

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESTUDIO DEL CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN  
SISTEMAS GANADEROS CON DIFERENTES INTENSIDADES DE  
PASTOREO EN CAMPO NATURAL

POR

Federica Paula RAMOS HAVRANEK

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2022

PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Ignacio Paparamborda

-----

Ing. Agr. Pablo Soca

-----

Ing. Agr. Lucía Salvo

-----

Ing. Agr. Oscar Bentacur

Fecha: 9 de setiembre de 2022

Autor: -----

Federica Paula Ramos Havranek

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a la Facultad de Agronomía, institución referente que me aportó conocimientos y vivencias que me permitieron crecer como profesional y como persona.

Agradecer a mi tutor Ing. Agr. Ignacio Paparamborda quien me guió y ayudó durante todo el proceso de este trabajo y al profesor Ing. Agr. Pablo Soca por contactarme con él.

A todos aquellos quienes estuvieron presentes en la toma de muestras a campo y en el procesamiento de las mismas previo al laboratorio. A la profesora Ing. Agr. Lucía Salvo quien me instruyó a lo largo de toda la etapa de laboratorio, que sin su ayuda hubiera sido imposible llevar a cabo este trabajo. A todo el personal del laboratorio, especialmente a Marcelo y Carlos, quienes se pusieron al hombro el funcionamiento del equipo para obtener los resultados de C y N.

A mis amigas por todos los momentos que vivimos dentro y fuera de la facultad, que son sin duda lo mejor que me llevo de esta etapa.

Y finalmente, agradecer a mi familia, especialmente a mis padres y hermanos quienes estuvieron presentes a lo largo de toda mi carrera, este logro es tan mío como suyo.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	VI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 CAMPO NATURAL.....	4
3.1.1 Características generales del campo natural.....	4
3.1.2 Servicios ecosistémicos del campo natural .....	5
3.1.2.1 Servicios ecosistémicos a escala predial.....	6
3.1.3 Regionalización del campo natural .....	6
3.1.4 Estacionalidad productiva y producción de forraje en la zona relevada.....	7
3.1.5 Calidad del forraje en la zona relevada .....	8
3.2 PASTOREO .....	10
3.2.1 Pastoreo e intensidad de pastoreo.....	10
3.2.2 Efectos de la intensidad del pastoreo.....	10
3.2.2.1 Sobre la pastura.....	10
3.2.2.2 Sobre el animal .....	11
3.2.2.3 Sobre el suelo.....	12
3.3 MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO .....	14
3.3.1 Controles sobre COS y NOS a diferentes escalas temporales.....	15
3.3.2 Modificaciones teóricas del COS y NOS mediante pastoreo .....	18
3.3.3 Vías de acción del pastoreo sobre COS y NOS.....	21
4. HIPÓTESIS .....	29
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30

5.1	LOCALIZACIÓN, PERÍODO EXPERIMENTAL Y CLASIFICACIÓN DE LOS PREDIOS .....	30
5.2	CARACTERIZACIÓN Y ANTECEDENTES DE LA REGIÓN BAJO ESTUDIO 31	
5.2.1	Caracterización edáfica de la zona relevada.....	31
5.2.2	Capacidad de almacenamiento de agua de los suelos.....	33
5.2.3	Caracterización climática en la zona relevada.....	34
5.2.4	Caracterización productiva de los predios bajo relevamiento .....	36
5.2.5	Caracterización estructural de los predios bajo relevamiento .....	37
5.3	CARACTERÍSTICAS DE MANEJO EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	39
5.4	ACTIVIDADES REALIZADAS .....	40
5.4.1	Actividades de relevamiento, muestreo de suelos .....	40
5.4.2	Análisis de laboratorio.....	41
5.4.3	Cálculo de stock .....	43
5.5	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	44
5.7	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	45
6.	RESULTADOS .....	46
7.	DISCUSIÓN .....	55
7.1	MASA DE FORRAJE, SUELO DESNUDO Y PORCENTAJE DE MATERIAL VERDE.....	55
7.2	ESTUDIO ENTRE PREDIOS (EXPERIMENTO 1).....	56
7.3	ESTUDIO ENTRE PARCHES (EXPERIMENTO 2) .....	57
8.	CONCLUSIONES .....	59
9.	RESUMEN .....	60
10.	SUMMARY .....	61
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	62
12.	ANEXOS.....	69

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS	Página
Cuadro N° 1. Resumen de los principales trabajos con antecedentes regionales sobre campo natural consultados. ....	25
Cuadro N° 2. Resumen de la caracterización edáfica de los predios bajo relevamiento. ....	32
Cuadro N° 3. Caracterización climática zonas relevadas. ....	35
Cuadro N° 4. Distribución mensual de precipitaciones en las estaciones pluviométricas consultadas desde enero 2021 hasta el 13 de diciembre del 2021 y total acumulado en dicho periodo. ....	35
Cuadro N° 5. Masa de forraje disponible en cm y en kg MS .....	47
Cuadro N° 6. Resultados obtenidos a partir de la caracterización de sitio para todos los sitios, determinando: granulometría y clase textural. ....	47
Cuadro N° 7. Resultados obtenidos a partir de la caracterización de sitio para todos los sitios, evaluando: pH en agua, Fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K), Sodio (Na), Carbono orgánico (C.O.) y materia orgánica (M.O.). ....	48
Cuadro N° 8. Variables estudiadas, modelo utilizado, significancia y <i>p</i> -valor para el experimento 1. ....	49
Cuadro N° 9. Medias de las variables estudiadas en el experimento 1 para los dos tratamientos estudiados, en función de la profundidad, “-” = no corresponde. ....	51
Cuadro N° 10. Interacción entre IP y profundidad presentada en la variable DAp para el experimento 1. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Cuadro N° 11. Variables estudiadas, modelo utilizado, significancia y <i>p</i> -valor para el experimento 2. Filas en gris representan un <i>p</i> -valor superior al establecido como máximo. ....	52
Cuadro N° 12. Medias de las variables estudiadas en el experimento 2 para los dos tratamientos estudiados, en función de la profundidad, “-” = no corresponde. Parche “B” = bajo, Parche “A” = alto. ....	54
Cuadro N° 13. Medias de las variables %C y stock C MOP en función de los parches. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

FIGURAS	Página
Figura N° 1. Mapa geológico del Uruguay con regiones agroecológicas. ....	7
Figura N° 2. Valores promedio estacionales de digestibilidad de la materia orgánica (DMO), proteína cruda (PC) y fibra detergente ácida (FDA) para tres frecuencias de corte y alturas de rastrojo evaluadas por Carámbula et al. (1997)....	9
Figura N° 3. Controles sobre COS a diferentes escalas temporales.....	16
Figura N° 4. Controles sobre NOS a diferentes escalas temporales.....	16
Figura N° 5. Vías de acción del pastoreo sobre el COS (P = pastoreo). ....	22
Figura N° 6. Ubicación de predios bajo estudio. Predios con baja media y media alta IP representados en verde y rojo, respectivamente.....	30
Figura N° 7. Agua potencialmente disponible en los suelos del Uruguay y predios relevados, clasificados según la IP. ....	33
Figura N° 8. Estaciones pluviométricas y de temperatura consultadas correspondientes a los predios bajo estudio. ....	34
Figura N° 9. Promedio predial anual (enero 2021 – enero 2022) de forraje disponible en kg MS por ha y en cm para los 8 predios pertenecientes al proyecto innovagro predial. Colores de columnas iguales indican sitios pareados.....	36
Figura N° 10. Promedio anual de potreros analizados en esta tesis (enero 2021 – enero 2022) de forraje disponible en kg MS por ha y en cm para los 8 predios pertenecientes al proyecto innovagro predial. ....	37
Figura N° 11. Caracterización de parches para el predio 1 .....	38
Figura N° 12. Caracterización de parches para el predio 3. ....	38
Figura N° 13. Caracterización de parches para el predio 7. ....	39
Figura N° 14. Promedio de masa de forraje (cm), suelo desnudo (% SD) y presencia de material verde (% V) en función de la IP BM; predios con intensidad de pastoreo baja/media (predios: 1, 2, 3, 4). MA; predios con intensidad de pastoreo media/alta (predios 5, 6, 7, 8). VECINOS BM; predios vecinos agregados. ....	46

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio del Carbono orgánico del suelo (COS) resulta un tema de importancia productiva y ambiental. El contenido y dinámica del COS tiene relación con la calidad de suelos y las propiedades edáficas que derivan de este y que afectan el potencial productivo del mismo.

Un mayor contenido de COS, deriva en un potencial productivo superior, debido a la estrecha relación que mantiene el COS con la materia orgánica del suelo (MOS), propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Centrando este concepto en la producción de forraje del Campo Natural, esto puede traducirse, a partir del control de la intensidad de pastoreo (IP), en una mayor producción de forraje por unidad de superficie.

Por otra parte, el COS ofrece posibilidades frente a la mitigación del cambio climático, aspecto que ha tomado una mayor trascendencia en los últimos años, debido a la necesidad creciente a nivel mundial de buscar formas de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera, así como también lograr un balance neto positivo del flujo de Carbono (C) desde la atmósfera hacia el suelo; resultando en que se dé una captura del C por parte de este último.

La investigación regional sobre campo natural confirmó que una mejora en la oferta de forraje (IP) mejoró la producción de forraje por unidad de superficie y podría mejorar los niveles de COS en suelos aunque esto puede cambiar en función del tipo de suelos, stock inicial de C, uso productivo previo, entre otros, lo que fundamenta la necesidad de estudios locales.

Siendo Uruguay, un país con un 81.7% (11.7 millones de ha) del total de la superficie de pastoreo (14.3 millones de ha) representada por Campo Natural (MGAP. DIEA, 2020), en donde se desarrollan actividades ganaderas, principalmente de cría vacuna, estudiar el pastoreo y la relación suelo - planta - animal para atender aspectos productivos y ambientales entre otros, permitirá profundizar en el conocimiento sobre dichos sistemas de producción y aportar propuestas de manejo a ser implementadas en los mismos.

El objetivo general de este trabajo es cuantificar el stock de COS en potreros de Campo Natural de sistemas de producción ganaderos que trabajan a

diferente IP (media/baja - media/alta) y buscó establecer si existen diferencias en el contenido de COS en potreros con cambios en la heterogeneidad del campo natural, a partir de la formación de parches (altos y bajos).

El trabajo se desarrolla en el marco del proyecto “*Relaciones entre la gestión espacial y temporal de la IP a nivel predial con niveles de producción y servicios ecosistémicos provistos por el Campo Natural*” (Innovagro Predial).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar si existen diferencias significativas en el contenido de COS, en sitios (potreros) de Campo Natural sometidos a diferentes intensidades de pastoreo.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Caracterizar la pastura de los predios a partir de: masa de forraje disponible (Kg MS/ha), porcentaje de suelo desnudo, relación verde/seco.
- 2) Estudiar el contenido de COS en potreros de campo natural de predios que difieren en la IP.
- 3) Estudiar el contenido de COS en parches altos y bajos de CN en potreros que muestran heterogeneidad de campo natural dado por la presencia de parches altos y bajos.

### 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 CAMPO NATURAL

El campo natural representa el recurso básico de gran parte de los sistemas de producción ganadera en Uruguay. Representa un 81.7% del total de la superficie de pastoreo (MGAP. DIEA, 2020), donde se desarrollan actividades principalmente de cría vacuna.

##### 3.1.1 Características generales del campo natural

Uruguay se ubica al norte del bioma Pampa, dentro de la región denominada Campos. Dicha región es descrita por Allen et al. (2011) como un área con pastizales constituidos principalmente por pastos, algunas hierbas, pequeños arbustos y ocasionalmente árboles, sobre paisaje ondulado y accidentado, con fertilidad de suelo variable. El bioma Pampa representa una de las regiones de pastizales más extendida del mundo, caracterizado por un mosaico florístico, asociado a características de suelo, clima, topografía y efectos antrópicos, como el manejo del pastoreo. Este último, genera cambios fisiológicos, estructurales y demográficos en la vegetación, asociado a la IP (Millot et al., 1987).

Si bien la productividad del campo natural puede ser menor en comparación con otras alternativas forrajeras, rasgo que se acentúa con manejos inadecuados, el mismo se destaca por presentar indicadores de comportamiento (Altieri y Nicholls, 2000) tales como sustentabilidad, estabilidad y productividad, que le confieren una mayor confiabilidad, ya que un agroecosistema con estas características tiene la capacidad de mantener un determinado nivel de producción a lo largo del tiempo, ante la presencia de restricciones de diferente índole.

Por otra parte, el campo natural posee el atributo de resiliencia, que hace referencia a la capacidad de un sistema de retornar al estado original luego de un disturbio temporal (Grimm y Wissel, 1997), tal como puede ser una sequía (Modernel et al., 2019). Según Modernel et al. (2019), dicho atributo puede ser descompuesto para su estudio en: resistencia y recuperación. Dichos autores definen el primer término como la magnitud del efecto de una perturbación en el sistema y

el segundo término como la velocidad con la que el sistema vuelve al estado estable en el cual se encontraba antes de la perturbación.

Modernel et al. (2019) estudiaron la resiliencia mediante la resistencia y recuperación de parcelas de campo natural sometidas a diferentes tratamientos (parcelas de baja asignación de forraje (AF); 3.5 kgMS/kgPV y parcelas de alta AF; 5 kgMS/kgPV). Los resultados muestran que en términos de resistencia de la acumulación de forraje y el peso vivo (PV) de los animales, el tratamiento de alta AF se destacó frente al de baja AF (66% y 46% de las tasas de acumulación de forraje y ganancia de PV de un año normal, para alta y baja AF, respectivamente). Sin embargo, al observar los resultados referentes a la recuperación, no se constatan diferencias significativas entre ambos tratamientos evaluados con respecto a la tasa de acumulación de forraje y a la recuperación del PV de los animales.

Dada la variabilidad climática las características anteriormente mencionadas del Campo natural resultan de gran importancia y convierte a este recurso forrajero como un recurso central en los sistemas de producción.

