A. Corrientes
Santiago Agustín Varela	A.E.R. Bandera
Santiago Banchemo	Instituto de Clima y Agua

Santiago Javier Behr	E.E.A. Chubut
Santiago Rigo	Instituto de Suelos
Santiago Veron	Instituto de Clima y Agua
Sebastián Andrés Muñoz	A.E.R. Rio Cuarto
Sebastian Ernesto Barbaro	E.E.A. Cerro Azul
Sebastian Miguel Kees	E.E.A. Saenz Peña
Sebastian Mora	E.E.A. Rama Caída
Sebastián Omar Valiente	A.E.R. San Cristobal
Sebastián Villarino	E.E.A. Balcarce
Sergio Roldán Bernhard	E.E.A. Santiago del Estero
Silvia Albarracin Franco	E.E.A. Cerro Azul
Silvia Yanina Goytia	E.E.A. Sáenz Peña
Silvina Bacigaluppo	E.E.A. Oliveros
Silvina Beatriz Restovich	E.E.A. Pergamino
Sonia Alvarez Ocampo	E.E.A. Catamarca
Tania Soledad Rey Montoya	E.E.A. Corrientes
Tomas Anibal Vera	Inst. de Investigación y Desa. Tecn. p/ Agr.Fam. Reg. Noa
Ursula Ingrid Wolf Celone	E.E.A. Quimilí
Vanina Rosa Noemi Cosentino	Instituto de Suelos
Veronica Rusch	E.E.A. Bariloche
Victor Del Carmen Navarrete	E.E.A. Santiago del Estero
Victoria Royo	Inst. de Investigación y Desa. Tecn. p/ Agr.Fam. Reg. Noa
Virginia Massara Paletto	CR Patagonia Sur
Virginia Velasco	A.E.R. Jacobacci
Viviana Carolina Gregorutti	E.E.A. Paraná
Walter Damian Aguero	E.E.A. La Rioja
Walter Javier Opazo	E.E.A. Esquel

ÍNDICE

Introducción	8
Protocolo para la toma de muestras de suelo	9
Bibliografía	15
Anexo	17
Planilla para el relevamiento de información complementaria ...	18
Uso de la tierra y cobertura	23

Introducción

Evaluar la tendencia de las reservas de carbono orgánico del suelo (COS) de las tierras a escala local, regional y nacional requiere de una red de sitios donde periódicamente y a largo plazo se releven los cambios en los contenidos de COS y la densidad aparente del suelo, la masa de suelo por unidad de volumen, de forma consistente. Asimismo, dicha red puede generar otros indicadores que permitan monitorear los progresos del país en relación con la iniciativa internacional Neutralidad en la Degradación de las Tierras como también indicadores relevantes para la toma de decisiones relacionadas con la gestión sustentable del territorio.

El INTA propuso, dentro de los protocolos básicos comunes, una metodología de medición de carbono orgánico del suelo para ser implementada en sitios de monitoreo y ensayo a campo (Andriulo *et al.*, 2017). A su vez, el INTA, integrante del Observatorio Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación (ONDTyD), sistema en donde se consensúan los protocolos para el monitoreo de la calidad de suelo y el estado de erosión (www.desertificacion.gob.ar), impulsó el sistema de Monitoreo Ambiental para Regiones Áridas y Semiáridas (Oliva *et al.*, 2010). Además, para la actualización del mapa de las reservas de carbono 2023 (Gaitán *et al.*, 2023), se trabajó en el consenso de dichas metodologías para diferentes situaciones de uso y manejo de tierras. Esto permitió unificar los protocolos de muestreo para realizar el reporte de las reservas nacionales de COS en t C/ha a una profundidad de 0-30 cm de acuerdo con los requerimientos del IPCC (2006).

Protocolo para la toma de muestras de suelo

Objetivo: tomar una muestra representativa de suelo que permita estimar la reserva de COS a escala provincial, regional y nacional.

Materiales para ir al campo

Tabla 1. Materiales para ir al campo.

Materiales y herramientas	Utilidad
Mapa, imagen, foto	Para marcar aspectos particulares de las unidades de muestreo.
GPS	Para georreferenciar el punto de muestreo.
Planilla (ver Anexo)	Para registro de datos complementarios.
Barreno recto/ calador/pala	Para tomar la muestra. El barreno recto o calador al igual que la pala permiten evitar la mezcla de suelo provenientes de diferentes profundidades.
Recipientes (baldes)	Para homogeneizar las submuestras, llevar 2, uno por cada profundidad.
Cilindros	Para determinar densidad aparente del suelo.
Pala-espátula-cuchillo	Para extraer el cilindro y enrasarlo.
Cinta métrica-regla graduada	Para controlar la profundidad de muestreo.
Bolsas plásticas limpias, sin uso previo	Para contener la muestra formada.
Etiquetas, lápiz, marcadores con tinta indeleble	Para identificar la muestra, completar la planilla.
Cámara de fotos	Para registrar el estado de la vegetación.

Selección de los sitios de monitoreo

La información colectada en cada sitio de monitoreo será insumo para metodologías de mapeo digital de suelos a escalas que exceden los límites del lote, potrero y cuadro. En la actualización 2023 del mapa de carbono de Argentina, la densidad promedio de datos de suelos fue de 1,47 sitios por 1.000 km². La selección del sitio de monitoreo para este fin representa entonces una etapa crítica que debe consultarse con especialistas para asegurar la representatividad del sitio.

Para la instalación de los sitios de monitoreo se seleccionarán establecimientos agropecuarios que tengan superficie de pastizales naturales, tierras agropecuarias o bosques nativos. Se definirá donde se instalará el sitio de monitoreo con base en cartografía local de topografía, tipos de suelos, uso de suelos y estado de vegetación (imágenes satelitales). En cada establecimiento se realizará una entrevista con el responsable del manejo del campo (administrador, propietario o encargado) para seleccionar cuadros o lotes con uso “característico”. No se deben incluir en el monitoreo situaciones de uso atípico.

En el caso de vegetación nativa, el sitio de muestreo debe estar instalado en un sector uniforme de la comunidad vegetal dominante dentro del lote/cuadro seleccionado. Si hay manejo ganadero, con una única fuente de agua se deben evaluar 2 parcelas: una cercana a la aguada y la otra en la zona más alejada. Esto permitirá monitorear los cambios en áreas con diferente presión de pastoreo.

Una vez en el cuadro/lote ubicar el sitio de muestreo alejado (~100 m) del alambrado o límite del lote para evitar efectos de borde. Asimismo, evitar ubicar el sitio de muestreo en áreas poco representativas del paisaje: depresiones, cubetas, bajos, caminos de animales, etc.

Colección de muestras de suelo y relevamiento de información complementaria

Una vez seleccionado el sitio de muestreo se deberán tomar sus coordenadas geográficas mediante GPS y registrarlas en las planillas de campo (ver Anexo). Es importante que las condiciones de muestreo de suelo coincidan con situaciones de humedad cercanas a capacidad de campo, donde el suelo no esté extremadamente seco, ni tan húmedo, ya que dependiendo de la textura la muestra se escurre, se amasa, o no se puede extraer. En caso de tierras de uso agrícola se recomienda realizar el muestreo luego de la cosecha, y distanciado de momentos de laboreo.

A partir del punto de las coordenadas geográficas se definirá el área de muestreo donde se colectarán las submuestras de suelo para generar 2 muestras compuestas de 1000 g correspondientes a las profundidades¹ de 0-10 cm y 10-30 cm y tres muestras para cada profundidad para determinar la densidad aparente.

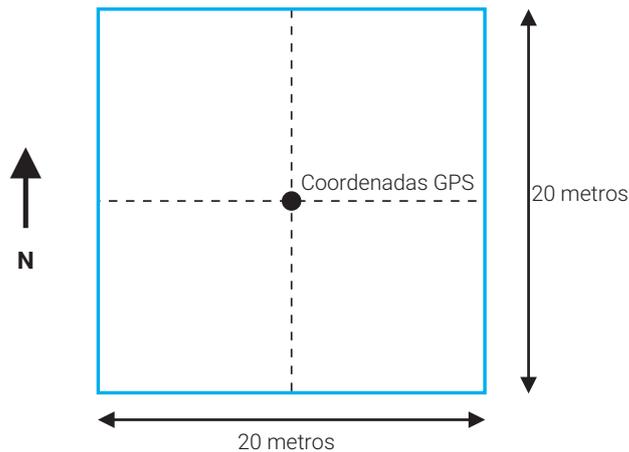
El área de muestreo responde a los intereses del mapeo digital de suelos y no al manejo de nutrientes de un lote. En las tierras agrícolas el área de muestreo se limita a 20 x 20 metros, con un diagrama en cruz para colectar las submuestras (Figura 1a), mientras que para pastizales se utiliza un área de 20 x 30 metros atravesada

¹ Es deseable poder continuar en profundidad el muestreo de suelo, tanto para la determinación de carbono como para la densidad aparente.