### 3.1.2 Servicios ecosistémicos del campo natural

Los servicios ecosistémicos refieren a todos los beneficios que se desprenden de la biodiversidad, función y estructura del ecosistema en cuestión, (tanto aquellos que tienen un valor monetario asignado, como los que no lo tienen) y que contribuyen a saciar las necesidades de los seres humanos, para su supervivencia, vida y bienestar (Sala y Paruelo, 1997). Estos servicios, pueden clasificarse en cuatro según la naturaleza de los mismos: servicios de aprovisionamiento, de regulación, de soporte y culturales (FAO, 2021).

Los primeros refieren a la materia prima provista al ser humano por parte del ecosistema (Zhao et al., 2020). Los principales servicios de aprovisionamiento resultantes del campo natural son: carne, leche, lana y cuero (Sala y Paruelo, 1997). Los servicios de regulación son obtenidos de los ecosistemas sin necesidad de ser sometidos a procesos de transformación ni a mercados (Corredor Camargo et al., 2012). Ejemplo de estos servicios, brindados por el campo natural, son: mantenimiento de la composición de la atmósfera, conservación del suelo y regulación de las condiciones climáticas (Sala y Paruelo, 1997). Aquellos denominados servicios de soporte o apoyo hacen referencia al pool genético o

librería genética (Sala y Paruelo, 1997) presente en los ecosistemas, y al hábitat para plantas y animales brindados por los mismos (FAO, 2021). Por último, los servicios culturales son aquellos principalmente relacionados con la recreación, ocio y turismo (Zhao et al., 2020).

#### 3.1.2.1 Servicios ecosistémicos a escala predial

Los servicios y procesos de los ecosistemas se ven modificados e influenciados mediante el manejo y uso de la tierra que realizan las personas que conducen los sistemas de producción (Duru et al., 2013). Es por este motivo que resulta preciso analizarlos y cuantificarlos a escala predial, ya que, es sobre dicha escala en donde tanto productores como técnicos, podrán realizar ajustes o cambios.

A escala predial en los sistemas ganaderos sobre campo natural, los servicios ecosistémicos que pueden cuantificarse son la producción primaria neta aérea (PPNA), la producción secundaria (carne) y el secuestro de COS (Sala y Paruelo, 1997). La gestión a nivel predial hace posible la captura y transformación de la energía solar en producto animal (Briske y Heitschmidt, citados por Do Carmo et al., 2018). Entonces, a partir del control de la producción, utilización y conversión de la misma, se mejora la producción primaria, la producción secundaria y otros servicios asociados, mejorando como consecuencia los servicios ecosistémicos.

#### 3.1.3 Regionalización del campo natural

Existe un fuerte vínculo entre el tipo de campo resultante con el material geológico que lo genera, haciendo posible clasificar el país en siete zonas con características agroecológicas similares (Panario, 1988). Dichas zonas corresponden a: Basalto, Cristalino Central, Sierras y Lomadas del Este, Areniscas del Norte y Noreste, Areniscas Cretácicas, Cristalino del Este y Litoral Agrícola (ver Figura N° 1). Los sistemas de ganadería intensiva se ubican principalmente dentro de las primeras cuatro regiones nombradas anteriormente (Boggiano, 2003).

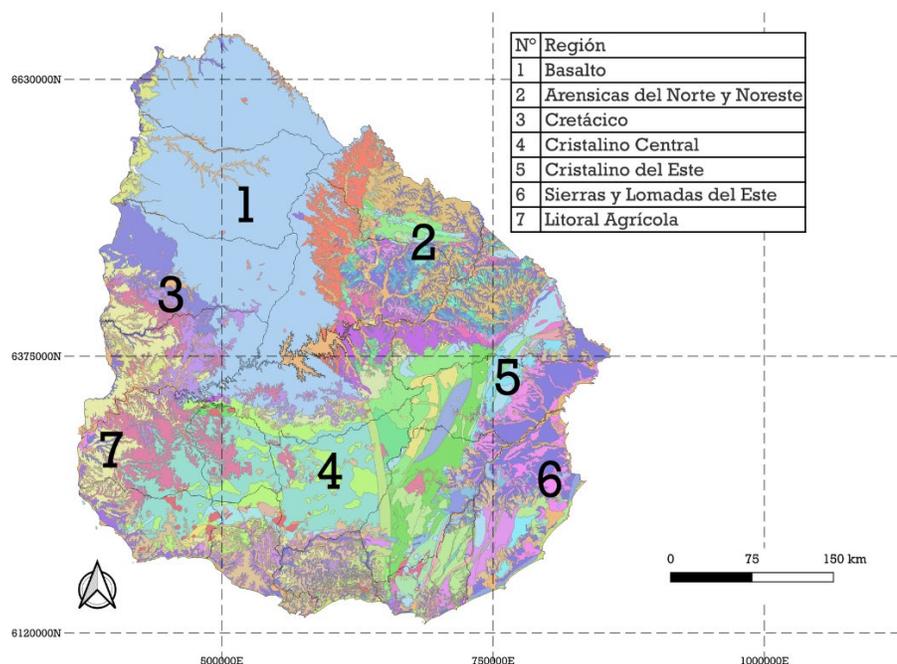


Figura N° 1. Mapa geológico del Uruguay con regiones agroecológicas.

**Fuente:** adaptado de Bossi et al. (1975).

El presente trabajo se desarrolla principalmente sobre la región Sierras y Lomadas del Este, la cual cuenta con una superficie de 1.52 millones de ha (Boggiano, 2003). Los sitios relevados se ubican en los departamentos de Cerro Largo, Rocha y Lavalleja. Las unidades de suelo 1:1.000.000 (MGAP. DSF, 1976) sobre las cuales se encuentran los predios relevados son: Sierra de Polanco, Alférez y José Pedro Varela (MGAP. DSF, 1976).

#### 3.1.4 Estacionalidad productiva y producción de forraje en la zona relevada

Las pasturas naturales en la zona Este tienen una estacionalidad productiva muy marcada, con máximas tasas de crecimiento en primavera - verano, dependiendo de las precipitaciones, particularmente en el verano, y tasas mínimas en invierno (Boggiano, 2003, Bermúdez y Ayala, 2005). La dependencia hídrica mencionada anteriormente, está asociada a la baja capacidad de acumulación de agua de los suelos de dicha región, clasificados en su gran mayoría dentro de clase

baja (capacidad de almacenamiento entre 40 y 80 mm) o media (capacidad de almacenamiento entre 80 y 129 mm) (Molfino y Califra, 2001).

Con respecto a la producción de forraje, en la zona de la unidad Sierra de Polanco, la producción promedio reportada por Mas et al. (1997) tras 11 años de evaluación, fue de 1396 kg MS/ha, con una distribución de 47% en verano, 23% en otoño, 5% en invierno y 25% en primavera. Los cortes se reiteraban sobre la misma pastura con un intervalo de aproximadamente 45 días, dejando un remanente de forraje entre 2.5 cm. a 4 cm. La estación más variable en términos de producción forrajera es el verano.

Para la unidad de suelos Alférez, Bermúdez y Ayala (2005), utilizando una frecuencia de corte entre 30- 45 días y una altura de corte entre 3-7 cm según la época del año, reportan una producción promedio tras 13 años de evaluación de  $3425 \pm 1055$  kg MS/ha, con una distribución estacional de 35% en verano, 26% en otoño, 11% en invierno y 28% en primavera. Sobre la misma unidad, Carámbula et al. (1997) reportan para un periodo de 5 años de evaluación, utilizando 4 frecuencias de corte y 3 alturas de rastrojo diferentes, los siguientes resultados: en otoño dentro del periodo evaluado, nunca se superó la producción de 1350 kg MS/ha, en invierno la producción no superó los 400 kg MS/ha, en primavera la máxima producción de forraje alcanzó los 1550 kg MS/ha y en verano, el máximo reportado fue de prácticamente 2500 kg MS/ha.

Si bien los valores de producción difieren entre unidades de suelos, se puede observar que la distribución estacional es coincidente, siendo el verano e invierno las estaciones con mayor y menor producción, respectivamente.

### 3.1.5 Calidad del forraje en la zona relevada

Para la zona de lomadas del Este, Bermúdez y Ayala (2005) mostraron que el 77% del forraje total producido se explica por 10 especies, siendo dos las que explican la mayor parte de la producción: *Paspalum notatum* (16.7%) y *Axonopus affinis* (13.5%)

Los resultados obtenidos por Carámbula et al. (1997) sobre la unidad de suelos Alférez, en un período de 5 años, en términos de calidad de la pastura, utilizando diferentes frecuencias de corte y alturas de rastrojo diferentes, expresan

que, a excepción del invierno, en el resto de las estaciones la acumulación de forraje por encima de 30 días significaba un decremento en la digestibilidad de la materia orgánica. Con respecto al porcentaje de proteína bruta, se observa un decremento desde primavera hacia el verano como consecuencia a la maduración de las especies, comportamiento que no fue observado en invierno. La fibra detergente ácida mostró mayores registros en primavera y verano, acompañando el final del ciclo productivo de las especies estivales, que son las de mayor ocurrencia. El aumento de proteína y la disminución de fibra detergente ácida que ocurren en la estación invernal es producido básicamente por especies enanas y por gramíneas anuales (Carámbula et al., 1997). Los resultados obtenidos promedialmente para las diferentes estaciones según los autores citados anteriormente se presentan en la gráfica continuación (ver figura N° 2).

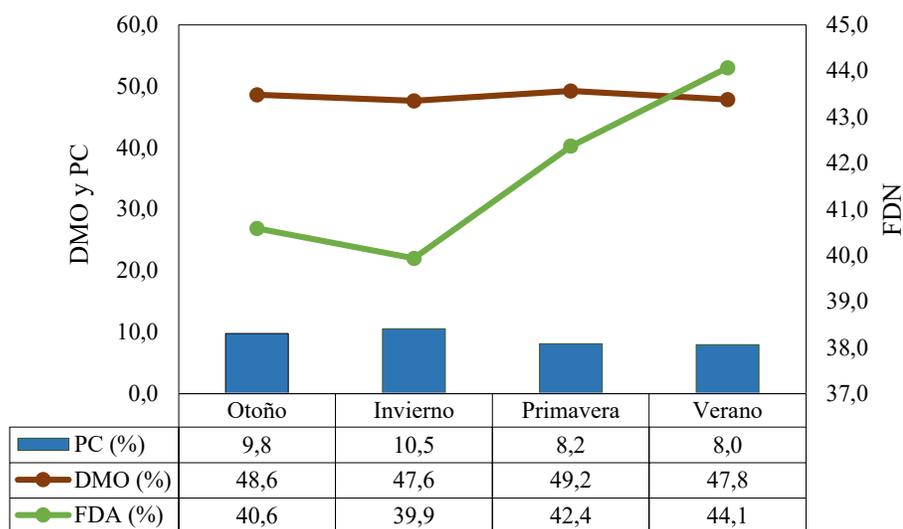


Figura N° 2. Valores promedio estacionales de digestibilidad de la materia orgánica (DMO), proteína cruda (PC) y fibra detergente ácida (FDA) para tres frecuencias de corte y alturas de rastrojo evaluadas por Carámbula et al. (1997).

**Fuente:** elaborado con base en Carámbula et al. (1997).

Los aspectos mencionados anteriormente (tal como la producción), pueden verse modificados mediante acciones antrópicas tales como el pastoreo. A continuación, se presenta el mismo y cómo mediante la gestión de la IP pueden darse modificaciones no solo a nivel de planta y animal sino también a nivel del suelo.

## 3.2 PASTOREO

### 3.2.1 Pastoreo e intensidad de pastoreo

Allen et al. (2011) definen el término pastoreo como el consumo de forraje predominantemente herbáceo in situ por parte de los animales. Los mismos autores establecen que el manejo de dicho pastoreo es la manipulación de la cosecha animal buscando un objetivo específico o una serie de objetivos.

La IP puede definirse como la relación entre el peso vivo animal (kg PV) y la masa de forraje (kg MS) por unidad de área (Allen et al., 2011). Un concepto que ayuda a operativizar metas de IP es el de OF o AF. El mismo relaciona la cantidad de forraje (kg MS) y la carga animal (Kg PV) por unidad de área (Allen et al., 2011), siendo una herramienta útil para explicar diferencias en performance animal (Sollenberger et al., 2005). Dicho término puede ser expresado en forraje ofrecido (kg MS) cada 100 kg PV animal y es un concepto inverso a la presión o IP (Allen et al., 2011). La OF regula el comportamiento ingestivo, definiendo la performance animal individual y por superficie (Moojen y Maraschin, 2002).

### 3.2.2 Efectos de la intensidad del pastoreo

#### 3.2.2.1 Sobre la pastura

Bryant et al., citado por Moojen y Maraschin (2002), señalan que las diferencias en la IP sobre una pastura tendrán efecto sobre: la producción de materia seca (MS), la calidad y la composición botánica de la misma. Por otra parte, también ocurren cambios en el hábito de crecimiento y morfología de las comunidades integrantes del campo natural (Altesor et al., 2005) y cambios fisiológicos en la producción y reserva de asimilados y velocidad de recuperación del área foliar y del sistema radicular (Carámbula, 2008).

La estructura de la pastura se define como la distribución y el arreglo de las partes de las plantas de una comunidad por encima del suelo (Laca y Lemaire, 2000), e incluye la cantidad de forraje (expresada en kg/ha) la relación hoja/vaina, la altura y densidad de la pastura (tallos/m<sup>2</sup>) (McGilloway et al., 1999). Al disminuir la IP, se da un aumento en la producción de MS. Esto ocurre porque a mayor índice de área foliar (IAF), que representa el área de hoja en relación al área del suelo (Allen

et al., 2011), la eficiencia de interceptación de la radiación aumenta. Esto lleva a un aumento consecuente de la tasa de crecimiento (kg MS/ha/d), ya que la misma resulta de la multiplicación entre la eficiencia fotosintética y el IAF (Brougham, 1956). Entonces, existe una asociación directa entre mayor interceptación de luz (resultante de un IAF superior, obtenido mediante el manejo de la IP) y mayor acumulación de MS. Cabe destacar que la acumulación de MS mencionada anteriormente, aumenta hasta un punto a partir del cual se estabiliza o disminuye. Esto ocurre debido al sombreado que es generado por la mayor cantidad de área foliar y debido a la pérdida de eficiencia fotosintética por una mayor proporción de hojas viejas (Altesor et al., 2005).