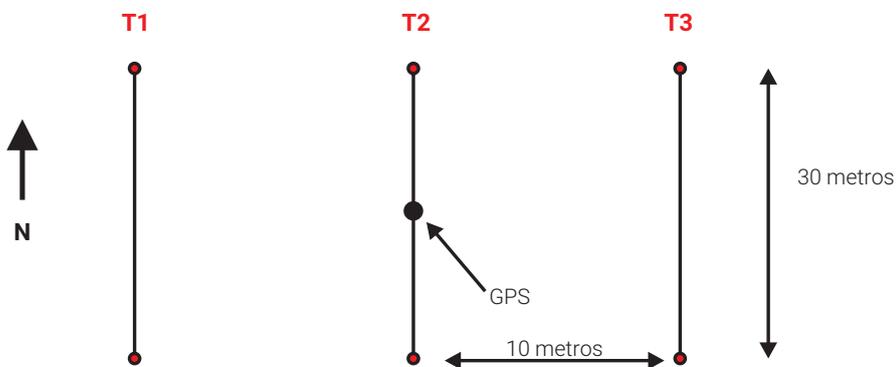
por 3 transectas con colecta de la submuestra a 1 metro del centro de cada una (Figura 1b). Para tierras con bosque nativo el área de muestreo es una transecta de 100 metros y 5 metros a cada lado, y donde se colectan las submuestras a lo largo de la transecta.

Figura 1. Áreas de muestreo por tipo de tierra.

a. Diagrama de muestreo en cruz para sitios agrícolas.



b. Diagrama de muestreo en tres transectas para pastizales.



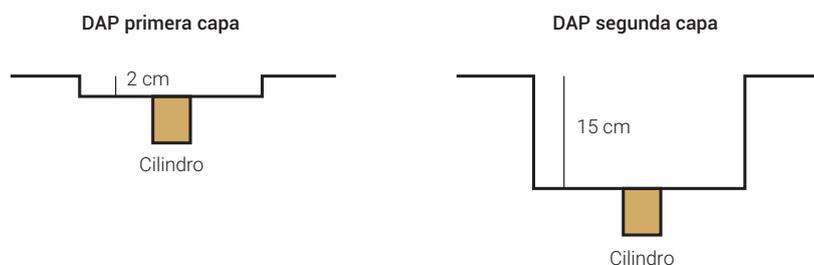
Antes de extraer la muestra, retirar la capa de mantillo/rastrojo que cubre el suelo a fin de evitar su contaminación. También retirar las partes aéreas de la vegetación. La presencia de horizontes orgánicos en superficie (suelos Histosoles) necesita un tratamiento adicional de cuantificación que no se aborda en este protocolo.

Si se utiliza un barreno cilíndrico/calador, se recomienda extraer hasta 30 cm de profundidad en cada pique y luego subdividir la submuestra de 0-10 cm y 10-30 cm. Dependiendo del diámetro del calador, pueden requerirse más submuestras para

asegurar la masa de suelo. Si se utiliza pala, iniciar un pozo de 30 cm de profundidad por cada submuestra, y de la pared previamente enrasada tomar una muestra limpia con la pala o cuchillo, de 0-10 cm y 10-30 cm. Utilizar la cinta métrica para separar las profundidades. Cuando se terminan de coleccionar las submuestras, se homogeniza el contenido de cada recipiente, se pone en una bolsa de polietileno cada muestra compuesta y se rotula. En el caso de impedimentos (por ejemplo, por presencia de piedra), se indica la profundidad efectivamente muestreada.

Para determinar la densidad aparente se utiliza el “Método del cilindro”, con un mínimo de tres repeticiones y para las mismas profundidades de 0-10 y 10-30 cm del muestreo. Se utilizan cilindros de 7 a 10 cm de altura y no menor a 5 cm de diámetro. Para la primera profundidad se quitan los primeros 2 cm de suelo antes de introducir el cilindro. Luego se remueve cuidadosamente evitando compactar su contenido, así como el suelo que está por debajo, se enrasa y se guarda para llevar al laboratorio. En caso de utilizar un único cilindro, luego del enrase, el suelo se extrae y se coloca en una bolsa de polietileno bien sellada y se rotula. Para la segunda profundidad, en caso de suelos homogéneos, se continúa el pozo hasta los 15 cm desde la superficie antes de introducir el cilindro y se procede igual que en la profundidad anterior (Figura 2). En caso de detectar contrastes morfológicos, tomar dos muestras, una a 10-20 cm, y luego otra a 20-30 cm. En caso de observar galerías de insectos, restos de palos, piedras o raíces muy gruesas dentro de la muestra, se debe desechar y repetir. Identificar cada muestra de acuerdo con el sitio, profundidad y número de repetición.