Un estudio realizado sobre Basalto reportó una producción de forraje anual de  $8347 \pm 2317$  kg MS/ha sobre campos naturales (Rodríguez Palma, 2017) para los cuales la producción reportada promedialmente es de 4747 kg MS/ha (Berretta, 1991). La producción obtenida por Rodríguez Palma (2017) se logró mediante el manejo de la altura  $8 \pm 2,2$  cm promedio en el año.

Ring et al. (1985) sugieren que animales pastoreando con altas OF generan una estructura con parches de mayor tamaño y con más acumulación de material senescente, logrando mayor selectividad animal. Este comportamiento fue reportado por Casalás Mouriño (2019), quien evaluando dos niveles de OF: alto (8; 4; 12 y 8 kgMS/kgPV para otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente) y bajo (4; 4; 8 y 4 kgMS/kgPV para otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente) determinó que la formación de parches, con una mayor masa de forraje y altura, se asociaba con el tratamiento de alta OF.

### 3.2.2.2 Sobre el animal

Además de tener influencia sobre la pastura, los cambios en la IP también tienen consecuencias sobre los animales en pastoreo. Do Carmo et al. (2018) realizaron un trabajo buscando estudiar los efectos de la IP sobre animales, donde los tratamientos evaluados fueron: alta OF (4,9 kg MS/Kg PV animal, promedio anual) y baja OF (2,9 kg MS/Kg PV animal, promedio anual). Los animales en evaluación fueron vacas multíparas entre 4 y 8 años, con sus respectivos terneros. Para todas las variables estudiadas por los autores; condición corporal (CC), peso de las vacas, consumo de energía (que es la variable que explica mayor CC y peso de las vacas,  $0.473$  vs  $0.455$  MJ/PV<sup>0.75</sup>) y peso de terneros al destete (aumento de

18 kg en el ciclo 1 y de 10 kg en el ciclo 2), los resultados fueron significativamente superiores en el tratamiento de alta OF.

Por otra parte, Moojen y Maraschin (2002) realizaron un experimento en la estación experimental agronómica de la universidad Federal de Río Grande do Sul (UFRGS), donde estudiaron la respuesta animal frente a diversas OF (4, 8, 12 y 16 kg MS/100 kg PV animal). Los animales utilizados fueron novillos, pastoreando sobre campo natural. En dicho trabajo, los autores encontraron que tanto la gmd animal como la ganancia por área aumentaron al aumentar la OF hasta cierto punto. Para el caso de la gmd por animal, las máximas ganancias, correspondientes a 0.540 kg, se dieron a niveles de OF del 13.4%. En cuanto a la ganancia de peso vivo por unidad de área, los mismos autores, reportan que la misma llegó a un máximo de 185 kg/ha para una OF de 11.8%. Para ambas variables (gmd por animal y ganancia por área), se reportaron descensos al seguir aumentando la OF tras alcanzar el máximo expuesto anteriormente. Con lo reportado, los autores establecieron un rango de presión de pastoreo óptimo, en donde se lograrían teóricamente las máximas ganancias tanto diarias por animal como por superficie. Dicho rango de OF está entre 11.5 y 13.5 kg MS cada 100 kg PV (Moojen y Maraschin, 2002).

### 3.2.2.3 Sobre el suelo

El manejo de la IP sobre el campo natural puede afectar la DAp, porosidad total, estabilidad de agregados, contenido de C y N, resistencia a la penetración e infiltración de agua (Alderfer y Robinson, citados por Bertol et al., 1998).

Con respecto a la DAp, Bertol et al. (1998), evaluando 4 niveles de OF (4, 8, 12 y 16%), reportaron una disminución de la misma en los niveles de OF más bajos para los primeros centímetros del suelo. Estos resultados no coinciden con lo esperado, ya que la DAp se relaciona con la compactación del suelo (aumentando a mayor compactación), sin embargo, los autores explican que los mismos se deben a que en las áreas con OF superiores se formaron parches, haciendo que en dichas situaciones los animales transiten preferentemente por los lugares más limpios (parches bajos), formando caminos, donde se aumenta la degradación de las propiedades físicas del suelo debido al pisoteo. Con respecto a esta variable, Rauber et al. (2021) trabajando con 4 alturas de forraje (0.12, 0.20, 0.28 y 0.30 m) y una parcela testigo sin pastoreo, reportaron que no encontraron diferencias entre las

alturas evaluadas, pero que la DAp de las parcelas pastoreadas era superior comparada con la DAp de la parcela testigo sin pastorear.

La relación ideal entre microporos y porosidad total para un correcto desenvolvimiento de las plantas es de 0,67 según Kiehl (1979). Si se cumple dicha relación, se facilita el drenaje de excesos hídricos a través de los macroporos (Bertol et al., 1998). Para los cuatro tratamientos estudiados por Bertol et al. (1998) la relación fue superior a dicho valor, reflejando la compactación del suelo, debido al pisoteo de los animales, con efectos negativos sobre todo en la tasa de infiltración de agua. Este resultado no coincide con el de Rauber et al. (2021), quienes reportaron que la presencia de herbívoros aumentó la macroporosidad del suelo a 0,20 m de profundidad en comparación al área de exclusión. Dichos autores explican que el resultado puede deberse a un aumento del crecimiento radicular debido al pastoreo (Conte et al., 2011) o al efecto de orina y heces de los animales en pastoreo sobre la fauna edáfica. Con respecto a la tasa de infiltración registrada por Rauber et al. (2021), la misma fue superior en las parcelas pastoreadas inmediatamente luego del pastoreo que en el área excluida de herbívoros, lo cual era esperable a raíz de los resultados obtenidos de porosidad.

Por otra parte, en los tratamientos estudiados Bertol et al. (1998), se observó un aumento en el tenor de la MOS al aumentar la OF (hasta el nivel correspondiente a 12%), asociado a una mayor cantidad de restos vegetales, lo que además se correlaciona según los autores, con una menor probabilidad de erosión hídrica en dichos tratamientos, debido a una mayor cobertura del suelo.

Finalmente, si bien otros autores afirman que tanto el contenido de COS como el de Nitrógeno Orgánico del Suelo (NOS) son altamente sensibles a cambios en el pastoreo, y que pastoreos intensos disminuyen los ingresos de C al suelo intensificando la degradación de este mediante aumentos en la DAp y decrementos en el contenido de agua y stock de C y N (Jiang et al., 2020), los autores Rauber et al. (2021) afirman que no encontraron cambios de COS y NOS en relación a la altura del canopeo, como tampoco encontraron cambios en la estabilidad de agregados del suelo.

Los cambios generados en el suelo a partir de diferentes IP expuestos previamente, son la base teórica fundamental de este trabajo y continúan

desarrollándose en profundidad a continuación junto al otro tema central del mismo que es la materia orgánica del suelo.

### 3.3 MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

Los suelos son la capa superficial de la tierra, capaz de aportar los nutrientes fundamentales para el crecimiento de los vegetales y almacenar agua. Los mismos se componen de espacio poroso, material mineral y materia orgánica (INIA, 2015). En porcentaje de peso seco, el material mineral representa entre 95% y 99%, mientras que la MOS fluctúa entre 1% y 5% (Brady y Weil, 2002).

Si bien la MOS representa una fracción pequeña de la masa total del suelo, tiene mucha relevancia sobre sus propiedades y funciones. La MOS, es una mezcla heterogénea variable de sustancias orgánicas (Rabuffetti, 2017). Todos los componentes orgánicos presentes en el suelo; biomasa viva, raíces muertas y otros residuos de plantas reconocibles y una mezcla de sustancias orgánicas amorfas y coloidales complejas, no reconocibles como tejido, son comprendidos dentro de la misma (Brady y Weil, 2002). Asimismo, la MOS es el mayor reservorio de COS y NOS y es determinante de la fertilidad, capacidad de retención de agua y estructura del suelo (Piñeiro et al., 2010), determinando en gran medida la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del mismo y siendo algunos de sus compuestos de gran importancia para la formación y estabilidad de los agregados del suelo.

Por otra parte, la MOS, suministra energía y compuestos a los microorganismos del suelo y contiene importantes cantidades de nutrientes, que, mediante la actividad de los microorganismos mencionados anteriormente, pueden ser liberados a la solución del suelo para ser utilizados por las plantas (Rabuffetti, 2017).

La MOS puede ser fraccionada granulométricamente en materia orgánica particulada (MOP, tamaño de partícula superior a 53 micras) y materia orgánica asociada a la fracción mineral (MOAM, tamaño de partícula inferior a 53 micras) (Cambardella y Elliott, 1992). La MOP se compone por fragmentos parcialmente descompuestos, es lábil y tiene un tiempo de residencia corto (de menos de 10 años a décadas). Tiene una protección frente al ataque de los microorganismos baja y una relación C:N similar a la de los restos vegetales. Por el contrario, la MOAM está compuesta por moléculas o fragmentos microscópicos que se encuentran en interacción con la fracción mineral del suelo, formando compuestos

organominerales, que le confieren protección frente al ataque de los microorganismos del suelo. Por este motivo, el tiempo de residencia de dicha fracción es alto (décadas a miles de años). Además, es una fracción rica en N, con una relación C:N baja (Galantini y Suñer, 2008).

Los residuos vegetales constituyen el principal material que es descompuesto en los suelos y son entonces la principal fuente de MOS. La ubicación de estos tiene un efecto en la velocidad con la cual son descompuestos. Aquellos residuos que permanecen en la superficie tienen una descomposición más lenta y variable que los que están inmersos en el suelo (Rabuffetti, 2017). La fracción de la producción primaria neta (PPN) ubicada en órganos subterráneos (producción primaria neta subterránea, PPNS), ejerce el mayor control sobre el COS (Jobbágy y Jackson, citados por Piñeiro et al., 2010), por lo cual la PPN y el COS son mutuamente dependientes (Piñeiro et al., 2010).

El pastoreo puede determinar que se den aumentos, disminuciones o que se mantengan inalterados los pools de COS y NOS (Derner et al., 2006), modificando en consecuencia la MOS y por ende afectando las propiedades del suelo nombradas anteriormente.

### 3.3.1 Controles sobre COS y NOS a diferentes escalas temporales

COS y NOS están estrechamente relacionados, siendo componentes estructurales de la MOS con una relación C:N relativamente constante en escalas temporales de corto y mediano plazo (Baisden y Amundson, citados por Piñeiro et al., 2010). Si bien la relación C:N de la MOS puede verse modificada luego de alteraciones tales como el pastoreo, la dinámica de NOS tiende a restringir los flujos y acumulación de COS con frecuencia (Piñeiro et al., 2010).

Los flujos de C y N dentro de los ecosistemas tienden a estar emparejados, sin embargo, los mismos pueden ser estudiados por separado para lograr una mejor comprensión de la dinámica de los nutrientes en el sistema. De esa manera, aquellos procesos de ingreso o egreso que involucran directamente al N pueden influenciar en la dinámica de COS mediante “efectos cascada” sobre los diferentes flujos del ecosistema (Piñeiro et al., 2010).

A continuación, se presentan dos esquemas (figura N° 3 y N° 4) con los principales factores de control sobre el COS y NOS a diferentes escalas temporales, destacando los niveles sobre los cuales influye el pastoreo.

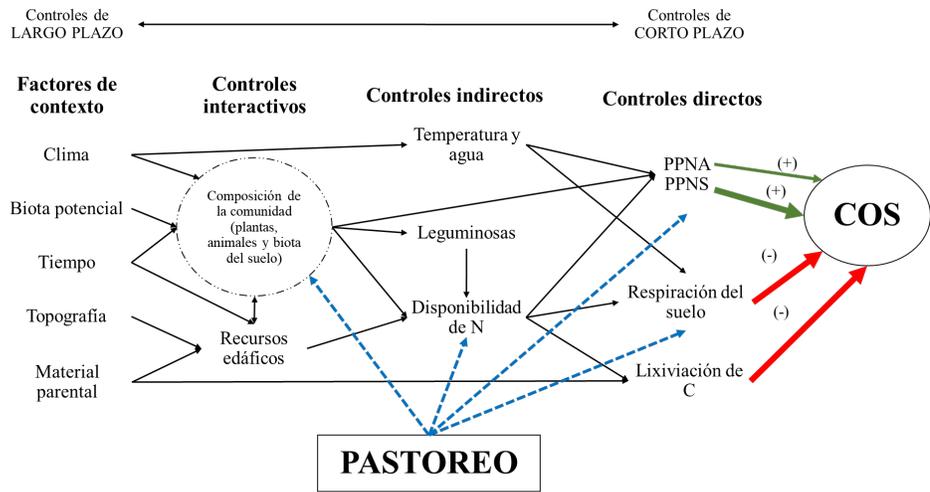


Figura N° 3. Controles sobre COS a diferentes escalas temporales.  
**Fuente:** reproducido de Piñeiro et al. (2010).