Figura 2. Muestreo de densidad aparente.



Procesamiento de las muestras

Al regresar del muestreo, las muestras coleccionadas para análisis de COS son secadas al aire (o en estufa sin superar los 40 °C), se remueve el material orgánico grueso como raíces y se pasan por un tamiz con malla de 2 mm. Luego se mantendrán en ambiente fresco, seco y oscuro hasta el análisis.

Las muestras de densidad aparente se secan en estufa a 105 °C hasta alcanzar peso constante. La densidad aparente se estima como el peso seco de la muestra (g) dividido el volumen del cilindro (cm³).

El análisis de COS se realiza en laboratorios seleccionados, mediante metodología de combustión húmeda (Walkey y Black, 1934) con los resultados expresados en contenido de carbono. En caso de contar con el equipamiento, los análisis de concentración de C se pueden realizar por el método de combustión seca. Con esta metodología, se debe cuantificar la presencia de carbonatos en la muestra.

Comentarios finales

El objetivo es tomar una muestra representativa de suelo que permita estimar la reserva de COS a escala provincial, regional y nacional. Toda la preparación y la planificación previa redundarán en un mejor muestreo, toma de datos confiable y eficiencia en el uso de los recursos.

Respecto a la planificación del sitio de muestreo, hay herramientas de cartografía digital (INTA DIGITAL GEO, Google Earth) que permiten mejorar la selección del sitio de muestreo previo a la visita a campo. Son minutos de gabinete que pueden representar horas en el campo.

Para situaciones particulares de suelos pedregosos o con gran cantidad de raíces y rizomas se necesitan realizar determinaciones de densidad aparente en mayor volumen de suelo, utilizando el método de la arena (Ref: Alicia Irizar EEA Pergamino) o contabilizando la biomasa de raíces (Ref: Ileana Frasier, Instituto de Suelos).

La visita a campo permite recolectar información útil de parámetros de la vegetación, usos del suelo y características de la superficie que permiten validar información del estado de erosión y condiciones de la vegetación. Esto es muy valioso para el reporte a iniciativas de neutralidad de la degradación de tierras y para complementar el mapa de COS.

Es importante decidir *a priori* el esquema de rotulado que se empleará. Son datos importantes el sitio, la profundidad, el tipo de uso y manejo de la tierra, y la fecha de muestreo. Es conveniente que la bolsa de polietileno, conteniendo la muestra compuesta, se coloque dentro de otra bolsa del mismo material. Entre las 2 bolsas se coloca una etiqueta (de manila escrita con lápiz) con la identificación de la muestra. Se sugiere utilizar la siguiente etiqueta:

Código:	Fecha:
Observador/es:	
Lat: __ ° __ ' __ ''	Long: __ ° __ ' __ ''
Profundidad:	N.º submuestras:

Las fotografías se usan para monitorear en forma cualitativa los cambios a nivel de paisaje. Para esto se obtienen desde puntos fijos y utilizando ópticas similares. En el Manual para la instalación y lectura de monitores MARAS. Monitoreo Ambiental para Regiones Áridas y Semiáridas (Oliva *et al.*, 2010), se encuentra información para su uso.

Bibliografía

Andriulo, A.E.; Basanta, M.; Galarza, C.M.; Lupi A.M.; Ostinelli, M.M.; Quiroga, A.R.; Sánchez, M.C. (2017). Carbono Orgánico Del Suelo. En: Santos, D.J.; Wilson, M.G.; Ostinelli, M.M (ed.). Metodología de muestreo de suelo y ensayos de campo: protocolos básicos comunes. 2.ª ed. Entre Ríos: Ediciones INTA. 10-20 pp. <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/2278>

Gaitán, J.J.; Acuña, F.; Agüero, W.; Álvarez, C.A.; Ballón, M.; Banegas, N.; Barraza, G.; Bassanetti, A.; Blanco, L.; Caballero, E.; Cavallero, M.I.; Céspedes, F.E.; Córdoba, A.; Cortez, D.; De Abelleira, D.; Fernández, H.; Flores, J.; Gándara, L.; Garay, D.; Gerlero, G.D.; Goytía, Y.; Guimarães Ferreira, L.; Kloster, N.; Kurtz, D.; Lara, J.; Ledesma, R.; Lértora, R.; Llorvandi, C.; López Morillo, C.; López, J.; Matorras, B.; Mónaco, I.P.; Moreno, R.; Mosciaro, M.J.; Murray, F.; Navarrete, V.; Nenning, F.; Oliveira-Santos, C.; Oviedo, E.; Peiretti, J.; Pelliza, E.; Peña, Y.P.; Pereira, M.M.; Pereyra, D.; Pérez, M.; Piedrasanta, R.; Pinto, J.J.; Pisano, P.; Pueyo, J.D.; Radrizzani, A.; Reinaldi, J.A.; Renaud, D.; Rojas, J.; Roldán, M.F.; Sánchez, H.; Saracco, F.; Sentana, A.; Sleiman, L.; Speranza, F.; Suarez, A.; Tejerina Díaz, F.G.; Tomanek, E.; Valiente, S.O.; Varlamoff, N.B.; Vera, H.D.; Verón, S.R.; Viana, A.; Vieira Mesquita, V.; Volante, J.N.; Wolf Celoné, U.I.; Ybarra, D.D. (2021). Informe Final Cartografía del estado de degradación de las pasturas del Gran Chaco Americano Convenio de Asistencia Técnica INTA-The Nature Conservancy. (No publicado).

Gaitán, J.J.; Wingeyer, A.B.; Peri, P.; Moavro, E.; Peralta, G.; Fritz, F.; Berhongaray, G.; Adema, E.; Albarracin, S.; Álvarez, C.; Álvarez Cortés, D.J.; Bacigaluppo, S.; Balducci, E.; Ballón, M.; Banegas, N.; Barbaro, S.; Barral, P.; Behr, S.J.; Beider, A.M.; Bellanich, A.; Benedetto, M.V.; Boccolini, M.; Borrelli, L.; Buono, G.G.; Butti, L.R.; Canale, A.; Capurro, J.E.; Casasola, E.; Castro, F.E.; Cepeda, C.; Cesa, A.; Céspedes Flores, F.; Colazzo, J.C.; Chalco Vera, J.; Chaparro, S.A.; Clich, I.A.; de Bustos, M.E.; Dure, J.L.; Ecclesia, P.; Eiza, M.; Enrico, J.M.; Erreguerena, J.; Fantozzi, A.; Fernandez López, C.; Ferrante, D.; Flores, J.; Gabioud, E.; Gándara, L.; Gerlero, G.D.; Giannini, A.P.; Goytía, S.Y.; Humano, G.; Irizar, A.; Iturralde, R.; Kehoe, E.; Kloster, N.; Kurtz, D.; Lara, J.; Lasagno, R.; López, A.; López Morillo, C.; Lupi, A.; Malmantile, A.; Martinefsky, M.J.; Mas, L.M.; Massara, P.V.; Mónaco, I.; Moretti, L.; Moreno, R.; Murray, F.; Oviedo, E.; Pagani, R.; Paredes, P.; Pereira, M.M.; Pinazo, M.; Dante Pueyo, J.; Radrizzani, A.; Reinaldi, J.A.; Restovich, S.; Rey Montoya, T.; Rojas, J.; Roldán, F.; Salas, D.G.; Salvagiotti, F.; Sánchez, H.; Sánchez, M.C.; Sello, E.; Sleiman, L.; Suarez, A.; Tenti Vuegen, L.M.; Tomanek, E.; Torres, V.; Valiente, S.; Viana, A.; Villarino, S.; Vivar, M.E.; Velasco, V.; Von Wallis, A.; Wilson, M.; Wolf Celoné, U.I.; Ybarra, D.; Enriquez, A.S.; Gatica, G.; Gaute, M.; Gyenge, J.; Mansilla,

N.P.; Martínez Pastur, G.; Mastrángelo, M.; Noretto, M.; Sandoval, M.; Villagra, P.; Gil, R.; Madias, A.; Accame, F.; Escobar, D.; Pascale, C.; Santillán, E.; Méndez, A.; Pérez Andrich, A.; Mercuri, P.; Sasal, M.C. (2023). Mapa de almacenamiento de C en los suelos de la República Argentina. Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID), Consorcio Regional de Experimentación Agrícola (CREA), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. En: Eggleston, H.S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tanabe, K. (eds.). Publicado por: IGES, Japón. (Disponible: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/> consultado: 16 de junio de 2023).