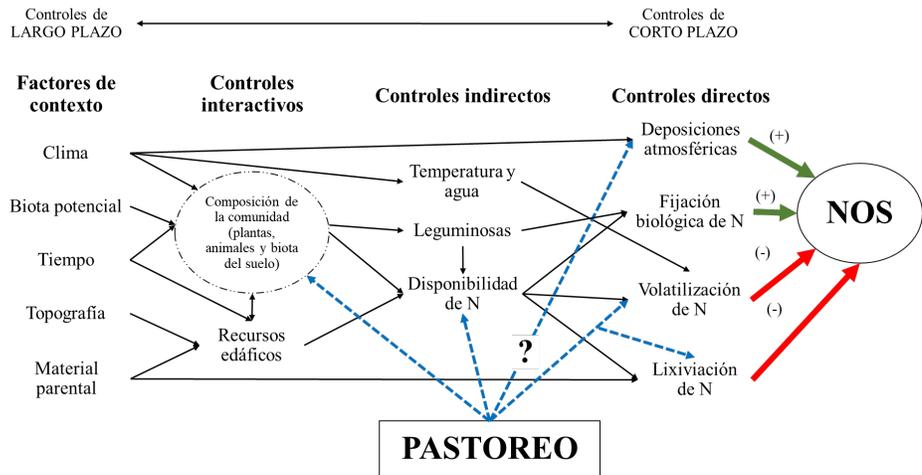


Figura N° 4. Controles sobre NOS a diferentes escalas temporales.  
**Fuente:** reproducido de Piñeiro et al. (2010).

Como se observa en las figuras N° 3 y N° 4, los cambios en el contenido de COS y NOS son resultantes del balance entre ingresos y egresos de C y N en determinado periodo, respectivamente.

Piñeiro et al. (2010) determinan que, en el corto plazo, los contenidos de COS y NOS dependen de los controles directos. El stock de COS está controlado directamente por la PPN (ingreso de C), que puede ser dividido en PPNA y PPNS, siendo la segunda la que realiza el mayor aporte al ingreso de C. Los controles directos restantes son respiración microbiana y lixiviación (egresos de C). El stock de NOS está controlado por la deposición atmosférica de N y fijación biológica (ingresos de N) y volatilización y lixiviación (egresos de N).

Cambios a mediano y largo plazo en el contenido de COS y NOS son el resultado de ingresos y egresos de dichos nutrientes acumulados en el tiempo, pero son limitados por los factores que operan sobre los controles directos, correspondientes a controles indirectos y controles interactivos (Piñeiro et al., 2010).

La disponibilidad de N es un control indirecto crítico ya que limita tanto el ingreso como el egreso de C y N. Los mismos controles interactivos que inciden sobre la acumulación de COS también afectan la acumulación de NOS, respaldando la fuerte asociación entre ambos pools ecosistémicos (Piñeiro et al., 2010). Dentro de los factores interactivos, la composición de la comunidad afecta y es afectada por los contenidos tanto de COS como de NOS a escalas de mediano y largo plazo (Jobbágy y Jackson, Altesor et al., citados por Piñeiro et al., 2010). Asimismo, recursos del suelo (especialmente N, pero también otros elementos), pueden limitar la acumulación de MOS (Hedin et al., citados por Piñeiro et al., 2010). Si los factores interactivos cambian en el tiempo o son modificados por un disturbio, como podría ser el pastoreo, modificarán el contenido de COS y NOS vía “efectos cascada”, incidiendo sobre los controles indirectos y directos (Piñeiro et al., 2010).

Los factores de contexto limitan la acumulación de COS y NOS estableciendo un rango potencial de acumulación de los mismos (Chapin et al., 2011). Dichos factores no afectan los ingresos y egresos de C y N directamente, pero operan mediante otros controles de escalas temporales menores, controlando finalmente los stocks de COS y NOS (Piñeiro et al., 2010).

Diferentes ambientes resultan en diferentes respuestas al pastoreo. En el modelo planteado por Piñeiro et al. (2010), los factores de contexto, interactivos e indirectos que afectan los stocks de COS y NOS son similares, mientras que los factores de control directo son los que difieren, por lo tanto, los autores proponen que, si bien las respuestas de dichos nutrientes al pastoreo pueden ser diferentes en el corto plazo, probablemente coincidan en una escala temporal superior.

### 3.3.2 Modificaciones teóricas del COS y NOS mediante pastoreo

Piñeiro et al. (2010), mediante la revisión de la bibliografía disponible sobre los efectos del pastoreo en los stocks de COS, muestran que el mismo aumentó, disminuyó o se mantuvo constante bajo condiciones de pastoreo diferentes en un rango de temperatura y precipitaciones variables, sugiriendo que el pastoreo tiene influencia sobre los factores que controlan el COS de una manera compleja. Sin embargo, los autores previamente citados, encontraron algunos patrones generalizados, que se repitieron en diferentes trabajos:

- El **contenido de raíces** fue superior en sitios pastoreados para aquellas localidades donde la precipitación media anual era inferior a 400 mm o superior a 850 mm, pero inferior en localidades con precipitación media anual entre aproximadamente 400 y 850 mm.
- La **relación C:N** de la MOS aumentó consistentemente en sitios bajo pastoreo.
- La **DAP** aumentó o se mantuvo sin cambios en sitios pastoreados.

Estos resultados generalizados, coinciden con los encontrados por Jiang et al. (2020), quienes además incluyen en su análisis el efecto de diferentes intensidades de pastoreo. Dichos autores, destacan que diferentes IP resultan en distintos grados de impacto sobre los stocks de COS y NOS, características de la vegetación y otras propiedades edáficas. Los autores citados previamente, realizaron un meta-análisis compilando información para 78 sitios ubicados en China, agrupando los sitios según diferentes tratamientos de IP: “light grazing” (pastoreo laxo), “medium grazing” (pastoreo intermedio) y “high grazing” (pastoreo intenso). Sin embargo, no se incluye una descripción de qué rangos integran cada categoría nombrada anteriormente, o a qué masa de forraje se corresponden, debido a que, según Jiang et al. (2020), cada ecosistema posee una capacidad de carga diferente y la IP es un factor cualitativo sitio-específico, siendo entonces determinado por cada autor de los estudios recolectados de acuerdo con su conocimiento empírico.

Con respecto al contenido de raíces; el pastoreo afecta diferencialmente la acumulación de biomasa subterránea según la precipitación media anual (Piñeiro et al., 2010). Siguiendo el modelo conceptual para interacciones planta - suelo propuesto por Burke et al. (1998), Piñeiro et al. (2010) sugieren que el pastoreo resulta en la estimulación de la producción de raíces mediante cambios en el patrón de ubicación de los nutrientes y cambios en la composición específica, en sitios secos para la captura de agua y en sitios húmedos para la captura de nutrientes. Esto se asocia a los cambios fisiológicos en la producción y reserva de asimilados y velocidad de recuperación del área foliar y del sistema radicular (Carámbula, 2008), presentados anteriormente. En relación a la IP, una defoliación más intensa se caracteriza por la remoción de más cantidad de parte aérea de las plantas, obligando a las pasturas a usar reservas contenidas en las raíces, pausando el crecimiento del sistema radicular, en detrimento de la recuperación de la parte aérea (Carámbula, 2008).

Derner et al. (2006) sugieren que un mayor contenido de biomasa subterránea aumenta el contenido de COS debido a un mayor ingreso de C al suelo, sin embargo, cambios observados en sitios bajo pastoreo relevados por Piñeiro et al. (2010) no estuvieron asociados a variaciones en la biomasa subterránea como se sugirió inicialmente, sino que los resultados obtenidos a través de la revisión de dichos autores sugieren que los efectos del pastoreo sobre el COS dependen no sólo de cambios en la distribución de nutrientes sino también de las características del sitio bajo estudio (como el suelo) y en modificaciones inducidas por el pastoreo sobre otros flujos y stocks de C y N. Cabe destacar, que el trabajo realizado por Piñeiro et al. (2010) no incluye tratamientos de IP, por lo que no es posible inferir en qué medida los cambios se asocian o no, a variaciones en la biomasa subterránea resultantes de la gestión del pastoreo. Asimismo, Altesor et al. (2005), comparando sitios pastoreados vs. exclusión de pastoreo, observaron un aumento de un 54% en biomasa radicular en los sitios pastoreados para los primeros 5 cm del suelo. Sin embargo, los autores citados previamente encontraron que dicho patrón cambió en profundidad, hallando un mayor reservorio de COS en los sitios excluidos de pastoreo, debido a un incremento en la MOAM. No obstante, este trabajo tampoco presenta tratamientos de IP, por lo que, si bien el aumento de biomasa radicular frente al pastoreo en los primeros centímetros del suelo para los autores citados previamente es contundente, el comportamiento de la misma frente a variaciones de IP no está reportado.

La relación C:N de la MOS se mantuvo sin cambios o aumentó en casi todos los sitios bajo pastoreo estudiados por Piñeiro et al. (2010), a pesar de variaciones en el contenido de COS. Dicho resultado sugiere una limitación potencial de N en sitios bajo pastoreo. Por otra parte, Piñeiro et al. (2010) destacan que la MOAM, mantuvo una relación baja y similar en sitios tanto pastoreados como no pastoreados, a pesar de que en los sitios bajo pastoreo se dieron ingresos al suelo de raíces y desechos con una relación C:N superior. Estos resultados muestran, que la mayor relación C:N de los restos de plantas estarían aumentando únicamente la relación C:N de la fracción lábil de la MOS, es decir, la MOP. Por lo tanto, para acumular C en las fracciones recalcitrantes de la MOS, será respirado más C para lograr la relación baja de dicho pool, entonces, el N estaría limitando la acumulación de MOS en los pools más estables (donde los campos acumulan la mayor cantidad de COS) y por ende la acumulación de COS (Piñeiro et al., 2010). Sin embargo, el N no es el único factor limitando la acumulación de COS bajo pastoreo, porque tanto aumentos como decrementos de COS sucedieron cuando el pastoreo significativamente aumentó la relación C:N.

Como se expone previamente, la DAp se relaciona con la compactación del suelo, aumentando en aquellos suelos con mayor compactación, debido a la reducción de macroporos. La compactación del suelo bajo pastoreo se atribuye al pisoteo de los animales. Dicha compactación reduce la infiltración del agua al suelo y aumenta la posibilidad de escurrimiento bajo pastoreo. Además, menor espacio poroso puede llegar a limitar el intercambio gaseoso y reducir el crecimiento radicular. Ambos mecanismos (la limitación del intercambio gaseoso y la reducción del crecimiento radicular), sugieren que la compactación del suelo reduce la producción de las plantas y por ende la acumulación de COS (Piñeiro et al., 2010). Con respecto a dicha variable, Piñeiro et al. (2010) reportan a partir de su revisión bibliográfica que dicha variable aumentó o se mantuvo invariable en sitios pastoreados. Este resultado coincide con lo reportado por Altesor et al. (2005), quienes encontraron que, en ausencia de pastoreo, la DAp fue un 2,4% menor en los primeros 5 cm. Los autores mencionados anteriormente, como ya se aclaró antes, no reportan diferentes intensidades de pastoreo. Sin embargo, Rauber et al. (2021) quienes sí estudiaron diferentes IP, tal como se expone previamente en la sección 3.2.2.3 del presente trabajo, no encontraron diferencias con respecto a la DAp entre los tratamientos evaluados (4 alturas de forraje), pero al igual que Piñeiro et al. (2010) y Altesor et al. (2005), encontraron que en la parcela testigo excluida de pastoreo, la DAp era inferior. Por otra parte, Bertol et al. (1998), considerando

diferentes IP tal como se presenta previamente, encontraron que la DAp aumentó al disminuir la OF en profundidades de 3 a 6 cm y 10 a 15 cm.

### 3.3.3 Vías de acción del pastoreo sobre COS y NOS

A partir de las modificaciones teóricas del pastoreo presentadas anteriormente, Piñeiro et al. (2010) sintetizan las vías de acción del pastoreo sobre COS y NOS en tres grandes grupos:

- **Vía de la PPN;** el pastoreo modifica los contenidos de COS cambiando la magnitud o proporción de la PPN que llega al suelo.
- **Vía del N;** el pastoreo modifica los contenidos de COS mediante cambios en el stock de N.
- **Vía de la descomposición;** el pastoreo modifica los contenidos de COS alterando la descomposición de la MOS.

Los autores previamente citados proponen que el pastoreo puede alterar los niveles de COS simultáneamente actuando sobre las 3 vías, generando respuestas diferenciales. En la figura N° 5, reproducida de Piñeiro et al. (2010) se presentan las 3 vías de acción del pastoreo.

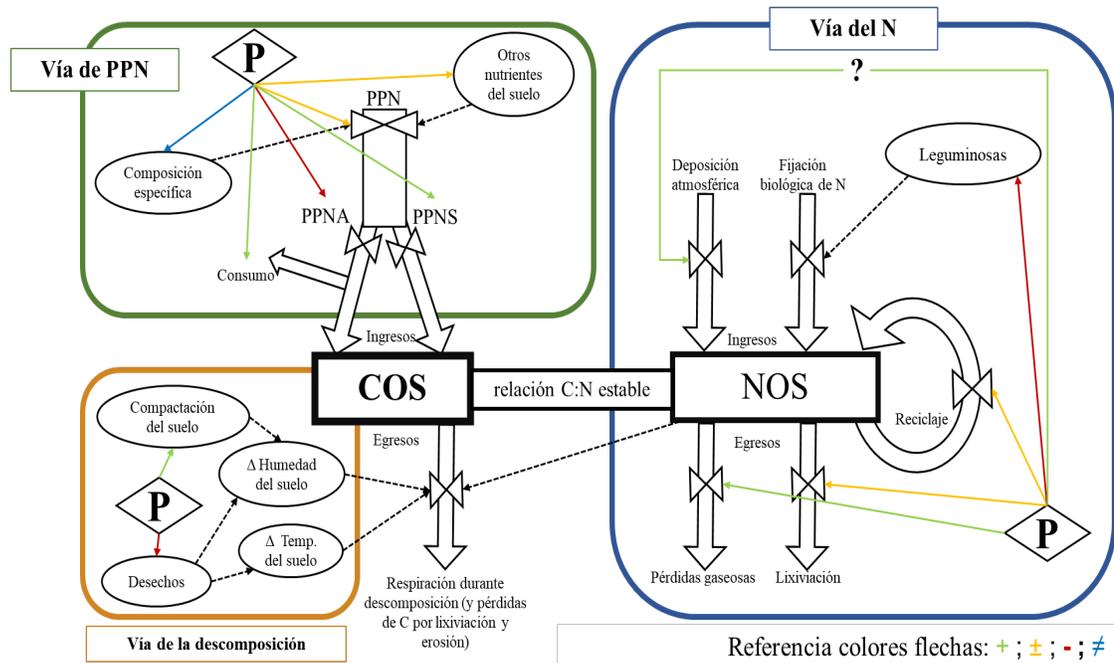


Figura N° 5. Vías de acción del pastoreo sobre el COS (P = pastoreo).