Levy, B.; Madden, E. (1933). The point method of pasture analysis. *New Zealand J. Agric.* 46: 267-279.

Oliva, G.E.; Gaitán, J.; Bran, D.; Nakamatsu, V.; Salomone, J.; Buono, G.; Escobar, J.; Frank, F.; Ferrante, D.; Humano, G.; Ciari, G.; Suarez, D.; Opazo, W.; Adema, E. (2010). Manual para la instalación y lectura de monitores MARAS. Monitoreo Ambiental para Regiones Áridas y Semiáridas. (Disponible: <https://inta.gob.ar/documentos/manual-para-la-instalacion-y-lectura-de-monitores-maras> consultado: 16 de junio de 2023).

Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (2019). Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos: manual de campo. (Disponible: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_de_campo_inbn2_0.pdf consultado: 16 de junio de 2023).

Walkley, A.; Black, I.A. (1934). An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.

ANEXO

Planilla para el relevamiento de información complementaria

Evaluación de indicadores visuales

Se realizará una evaluación visual de características del sitio (Planilla 1), atributos del perfil del suelo (primeros 30 cm) (Planilla 2) y síntomas de erosión (Planilla 3). Para ello se utilizarán planillas de campo adaptadas del Observatorio Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación (<http://www.desertificacion.gob.ar/sitios-piloto/informes-2012/informacion-biofisica/>).

Planilla 1. Características del sitio.

ID sitio:	Fecha:
Observador/es:	
Coordenadas Lat: __ ° __ ' __ " , __ '' Long: __ ° __ ' __ " , __ ''	

Cobertura: Observar un área de aprox. 20 metros a la redonda del punto de muestreo de suelo. Marcar con X.

	0 %	<5 %	5-15 %	15-40 %	40-80 %	>80 %
Afloramientos rocosos						
Frag. gruesos en superficie (>2 cm)						
Costras biológicas (musgos) líquenes)						
Costras físicas						
Eflorescencias salinas						
Mantillo / rastrojo						
Suelo desnudo						
Peligro anegamiento:	SÍ			NO		

Malezas	
	Cobertura*
Cobertura total de malezas:	
Especie	

* Se realizará una estimación visual de la cobertura de las especies de malezas. Se registrará como "r" si se encuentra un solo individuo de la especie, "+" si se observan pocos individuos aislados, rangos de porcentaje (1-5 %, 5-10 %, 10-20 %, 20-30 %, 30-40 %, etc.).

Planilla 2. Características del perfil del suelo.

ID sitio:		Fecha:									
Observador/es:											
Coordenadas		Lat: __ ° __ ' __ " Long: __ ° __ ' __ " "									
Extraer una palada de 30 cm de suelo y observar											
Textura al tacto: Franco		Fr limosa/limosa			Fr arenosa/arenosa			Fr arcillosa/arcillosa			
Prof. Horiz A (cm):											
Impedancia física (hasta 30 cm):		NO		Sí		Tipo (roca, tosca, duripan, etc.):					
Estructura:		Laminar		Granular		Bloques		Prismas		Columnar	
Masiva											
Tamaño agregados (cm):		<1		1-2		2-5		5-10		>10	
Porosidad visible:		Muy alta		Alta		Moderada		Baja		Muy baja	
Frag. gruesos perfil:		NO		Sí							
Abundancia (%):		<2		2-5		5-15		15-40		40-80	
Presencia moteados:		NO		Sí							
Abundancia (%):		<2		2-5		5-15		15-40		>40	
Carbonatos:		NO		Sí							
Abundancia (%):		<2		2-5		5-15		15-40		>40	
Raíces (%):		<2		2-5		5-15		15-40		>40	
N.º lombrices en la palada:						N.º insectos:					
Observaciones:											

Planilla 3. Indicadores de erosión.

ID sitio:	Fecha:
Observador/es:	
Coordenadas Lat: __ ° __ ' __ " , __ " Long: __ ° __ ' __ " , __ "	

Erosión hídrica											
Tipo:	Laminar		Surcos				Cárcavas				
Extensión (%):	No hay signos		<5		5-10		10-25		25-50		>50
Estado:	Estable		Parcialmente estabilizado				Activo				
Severidad:	Nula		Baja		Moderada		Alta		Muy Alta		

Erosión eólica											
Tipo:	Deflación		Acumulación								
Extensión (%):	No hay signos		<5		5-10		10-25		25-50		>50
Estado:	Estable		Parcialmente estabilizado				Activo				
Severidad:	Nula		Baja		Moderada		Alta		Muy Alta		

Cárcavas		
Lat:	Long:	Ancho (cm):

Explicaciones de los indicadores de erosión

Tipo

Erosión hídrica

Laminar: proceso de erosión generado por una combinación de salpicado y escurrimiento laminar que remueve delgadas capas del suelo superficial.

Surcos: pequeños canales, irregulares, poco profundos, de hasta 30 cm de ancho y profundidad. Signos: canales poco profundos que se extienden en el sentido de las pendientes dominantes.

Cárcavas: canales irregulares, en forma de U o V, con paredes abruptas, formados en materiales sueltos, con profundidades que varían de 30 a 300 cm, formadas por escurrimiento concentrado. Signos: canales anchos, profundos e irregulares.

Erosión eólica

Deflación: es la remoción de partículas del suelo que da como resultado una pérdida del suelo superficial. Los indicadores de este proceso son los pavimentos de erosión (cobertura de gravas/fragmentos gruesos en superficie), plantas con raíces expuestas u horizontes subsuperficiales expuestos (se puede confundir con la erosión hídrica laminar; en muchas situaciones ocurren simultáneamente).

Acumulación: puede tomar distintas formas:

-Campos de dunas bien desarrollados, parcial o totalmente cubiertos por vegetación. Áreas severamente afectadas por erosión eólica.

-Acumulación de material entrampado en los bordes de los potreros o en arbustos. Áreas moderadamente afectadas.

-Acumulaciones difusas: capas de arena de 2-3 cm, en parches de vegetación herbácea. Son características de áreas poco afectadas por erosión eólica.

Extensión

La extensión hace referencia al área afectada por cada uno de los tipos de erosión.

Estado

El estado de la erosión hace referencia a la intensidad del proceso en el momento del relevamiento a campo. Por ejemplo, un proceso puede estar activo (los surcos están creciendo) o estar en un estado estable (los surcos se están cubriendo de pastos).

Activo: el rasgo o indicador de erosión (por ej., los surcos) está aumentando su tamaño o extensión.

Parcialmente estabilizado: entre activo y estable (una cárcava se puede estar estabilizando en algún sector y estar muy activa en otro).

Estable: puede ser un rasgo relicto asociado a un tipo de uso pasado o un área que se estabilizó por alguna intervención (rehabilitación) que frenó el proceso de erosión.

Severidad

La severidad hace referencia a la cantidad de suelo removido del lote.

Nula: no se aprecian signos de erosión.

Baja: evidencias mínimas; principalmente salpicado (laminar) o surcos (E. hídrica). Ligerio movimiento de suelo visible (acumulación < 2 cm (E. eólica).

Moderada: hay evidencias, pero los sedimentos removidos permanecen dentro del lote. Desarrollo incipiente de surcos (E. hídrica), pavimentos, plantas con raíces expuestas; montículos en forma de mantos (E. eólica).

Alta: los sedimentos son transportados fuera del lote. Surcos frecuentes y desarrollo incipiente de cárcavas (profundidad menor a 50 cm) (E. hídrica). Montículos, pavimentos sin costras, lenguas de erosión (acumulación y deflación), médanos (E. eólica).

Muy alta: cárcavas bien desarrolladas, profundidad mayor a 50 cm o erosión laminar que ha provocado una pérdida de más de 10 cm de suelo (E. hídrica). Lenguas de erosión (acumulación y de deflación; peladares), pavimentos sin costras, hoyos de deflación, campos de médanos. Los sedimentos son removidos fuera de la UR y se produce un descenso de la superficie mayor a 10 cm (E. eólica).

Uso de la tierra y cobertura

Agrícola

Se deberá registrar el uso de la tierra en el momento de la evaluación y recopilar datos históricos de ocupación del lote de muestreo. Los datos históricos son muy importantes para el análisis e interpretación de los resultados y debe realizarse tanto hacia el pasado como sea posible. Para recopilar estos datos puede ser necesario entrevistar al productor/arrendatario. Los datos de uso de la tierra se registrarán por “campaña agrícola” para lotes agrícolas que presenten o no rotación con pasturas.

Planilla 4. Uso de la tierra.