**Fuente:** reproducido de Piñeiro et al. (2010).

Con respecto a la vía de la PPN, una porción importante de la PPNA es consumida y respirada por los herbívoros, aumentando los egresos de C de los ecosistemas y disminuyendo al mismo tiempo el C disponible para la formación de COS (Piñeiro et al., 2010, Jiang et al., 2020).

Al removerse parte de la PPNA disminuye el área foliar y por ende la interceptación lumínica. Sin embargo, la herbívora también remueve tejido viejo (con una eficiencia fotosintética baja) y senescente, impidiendo la acumulación de material que sombrea hojas verdes aumentando la absorción de luz por parte del dosel (Altesor et al., 2005). El efecto directo de la defoliación resultará entonces del balance entre los dos mecanismos opuestos, expuestos anteriormente (Piñeiro et al., 2010).

Por otra parte, el pastoreo puede cambiar el patrón de partición del C dentro de la planta (Derner et al., 2006), afectando la cantidad del nutriente que ingresa al suelo. Esto se debe a que la PPNS está ubicada dentro del suelo, contribuyendo de manera más rápida a la formación de MOS que los tejidos que componen la PPNA, que tienen una tasa de descomposición más lenta y variable (Johnson y Matchett,

citados por Piñeiro et al., 2010, Rabuffetti, 2017). Por ende, el pastoreo tiene la capacidad de modificar la cantidad de C disponible para la formación de COS, haciendo que se den cambios a nivel de partición de nutrientes en planta, cambiando la proporción PPNA y PPNS (Piñeiro et al., 2010).

Los efectos del pastoreo sobre la PPNA son variables. Algunos autores tales como: Do Carmo et al. (2018), Rodríguez Palma (2017) y Moojen y Maraschin (2002), considerando diferentes IP, reportan aumentos en la producción de forraje en presencia de pastoreo. Para el caso de la PPNS, Piñeiro et al. (2010) encontraron que los efectos del pastoreo sobre dicha fracción de la PPN variaron en función de un gradiente de precipitación y que el pastoreo frecuentemente aumentó la proporción de C ubicada en órganos subterráneos, incrementando potencialmente la formación de MOS.

Por otra parte, la historia de pastoreo también influye en la respuesta de la PPN al pastoreo, ya que sitios con una historia de pastoreo larga tienen en general las mismas especies en lugares pastoreados y no pastoreados, mientras que sitios con una historia de pastoreo menor, tienen diferencias específicas entre lugares pastoreados y no pastoreados (Milchunas y Lauenroth, Adler et al., Cingolani et al., citados por Piñeiro et al., 2010).

Observando la vía de la descomposición, los animales pueden disminuir el stock de COS aumentando la descomposición mediante cambios microclimáticos (Piñeiro et al., 2010). Una reducción de los restos secos debido al pastoreo llevará a un incremento indirecto de la temperatura del suelo (Jiang et al., 2020) y evaporación, lo que puede llevar a un aumento de la descomposición de la MOS (Burke et al., 1998). Al mismo tiempo, aumentos en la DAp reducen las tasas de infiltración y aumentan las variaciones de humedad del suelo bajo pastoreo, aumentando potencialmente la descomposición de la MOS (Abdel-Magid et al., Savadogo et al., citados por Piñeiro et al., 2010).

Observando la vía del N, los cambios en el contenido de COS en los sitios pastoreados deben relacionarse con cambios en NOS, que afectan tanto a la PPN como a las tasas de descomposición del COS (Piñeiro et al., 2010).

Los herbívoros afectan el stock de NOS pudiendo hacer que el mismo aumente o disminuya, mediante cambios en los ingresos y egresos de N. En cuanto

a los egresos, los animales promueven mayores pérdidas de N debido a la producción de orina y heces (Whitehead y Raistrick, citados por Piñeiro et al., 2010), pero al mismo tiempo, pueden estimular la retención de N por mayor partición del nutriente a las raíces. El pastoreo promueve un aumento de la biomasa radicular en ambos extremos del gradiente de precipitación estudiado por Piñeiro et al. (2010), lo que puede resultar en mayores ingresos de N y menores pérdidas de este (Derner et al., 2006).

A continuación, se presenta en el cuadro N° 1, un resumen de los principales trabajos de investigación sobre campo natural consultados, realizados en la región, que hicieron foco sobre propiedades fisicoquímicas del suelo.

Cuadro N° 1. Resumen de los principales trabajos con antecedentes regionales sobre campo natural consultados.

<i>Título del trabajo, autor y año de publicación</i>	<i>Ubicación del trabajo</i>	<i>Pregunta a responder u objetivo de la evaluación</i>	<i>Diseño de investigación</i>	<i>¿IP como tratamiento ?</i>	<i>Tipos de suelos</i>	<i>Principales resultados</i>
<i>Propiedades físicas do solo relacionadas a diferentes niveis de oferta de forragem numa pastagem natural. Bertol et al., 1998</i>	Río Grande do Sul, Brasil	Evaluar propiedades del suelo (Dap, porosidad total, distribución de tamaño de poros, estabilidad de agregados en agua, tasa de infiltración de agua y contenido de Ca y Mg) en sitios sometidos a diferentes niveles de presión de pastoreo equivalente a diferentes niveles de suministro de forraje	El diseño utilizado fue bloques al azar, con dos repeticiones, totalizando ocho parcelas experimentales con un área de aproximadamente una hectárea cada una. En cada parcela experimental, las muestras se recolectaron en dos lugares y a tres profundidades, totalizando 24 muestras de suelo	Oferta de forraje (%): 4, 8, 12, 16	Suelo franco arenoso, rojo-amarillento podzólico	La disminución de la oferta de forraje con el consiguiente aumento en la presión de pastoreo reduce la tasa de infiltración de agua en el suelo aumentando generalmente la DAp y disminuyendo la porosidad y la estabilidad de agregados en agua en la capa superficial del suelo. La relación entre microporos y porosidad total en la superficie del suelo se ve modificada en los diferentes tratamientos. La disminución de la oferta de forraje en general disminuye los niveles de calcio y magnesio en la capa superficial del suelo
<i>El efecto del pastoreo sobre la estructura y el funcionamiento de las praderas naturales uruguayas: ¿Qué sabemos y cómo podemos usar ese conocimiento para manejarlas mejor? Altesor et al., 2005</i>	Uruguay	Cambios específicos frente a la exclusión del pastoreo. Efecto del pastoreo sobre cambios en la composición específica a largo plazo. Variaciones en la productividad en condiciones de exclusión. Efectos de la exclusión al pastoreo sobre atributos edáficos. Cómo hacer uso de la información disponible para manejar de manera sustentable los campos uruguayos	Para la sección de efectos de la exclusión de pastoreo sobre propiedades edáficas se analizaron 7 situaciones pareadas de pastoreo y clausura	Pastoreo vs. exclusión de pastoreo	El estudio sobre propiedades edáficas fue llevado a cabo en el establecimiento "El Relincho" en el departamento de San José, pero no se informa sobre que suelo fue realizado. Los sitios no tienen historia agrícola, o si la tenían, la misma era de hace más de 35 años para la fecha del estudio	Para la sección de efectos de la exclusión de pastoreo sobre propiedades edáficas los resultados obtenidos fueron: en la clausura la DAp en los primeros 5 cm del suelo fue 2,4% menor y aumentó un 10 % el contenido de agua. Se observaron diferencias entre la fracción lábil y la recalitrante de la MOS. Si bien, en los primeros cinco centímetros del perfil del suelo en los sitios pastoreados se observó un 54% más de biomasa de raíces, el patrón cambió a mayores profundidades. Además, se observó un incremento en la cantidad de NOS en profundidad

<i>Título del trabajo, autor y año de publicación</i>	<i>Ubicación del trabajo</i>	<i>Pregunta a responder u objetivo de la evaluación</i>	<i>Diseño de investigación</i>	<i>¿IP como tratamiento ?</i>	<i>Tipos de suelos</i>	<i>Principales resultados</i>
<i>Grazing effects on belowground C and N stocks along a network of cattle exclosures in temperate and subtropical grasslands of South America. Piñeiro et al., 2009</i>	Río de la Plata, Uruguay y Argentina	Evaluar los cambios promovidos por la remoción del pastoreo sobre pasturas en clima templado y subtropical, sobre: el contenido y distribución de C y N en diferentes pools subterráneos y la DAp. Asimismo, se evaluó la asociación de los cambios con el clima y propiedades del suelo en general	Sitios pareados pastoreados/sin pastorear.	Pastoreo vs. exclusión de pastoreo	Suelos en zonas altas: profundos, bien drenados, ácidos (con pH menor a 6) en partes del terreno topográficamente altas. Suelos superficiales: suelos ácidos (pH menor a 6), con contacto lítico a menos de 30 cm. Suelos en zonas bajas: suelos alcalinos (pH mayor a 6), frecuentemente inundados	La exclusión de pastoreo resultó en todos los sitios: decrecimiento de la biomasa subterránea, aumento de COS y NOS en los sitios de zonas altas y disminución de dichos stocks en suelos superficiales y suelos en zonas bajas
<i>Overseeding legumes in natural grasslands: Impacts on root biomass and soil organic matter of commercial farms. Bondaruk et al., 2020</i>	Uruguay	El objetivo del trabajo fue evaluar a campo, bajo condiciones de producción reales, cambios de COS, NOS y raíces, en la MOP y MOAM, luego de la introducción de <i>Lotus subbiflorus</i> y fertilización fosforada.	Se realizó un diseño pareado en 12 sitios ubicados en el centro este del país. Dentro de cada sitio se encontraba una parcela testigo de campo natural y una parcela mejorada con la introducción de la leguminosa y fertilizada. Las parcelas estaban separadas por alambrado y sometidas a pastoreo.	-----	Molisoles, alfisoles y vertisoles predominantes en el este y entisoles en el oeste. Las texturas son predominantemente finas en el este con mayor proporción de arena en el oeste.	No se encontraron diferencias significativas en el total de COS y NOS tanto en MOP como en MOAM considerando los primeros 30 cm del suelo en conjunto. Sin embargo, existen diferencias significativas pequeñas en profundidades particulares.
<i>Are grassland soils of the pampas sequestering carbon? Álvarez et al., 2021</i>	Región Pampeana, Argentina	Medir en el año 2019 el contenido de COS del suelo para los mismos sitios relevados en los años 2007/2008 a modo de obtener información empírica que refleje que sucedió en dicho período con los niveles de	Sitios muestreados en 2007/2008 fueron remuestreados en el año 2019, los sitios fueron generalmente pareados en función del drenaje	-----	Suelos con contenido variable de arena. 10 de ellos presentan inundaciones periódicas en años con precipitaciones elevadas, los	Los resultados sugieren que los suelos de la región pampeana no se comportaron como sumideros de C en el periodo bajo estudio. Los autores proponen que esto puede deberse a dos razones: 1) los suelos de la región están saturados, 2) la PPN y los ingresos de C al suelo no son suficientes para permitir niveles superiores de COS.

<i>Título del trabajo, autor y año de publicación</i>	<i>Ubicación del trabajo</i>	<i>Pregunta a responder u objetivo de la evaluación</i>	<i>Diseño de investigación</i>	<i>¿IP como tratamiento ?</i>	<i>Tipos de suelos</i>	<i>Principales resultados</i>
		COS en la región pampeana, desmitificando análisis teóricos			restantes 12 presentan un drenaje bueno	Los autores creen que la segunda razón es la más probable
<i>Soil physical properties in a natural highland grassland in southern Brazil subjected to a range of grazing heights. Rauber et al., 2021</i>	Brasil	El objetivo del trabajo fue determinar si un aumento en la IP pone en peligro la estructura del suelo sobre pasturas naturales en el sur de Brasil	El experimento se realizó en un bloque completamente al azar diseñado con cuatro condiciones de pastoreo, cuatro repeticiones y un área no pastoreada (testigo). Las condiciones de pastoreo corresponden a cuatro alturas de dosel previas al pastoreo: 0.12, 0.20, 0.28 y 0.36 metros. Las alturas de dosel post-pastoreo corresponden al 60% de alturas pre pastoreo. Cada unidad experimental tuvo un área de 875 m <sup>2</sup> y el área de exclusión (control) estuvo cerrada durante todo el período experimental	Se evaluaron 4 alturas de canopeo: 0.12, 0.20, 0.28, 0.36 m y un área testigo excluida de pastoreo (testigo)	El suelo se clasificó como Humudept según la clasificación de taxonomía de suelo de USDA	Independientemente de la altura del canopeo, la presencia de rumiantes aumentó el grado de compactación del suelo en la capa superficial (0 - 0.05 m) inmediatamente luego del pastoreo, no se dio el desagregado del suelo o cambios en COS y NOS y se dio el aumento de macroporosidad e infiltración de agua, en comparación al testigo (sin pastorear). Por otra parte, el aumento de la IP, aumentó la macroporosidad del suelo y tasa de infiltración de agua, disminuyó la humedad del suelo y aumentó la resistencia a la penetración del mismo. Exceptuando la altura de 0.12 m del canopeo, la exclusión de pastoreo realizada en el estudio de 4 meses, permitió en las parcelas pastoreadas, retornar a un nivel similar al testigo, debido a la infiltración de agua. Los autores concluyen entonces, que existe un amplio rango de intensidades de pastoreo (correspondientes a alturas de 0.12 a 0.36 m) donde no se pone en riesgo la calidad estructural del suelo en los sitios bajo relevamiento

Como puede observarse a partir del cuadro presentado anteriormente, son escasos los trabajos que poseen la IP como tratamiento. Además, aquellos trabajos bajo el diseño de pastoreo vs. exclusión no presentan información de la masa de forraje a la que opera cada tratamiento.

Es innegable que el pastoreo como tal tiene efectos sobre pastura, animales y particularmente sobre el suelo, sin embargo, tal como se expone previamente, el efecto del mismo varía en función de la intensidad a la cual es llevado a cabo. Diferentes IP afectan la PPN de diversas maneras, y sabiendo que la PPN es determinante del ingreso de COS, resulta necesario estudiar a qué nivel de IP se logran los mejores niveles de PPN.

Dado que la mayor proporción de campo natural que se dispone en Uruguay es utilizada en pastoreo en unidades de producción, es central estudiar las relaciones entre intensidad de pastoreo y servicios ecosistémicos en las perspectivas que se presentó en el inicio de esta revisión.

#### 4. HIPÓTESIS

1. El COS en sitios (potreros) de CN con IP baja/media (BM) es superior que sitios (potreros) con IP media/alta (MA).
2. El nivel de COS es diferente en función del tipo de parche (alto/bajo) existente en el CN y el COS es superior en parches altos que en parches bajos.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 LOCALIZACIÓN, PERÍODO EXPERIMENTAL Y CLASIFICACIÓN DE LOS PREDIOS

Los predios sobre los cuales se llevó a cabo el presente estudio se encuentran en los departamentos de Cerro Largo, Rocha y Lavalleja. Los muestreos fueron realizados entre octubre y noviembre del año 2021. Los 8 predios sobre los cuales se trabajó están pareados, 4 predios poseen un manejo de IP BM y los cuatro restantes se manejan con una IP MA. Se asume que los predios pertenecientes al grupo BM trabajan con una OF de 5 a 7 Kg MS/ Kg PV o una altura promedio superior a 5 cm (1500 kg MS/ha), mientras que los predios clasificados como de MA IP trabajan con una OF de 2 a 3 Kg MS /Kg PV o una altura de 3 a 4 cm (1200 kg MS/ha).

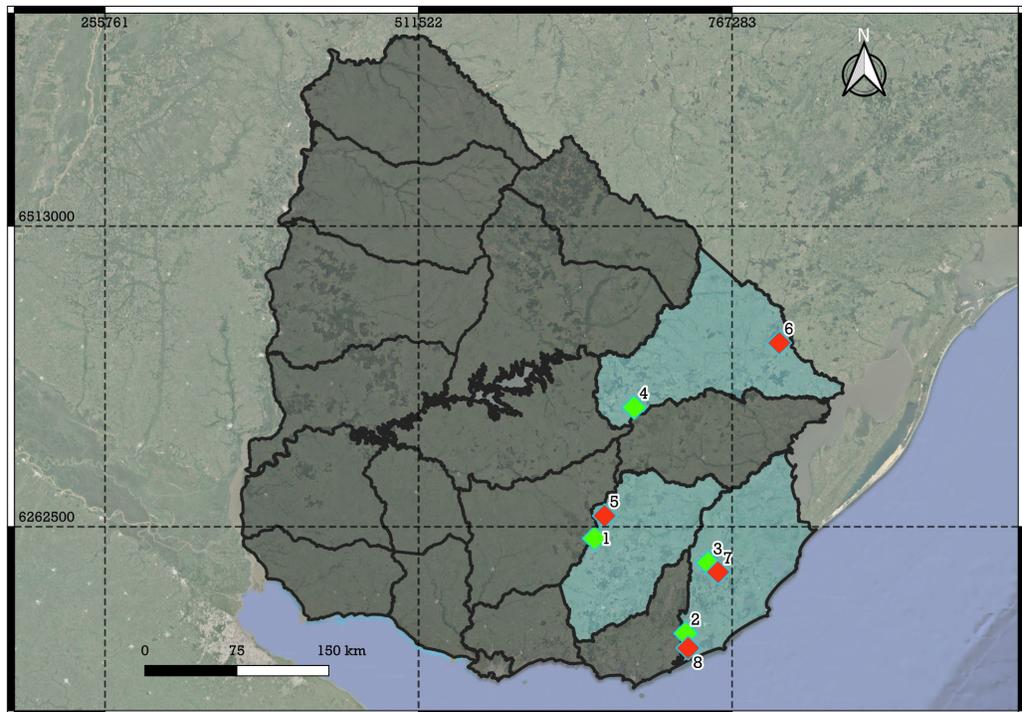


Figura N° 6. Ubicación de predios bajo estudio. Predios con baja media y media alta IP representados en verde y rojo, respectivamente.

Como se desprende de la figura N° 6, los pares se configuran de la siguiente manera: 1 – 5; 2 – 8; 3 – 7; 4 – 6.

## 5.2 CARACTERIZACIÓN Y ANTECEDENTES DE LA REGIÓN BAJO ESTUDIO

### 5.2.1 Caracterización edáfica de la zona relevada

Las unidades tectonoestratigráficas sobre las cuales se encuentran los predios donde se llevó a cabo este trabajo, corresponden a: Terreno Nico Pérez (TNP) y Terreno Cuchilla Dionisio (TCD). El primero presenta un relieve ondulado fuerte, con elevada pedregosidad y con suelos superficiales abundantes. Está ubicado entre las zonas de cizalla Sarandí del Yí-Piriápolis al Oeste y Sierra Ballena al Este. A continuación de dicho terreno, se ubica el TCD, con características similares al primero en relieve y abundancia de suelos superficiales, pero con la diferencia de que no presenta rocas carbonatadas (Bossi et al., 2011).

Los campos presentes sobre dichos terrenos presentan una matriz de suelos intrincada, donde se da la dominancia de suelos tales como Brunosoles Subeutricos Háplicos con texturas arenoso francas a francas, muchas veces gavillosas, con suelos asociados como Litosoles Subeutricos Melánicos de texturas arenoso franco gavillosas. Al mismo tiempo, se encuentran áreas con suelos muy superficiales dominantes, tales como Litosoles y escasa presencia de Brunosoles, con una profundidad variable (Boggiano, 2003).

Las sierras rocosas, dentro de la zona, comprenden Sierras de Carapé, de Aiguá, de las Ánimas y la unidad Santa Clara. Las sierras no rocosas, tienen un grado de homogeneidad mayor, con una variación del 0 a 5% para los afloramientos rocosos. La unidad que mejor representa a dichos suelos, debido a su extensión (1.027.875 hectáreas aproximadamente), es la unidad Sierra de Polanco (Boggiano, 2003). Los predios sobre los cuales se llevó a cabo este trabajo están ubicados sobre las unidades de suelos de la Carta de Reconocimiento de Suelos a escala 1:1.000.000 (MGAP. DSF, 1976); Sierra de Polanco, Alférez y José Pedro Varela.

Los grupos de suelos CONEAT encontrados dentro de los predios relevados fueron: 2.11a, 2.12 y 10.7. El grupo 2.11a corresponde a sierras rocosas con paisaje ondulado fuerte y pendientes entre 5 y 20%. Se establecen sobre dicho grupo dos grandes regiones con asociaciones de suelos diferentes. Por un

lado, la región sur (Lavalleja, Maldonado, Rocha y Treinta y Tres), en donde predominan Brunosoles Subeutricos Háplicos, con Brunosoles Subéutricos Típicos y Litosoles Subeutricos Melánicos como suelos asociados. Los Brunosoles ocupan más del 70% del área y se desarrollan entre los afloramientos rocosos. Por otra parte, en la región norte (Cerro Largo y norte de Treinta y Tres), dominan los Inceptisoles Umbricos con Litosoles Dístricos, Umbricos, asociados. El índice de productividad para este grupo es 53 (MGAP. RENARE, s.f.).

El grupo 2.12 se sitúa sobre sierras no rocosas, de relieve ondulado, con afloramientos que son por lo general menores al 5%. Los suelos encontrados dentro de este grupo son Brunosoles Subeutricos Háplicos y Típicos, con Litosoles Subeutricos Melánicos y Brunosoles Subeutricos Lúvicos asociados. El índice de productividad corresponde a 83 (MGAP. RENARE, s.f.).

Finalmente, el grupo 10.7 se encuentra sobre lomadas suaves y fuertes, localizadas entre las colinas cristalinas y la planicie alta de la región Este (MGAP. RENARE, s.f.). Los suelos que dominan dentro de dicho grupo son Brunosoles Subeutricos Lúvicos y Argisoles Subéutricos Melánicos Abrúpticos. En los interfluvios aplanados se da la ocurrencia de Planosoles Subéutricos Melánicos. En forma accesoria, en las laderas más convexas, se encuentran Vertisoles. El índice de productividad de este grupo es 131 (MGAP. RENARE, s.f.).

En el cuadro N° 2, a continuación, se presenta un resumen de los grupos CONEAT y la unidad de suelo respectivos a cada predio relevado (descripción completa de los grupos CONEAT en anexo N° 1).

Cuadro N° 2. Resumen de la caracterización edáfica de los predios bajo relevamiento.

<b>Predio</b>	<b>Grupo CONEAT relevado</b>	<b>Unidad de suelo (CRSU)</b>
1	2.11a	Sierra de Polanco
2	10.7	Sierra de Polanco
3	2.12	José Pedro Varela
4	2.12	Sierra de Polanco
5	2.11a	Sierra de Polanco
6	2.11a	Sierra de Polanco

Predio	Grupo CONEAT relevado	Unidad de suelo (CRSU)
7	2.12	Sierra de Polanco
8	10.7	Alferez

### 5.2.2 Capacidad de almacenamiento de agua de los suelos

A continuación, se presenta en la figura N° 7, un mapa con el agua potencialmente disponible en los suelos del país y los predios relevados.

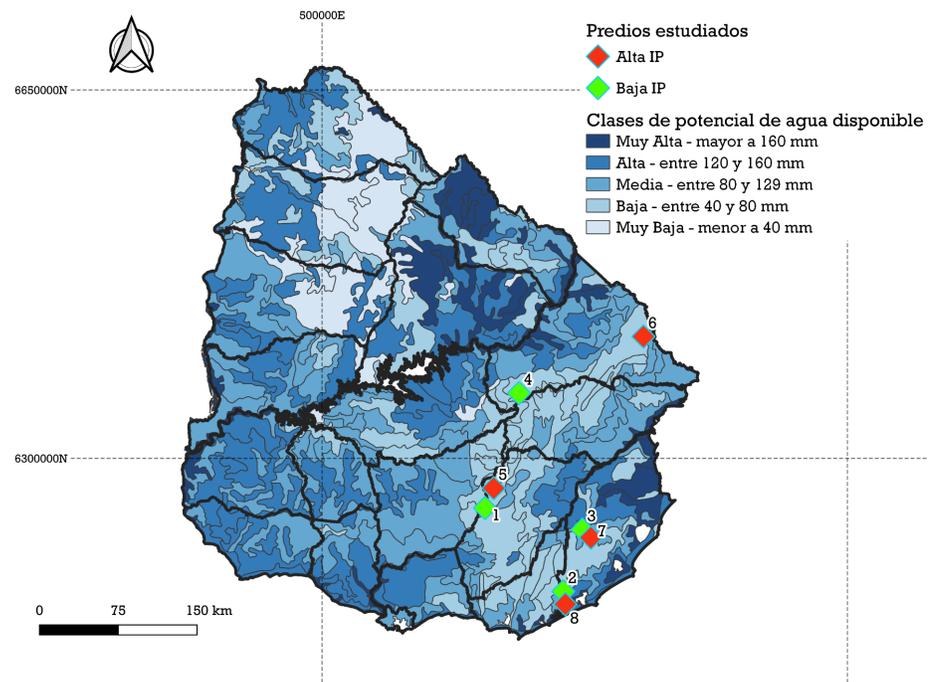


Figura N° 7. Agua potencialmente disponible en los suelos del Uruguay y predios relevados, clasificados según la IP.

**Fuente:** adaptado de Molfino y Califra (2001).

La mayoría de los predios bajo relevamiento (predio 1, 2, 4, 5, 6 y 7) se clasifican dentro de la clase baja de agua potencialmente disponible, que corresponde a una capacidad de almacenamiento de agua que varía entre 40 y 80 mm. El predio 3 se ubica dentro de la clase media (80 - 129 mm) y el predio 8 se ubica dentro de la clase alta (120 - 160 mm) (Molfino y Califra, 2001). Esto reafirma lo presentado anteriormente; debido a la baja capacidad de acumular agua de los suelos de la región, la producción, en particular de la estación estival, es muy dependiente de la ocurrencia de precipitaciones durante dicho periodo.

### 5.2.3 Caracterización climática en la zona relevada

Para la caracterización climática de las zonas bajo estudio se recurrió a la base de datos de las estaciones del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET, 2022), caracterizando los sitios en función de las precipitaciones acumuladas (mm) promedio y temperatura anual promedio (°C). Los datos obtenidos se exponen en el Cuadro N° 3.

Para la variable precipitaciones, se consultaron los datos de las estaciones pluviométricas de: Garzón, Velázquez, Cerro Colorado, Santa Clara del Olimar y Bañado de Medina. En cuanto a la temperatura, se tomaron los datos correspondientes a las estaciones de: Rocha, Treinta y Tres, Florida y Melo (ver figura N° 8).