Campaña	Uso de la tierra (cultivos realizados)
2022/2023	
2021/2022	
2020/2021	
2019/2020	
2018/2019	
2017/2018	
2016/2017	
2015/2016	
2014/2015	
2013/2014	
2012/2013	
2011/2012	
2010/2011	

Pastizales y pasturas

Cobertura aérea

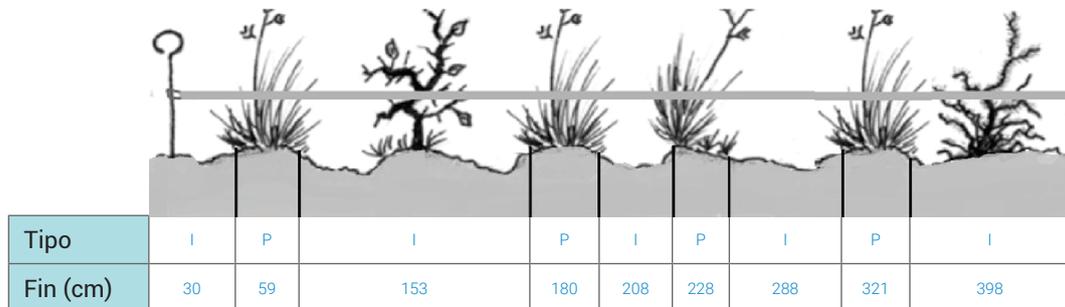
Se propone utilizar el método de intercepción de puntos modificada (Levy y Madden, 1933) para cuantificar la cobertura aérea del suelo. El número de puntos

Cobertura basal de pastos

La cobertura basal de pastos se medirá solo en los casos en los que el pastizal tenga una estructura de tipo “matas” (no se mide en pastizales de tipo cespitosos).

Se registra un mínimo de 20 matas, comenzando por la transecta 1 y siguiendo por las otras transectas, de ser necesario. Desde el inicio de la cinta métrica se establece el 0. El observador recorre la cinta, usando una aguja para proyectar una línea vertical al suelo, registrando el inicio y fin de cada parche (“mata” de pasto) (Figura 2). Se tendrá en cuenta solamente la cobertura basal y no la proyección aérea.

Figura 2. Ejemplo de cobertura basal de pastos.



I: Interparche

P: Parche de vegetación

Bosques

En líneas generales, la determinación de la cobertura de bosque contempla la determinación de la cobertura de copas, la identificación y el recuento de ejemplares maduros y en fase de regeneración. También se cuantifican las especies del sotobosque. Dado que los relevamientos realizados permiten estimar las reservas de carbono en la vegetación, se remite al manual de campo del inventario forestal donde se detallan los protocolos propuestos y las planillas (Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2019). Aquí se presenta en forma general la aproximación.

Cobertura de copas (Estrato dosel arbóreo)

Se observará en 5 subparcelas equidistantes a lo largo de la transecta en un cielo virtual de 4x5 m la cobertura de las copas, en lo posible discriminando el porcentaje por especie.

Regeneración temprana y avanzada

En las mismas subparcelas de 4 x 5 m se registra la abundancia de renuevos por especie menores a 1,5 m de altura y diámetro a la altura del pecho (DAP) menor a 10 cm (regeneración temprana) o de mayor altura, pero de DAP menor a 10 cm.

Estrato dosel. Inventario diamétrico

Se contabilizan todos los árboles presentes mayores a 10 cm de DAP. En la planilla se consignará el número de árbol (progresivo desde el arranque), la especie y el número de vástagos, el diámetro en la base y al pecho (DAB, DAP), la altura y su estado sanitario. La medición de altura, por su dificultad se realizará con el instrumental disponible sobre algunos árboles, preferentemente los dominantes y algunos de más bajo porte, para establecer curvas diámetro/altura. Se añadirán en la tabla cuantas filas sea necesario para capturar el total de árboles presentes en la parcela.

Estratos sotobosque

En cada metro a partir del arranque se realizará una observación vertical de toda vegetación que intercepta el punto de la transecta. Se consignará el nombre de la especie en caso del mayor detalle o del grupo funcional, forma de vida, etc., para cada estrato subyacente, desde el arbóreo/arbustivo alto, al estrato intermedio y al herbáceo. Los criterios de alturas de los estratos deben ajustarse a la estructura común de bosques según región o subregión. También se consignará el mantillo, tentativamente discriminado en leñoso grueso (troncos, tocones, raíces, ramas gruesas), fino (ramas finas u otros) y herbáceo (hojarasca).



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía
Argentina