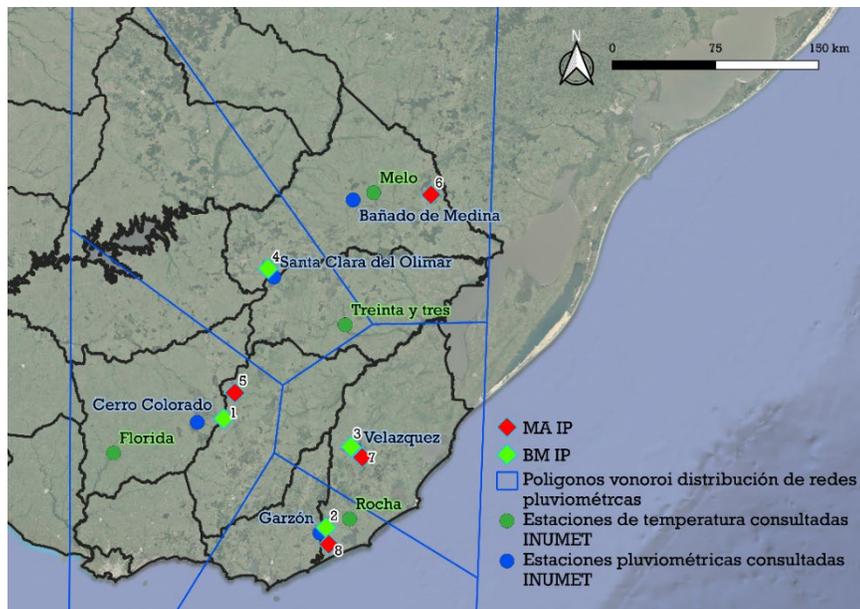


Figura N° 8. Estaciones pluviométricas y de temperatura consultadas correspondientes a los predios bajo estudio.

Cuadro N° 3. Caracterización climática zonas relevadas.

<b>Predio</b>	<b>Estación pp.</b>	<b>pp.</b>	<b>Estación temp.</b>	<b>Temp.</b>
1	Cerro Colorado	1260	Florida	18,16
5			Treinta y tres	18,64
4	Santa Clara del Olimar	1319		
2	Garzón	1278	Rocha	16,36
8				
3	Velázquez	1322		
7				
6	Bañado de Medina	977	Melo	19,64

Estación pp.: estación utilizada para obtener datos pluviométricos

pp.: datos pluviométricos (mm)

Estación temp.: estación utilizada para obtener datos de temperatura

Temp.: datos de temperatura (°C)

Con respecto a los datos de precipitaciones para la caracterización de sitio, el periodo tomado fue desde el año 2018 hasta el 13 de diciembre del 2021. Para la temperatura, los datos utilizados fueron desde el año 2018 hasta el 1ro de diciembre del 2021.

Se presenta a continuación la distribución de precipitaciones para el periodo desde enero 2021 a diciembre 2021.

Cuadro N° 4. Distribución mensual de precipitaciones en las estaciones pluviométricas consultadas desde enero 2021 hasta el 13 de diciembre del 2021 y total acumulado en dicho periodo.

	<b>Precipitaciones mensuales (mm)</b>				
	<b>Bañado de Medina</b>	<b>Cerro Colorado</b>	<b>Garzón</b>	<b>Santa Clara</b>	<b>Velázquez</b>
<b>Enero de 2021</b>	146	186	78	187	87,5
<b>Febrero</b>	170	111	301,5	127,5	190,9
<b>Marzo</b>	75	123	217	51	145,6
<b>Abril</b>	117	93	52	277,7	121,5
<b>Mayo</b>	37	93	81	71,5	67,5
<b>Junio</b>	105	212	183	151,5	176,5
<b>Julio</b>	79	82	85	92	75
<b>Agosto</b>	59	54	59	72,5	50,6
<b>Setiembre</b>	201	152	117	263	122,9

	Precipitaciones mensuales (mm)				
	Bañado de Medina	Cerro Colorado	Garzón	Santa Clara	Velázquez
<b>Octubre</b>	30	22	74,5	38	43
<b>Noviembre</b>	43	69	136	68	107,2
<b>13 de diciembre</b>	5	0	6	20	22
<b>Total acumulado</b>	1067	1197	1390	1420	1210

#### 5.2.4 Caracterización productiva de los predios bajo relevamiento

Los predios bajo relevamiento cuentan con el seguimiento mensual de la masa de forraje disponible (Kg Ms/ha) y altura (cm). En la figura N° 9, a continuación, se presenta un resumen promedial de la información obtenida a través de un año de relevamiento del forraje de los predios del proyecto (de enero 2021 a enero 2022). En el anexo N° 2 se presenta el desglose de los datos a partir de los cuales se calcularon los promedios.

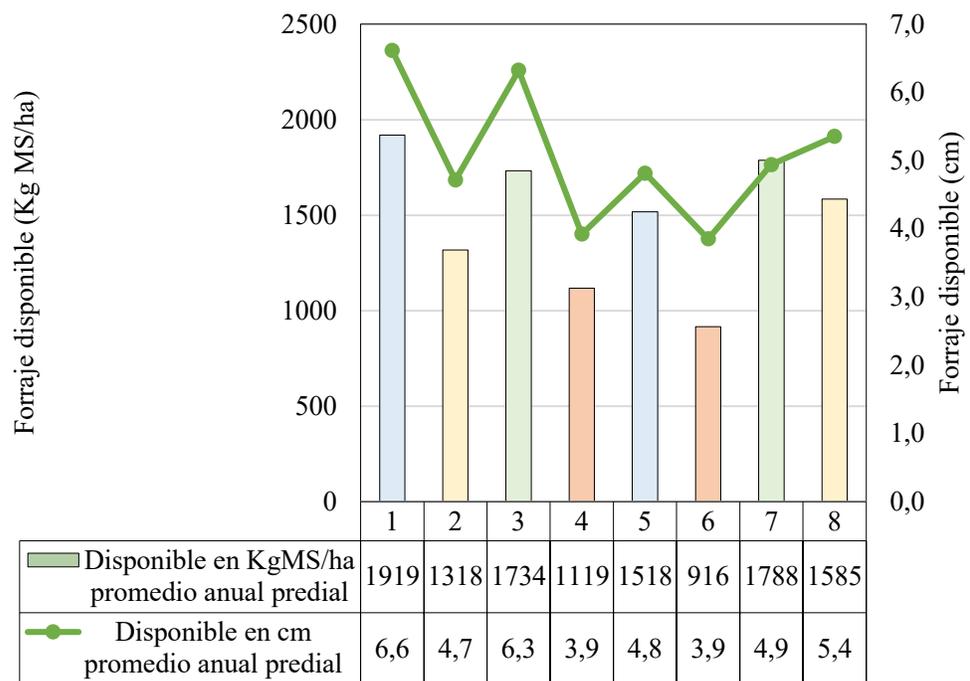


Figura N° 9. Promedio predial anual (enero 2021 – enero 2022) de forraje disponible en kg MS por ha y en cm para los 8 predios pertenecientes al proyecto innovagro predial. Colores de columnas iguales indican sitios pareados.

A continuación, se presentan en la figura N° 10, los datos promediales de los potreros sobre los cuales se trabajó en cada predio.

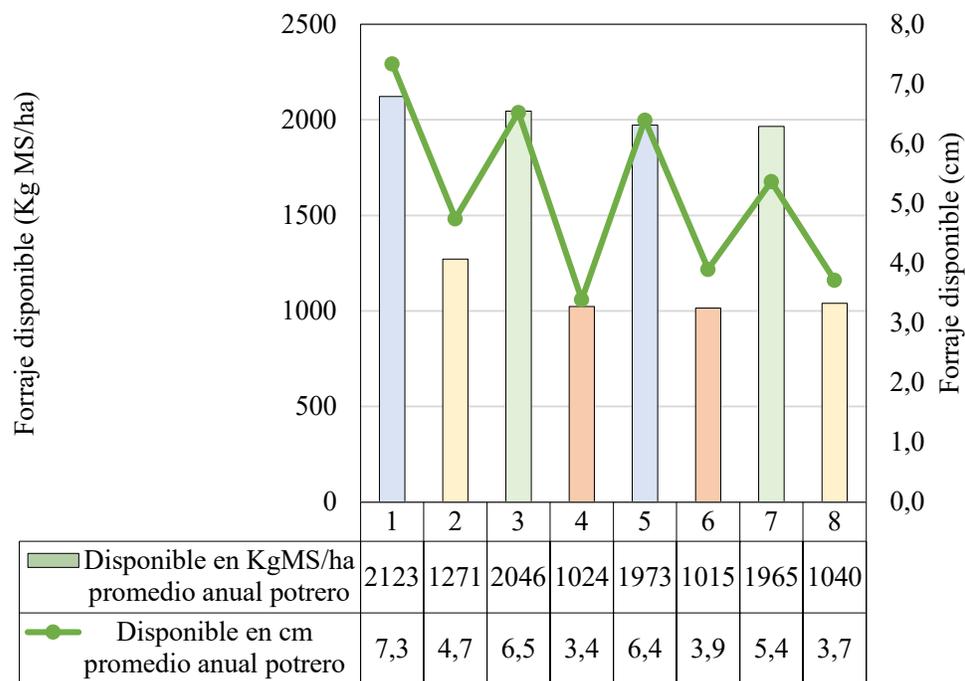


Figura N° 10. Promedio anual de potreros analizados en esta tesis (enero 2021 – enero 2022) de forraje disponible en kg MS por ha y en cm para los 8 predios pertenecientes al proyecto innovagro predial. Colores de columnas iguales indican sitios pareados.

Se puede observar como las columnas de igual color (sitios pareados entre sí) poseen comportamientos similares.

### 5.2.5 Caracterización estructural de los predios bajo relevamiento

En tres de los ocho predios presentes dentro del proyecto innovagro predial se constató la presencia de parches altos (parches de vegetación que se diferencia por la altura respecto al parche bajo) en la estructura de la vegetación en una proporción igual o mayor a 10 % de la superficie del potrero (figuras N° 11, 12 y 13, ver anexo N° 3).

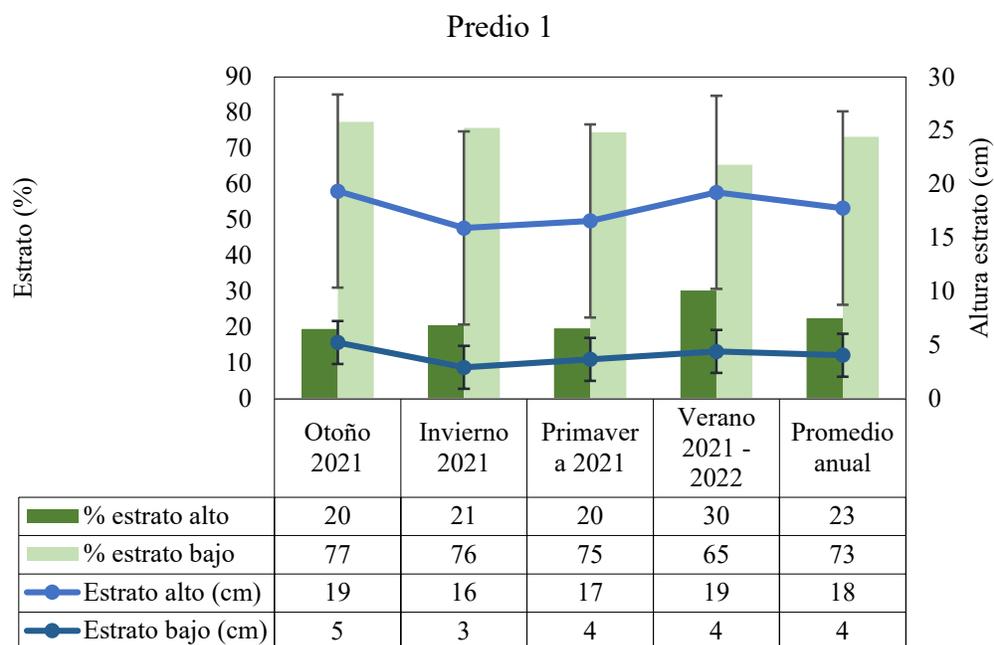


Figura N° 11. Caracterización de parches para el predio 1.

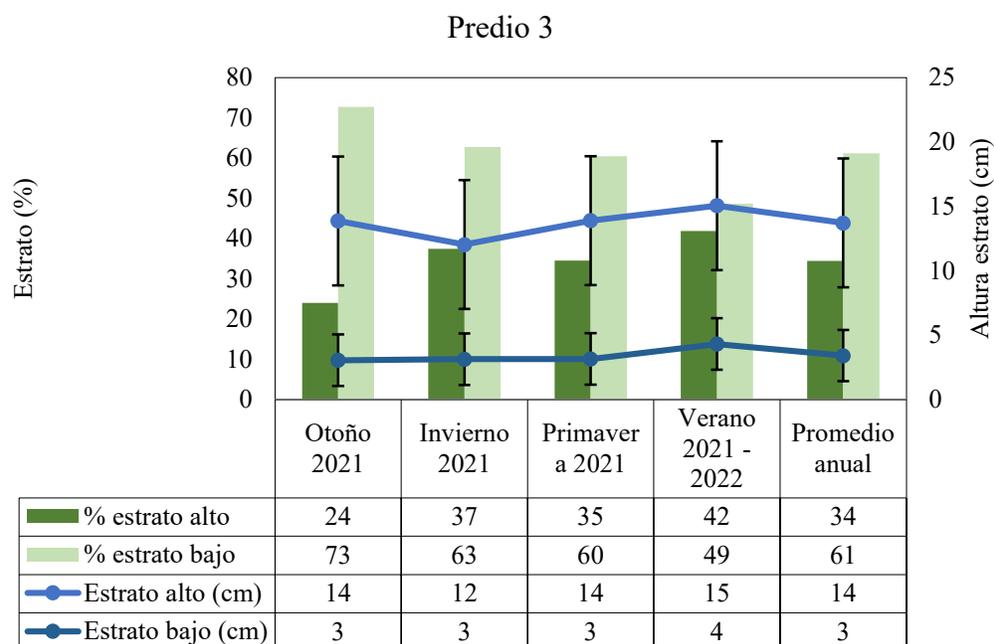


Figura N° 12. Caracterización de parches para el predio 3.

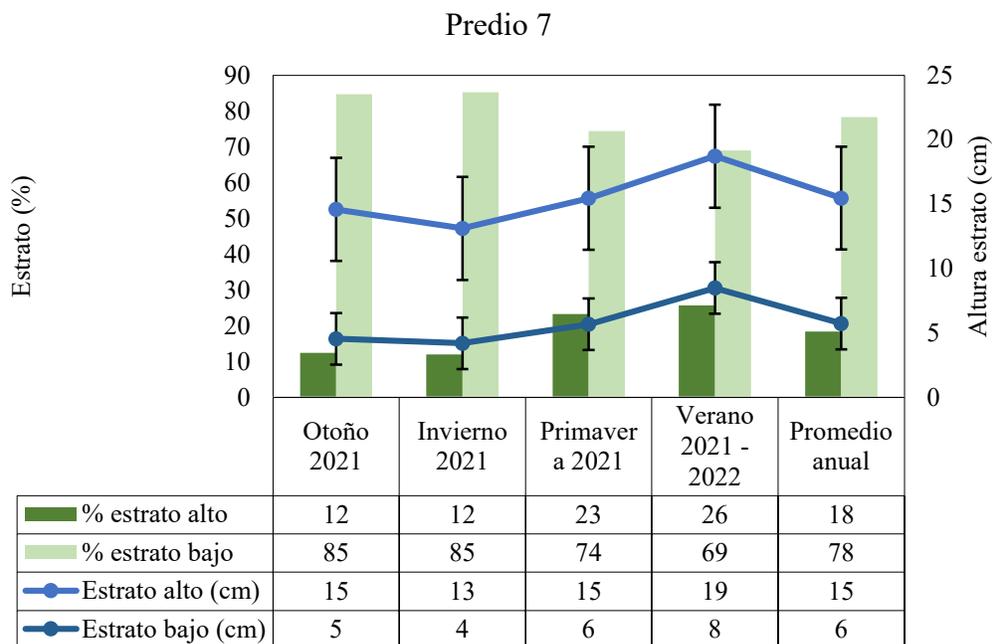


Figura N° 13. Caracterización de parches para el predio 7.

### 5.3 CARACTERÍSTICAS DE MANEJO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

La mitad de los predios tiene un manejo característico de baja/media (BM) IP, mientras que los cuatro restantes tienen una IP media/alta (MA). Puede existir un gradiente de IP que ubique a los predios en más de dos grupos, sin embargo, aquellos dentro del grupo de IP BM (predios 1, 2, 3 y 4) cumplen también con la condición de tener antecedentes de trabajo de cambio técnico y resultados tanto productivos como económicos superiores al promedio de predios de la región Este.

Los sitios son pareados, es decir, cada predio de IP BM tiene un par en los de MA. Si bien dichos pares coinciden en características tales como unidad de suelos a escala 1:1.000.000 (MGAP. DSF, 1976) y grupos CONEAT, entre otras, es necesario realizar comparaciones entre sitios muy cercanos entre sí, que compartan el mismo tipo de suelo con características texturales similares (Piñeiro et al., 2009).

A modo de subsanar este inconveniente, la totalidad de sitios muestreados fue de 12. Esto se compone de 4 predios BM, 4 predios MA y 4

sitios extra en predios vecinos a los predios BM, alambrado por medio, con una distancia no mayor a 20 metros, respetando la misma posición topográfica para la toma de las muestras y muestreándose el mismo tipo de suelo. Se asumió que los predios vecinos trabajan con una IP MA.

Por otra parte, se seleccionaron predios que presentaron en los sitios de muestreo un mosaico de parches, generado desde hace varios años atrás: 2006 (predio 1), 2013 (predio 3) y 2020 (predio 7) como era esperable, debido al control de la IP. Allí se dirigió el muestreo para comparar entre parches.

## 5.4 ACTIVIDADES REALIZADAS

### 5.4.1 Actividades de relevamiento, muestreo de suelos

En cada sitio de muestreo, se seleccionó un área de 20 metros cuadrados y se la delimitó con estacas y cuerdas. Dicha área se caracterizó, para cada predio, en función de: altura de forraje (cm), porcentaje de suelo desnudo y relación verde/seco. Se utilizó un cuadro de 20 x 20 cm, repitiendo el muestreo 10 veces. Además, dentro del área de muestreo se realizó la extracción y caracterización del perfil de suelo que se asumió como modal para cada sitio, utilizando un taladro holandés. En el anexo N° 4 y N° 5 se presenta para cada uno de los predios relevados (y su vecino, en caso de que corresponda) la descripción a campo y el perfil de suelo encontrado, respectivamente. Para hacer la caracterización de suelo de cada sitio, se conformó una muestra compuesta por 20 repeticiones de 0 a 20 cm con calador, cabe destacar que todas las muestras fueron tomadas de parches bajos, sin considerar, en caso de que hubiera, la presencia de parches altos en el sitio de muestreo.

Para abordar el objetivo general planteado, se propusieron dos experimentos. En primer lugar, para realizar el **relevamiento orientado a conocer el contenido y distribución del COS promedio del potrero para los predios BM IP y sus respectivos vecinos (experimento 1)**, se realizó un muestreo de suelo estratificado por profundidad, tomando muestras compuestas por 20 repeticiones de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 20 y 20 a 30 cm de profundidad extraídas con calador y muestras compuestas de 8 repeticiones de 30 a 50 y 50 a 70 cm de profundidad extraídas con taladro holandés. Cabe destacar, que hubo predios en los cuales las muestras tanto de 30 a 50 cm, como de 50 a 70 cm no pudieron ser

relevadas debido al tipo de suelo presente. Con respecto al muestreo para DAp, el mismo fue llevado a cabo por el método del cilindro, a profundidades de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 20 y 20 a 30 cm, con 6 repeticiones.

Con respecto a la metodología de obtención de muestras del **segundo experimento, orientado a conocer el contenido y la distribución del COS en parches alto y bajo**, dentro de los predios en los que se dio dicha heterogeneidad, se siguió el mismo protocolo detallado anteriormente, pero realizando 2 muestras (una para parche alto y otra para parche bajo), compuestas cada una de 20 repeticiones para las profundidades de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 20 y 20 a 30 cm y 8 repeticiones para las profundidades de 30 a 50 y 50 a 70 cm, con calador y taladro holandés respectivamente. El muestreo de la DAp se realizó también por el método del cilindro, tomando las mismas profundidades expuestas anteriormente, repitiendo el proceso en los parches altos y bajos.

Todas las muestras obtenidas, fueron etiquetadas y almacenadas para ser procesadas. Las muestras obtenidas pertenecientes tanto al experimento 1 como al experimento 2 tuvieron el mismo procesamiento post extracción y en el laboratorio, detallado a continuación.

En una etapa previa al laboratorio, las muestras hasta 30 cm fueron desmenuzadas manualmente en húmedo y tamizadas con una malla de 2mm. Posteriormente, las muestras se secaron en estufa a 40° C por un periodo de 48 hs. Las muestras correspondientes a profundidades mayores que 30 cm fueron molidas con molino y posteriormente secadas en estufa a 40° C por un periodo de 48 hs.

#### 5.4.2 Análisis de laboratorio

Utilizando la técnica desarrollada por Cambardella y Elliott (1992) para el fraccionamiento de la MOS, se procedió a pesar 30 g de suelo de cada una de las muestras obtenidas por estratificación por profundidad de 0 a 30 cm y a poner dicha submuestra en una solución de 90 ml de hexametáfosfato de sodio al 0.5% (5 g de hexametáfosfato de Na / L de H<sub>2</sub>O) en un frasco con tapa. Dicho frasco se colocó en un agitador por 15 hs.

El suelo dispersado, se colocó sobre un tamiz de 53 micras y fue lavado con agua desionizada hasta que la solución pasando a través del mismo fuera clara. La fracción de la submuestra que permaneció sobre el tamiz, correspondiente a la MOP, fue colocada en vasos de Bohemia (que fueron previamente pesados). Dichos vasos se colocaron a 60 °C dentro de una estufa, permaneciendo dentro de la misma hasta obtener la submuestra completamente seca (Cambardella y Elliott, 1992). Los días de secado variaron en función de la cantidad de agua que quedaba en cada vaso de bohemia, siendo aproximadamente entre 3 y 4 días.

Cuando las submuestras finalizaron el secado, fueron retiradas de la estufa, pesando cada vaso de Bohemia. Con la diferencia entre los pesos del vaso de bohemia con y sin muestra, se obtuvo el peso de cada submuestra. La submuestra seca fue colocada dentro de frascos pequeños de vidrio, dentro de los cuales se colocaron también unos cilindros metálicos. Dichos frascos se pusieron a moler durante 2 días aproximadamente.

Además, se molieron submuestras de las muestras que permanecieron sin fraccionar. En ese caso, se molieron todas las profundidades relevadas (0 a 70 cm). Esto se realizó así, debido a que, en primer lugar, al hacer el fraccionamiento, se decidió no conservar la MOAM. Por ende, la obtención del contenido de C y N de dicha fracción fue realizada por diferencia entre el C o N-total y el C o N-MOP. Por otra parte, fue necesario realizar estas muestras para obtener el porcentaje de C y N total por profundidad.

Una vez obtenidas todas las submuestras molidas finamente, se procedió a poner en capsulas pequeñas de aluminio entre 15 y 40 mg de suelo (medido con una balanza de precisión). Dichas capsulas fueron cerradas, formando pequeñas bolitas que se colocaron en plaquetas numeradas, para ser analizadas por el equipo del laboratorio de la Facultad de Agronomía, que es un analizador elemental por combustión Flash EA 1112 NC de Thermo Fisher Scientific. El resultado obtenido correspondió al porcentaje de C y N.

### 5.4.3 Cálculo de stock

Una vez obtenidos el porcentaje de C y N a partir del análisis de laboratorio, se procedió a realizar los correspondientes cálculos para obtener el stock en suelo de dichas variables.

A continuación, se presentan los pasos llevados a cabo para calcular el stock de C, el mismo procedimiento se utiliza, cambiando los datos, para el cálculo de N.

- a. El peso seco de la submuestra MOP se obtuvo a partir del trabajo de laboratorio, el de la MOAM se obtuvo calculando: (30 – peso seco MOP), ya que fueron 30 gramos los pesados al inicio para cada muestra fraccionada, por ende, la diferencia corresponde a la MOAM.
- b. El porcentaje de C y N para MOP y para la muestra total fueron obtenidos mediante el equipo correspondiente.
- c. Los gramos de C de cada fracción en el total de suelo fueron calculados para MOP utilizando el peso seco de la submuestra como 100 % y calculando mediante regla de 3 a cuantos gramos correspondía el % de C obtenido:

$$\begin{array}{r} \text{g C-MOP} - 100 \text{ g MOP} \\ \text{X} \quad - \quad \text{g MOP} \end{array}$$

En el caso de la MOAM, también se calculó utilizando una regla de 3:

$$\begin{array}{r} \text{g C total} - 100 \text{ g de suelo} \\ \text{X} - 30 \text{ g de suelo} \end{array}$$

Restándosele luego lo correspondiente a los gramos de C de la fracción de MOP (calculado en el paso anterior):

$$\text{X} - \text{g C fracción MOP} = \text{g MOAM.}$$

- d. Para calcular el porcentaje de C de cada fracción en el total del suelo:

- i. **% de C de MOP** = (g C de MOP / (g C MOP + g C MOAM))\*100
- ii. **% de C de MOAM** = (g C de MOAM / (g C MOP + g C MOAM))\*100

e. Luego se procedió a calcular:

$$\text{\% C-Fracción relativo al \% de C total de la muestra} = \text{\% C muestra total} * (\text{\% de C de cada fracción en el total del suelo}/100)$$

f. La **DAP** fue obtenida a partir del análisis de laboratorio.

g. El stock por área se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Mg de suelo por hectárea} = \text{DAP} * \text{volumen de 1 ha por profundidad estudiada.}$$

h. Finalmente se calculó el stock en Mg de cada fracción:

$$\text{Mg de C de cada fracción} = \text{Mg de suelo por ha} * (\text{\% C fracción relativo al \% de C total de la muestra} / 100).$$

## 5.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Es un estudio observacional, donde las diferentes repeticiones fueron las zonas donde se identificaron los pares (alta intensidad de pastoreo y baja en el caso del experimento 1 y parches en el experimento 2).

## 5.6 VARIABLES ANALIZADAS

Para caracterizar cada sitio se evaluaron las variables: altura de forraje (cm), forraje disponible (kg/ha), porcentaje de suelo desnudo y porcentaje de material verde.

En el experimento 1 se evaluaron los predios 1, 2, 3, 4 y sus respectivos vecinos, para las variables: porcentaje de C y N, DAP (Mg/m<sup>3</sup>), stock de C y N (Mg) por fracción y total, y relación C:N. El porcentaje de C y N total fue muestreado de 0 a 70 cm (en caso de que los sitios permitieran el muestreo a tales profundidades), mientras que las variables restantes fueron obtenidas hasta los

30 cm de profundidad, ya que esa fue la profundidad máxima a la cual se obtuvo la DAp, variable con la cual se hace posible el cálculo del stock.

En el experimento 2, se evaluaron los predios con presencia de parches (predio 1, 3 y 7). Las variables analizadas fueron: porcentaje de C y N, DAp (Mg/m<sup>3</sup>), stock de C y N (Mg) por fracción y total, y relación C:N para cada parche. Como se explica en el párrafo anterior, el porcentaje de C y N fue muestreado de 0 – 70 cm y las variables restantes fueron obtenidas hasta los 30 cm de profundidad.

## 5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la caracterización de sitio se realizaron análisis de varianza a partir del ajuste de un modelo lineal general (para cada una de las 3 variables estudiadas). Para los experimentos 1 y 2 se ajustó un modelo lineal con el efecto IP y el efecto sitio, para cada profundidad. El nivel de significancia empleado fue de 5% para todas las variables. Las medias de los efectos significativos se compararon mediante la prueba de Tukey-Kramer. Se utilizó el paquete estadístico RStudio Team (2020), empleando la función “lm” dentro de dicho paquete estadístico (se presentan los scripts empleados en dicho programa en el anexo N° 11).

## 6. RESULTADOS

La altura de forraje (cm), forraje disponible (kg/ha), porcentaje de suelo desnudo y porcentaje de material verde, se obtuvieron los resultados presentados en la figura N° 14 a continuación:

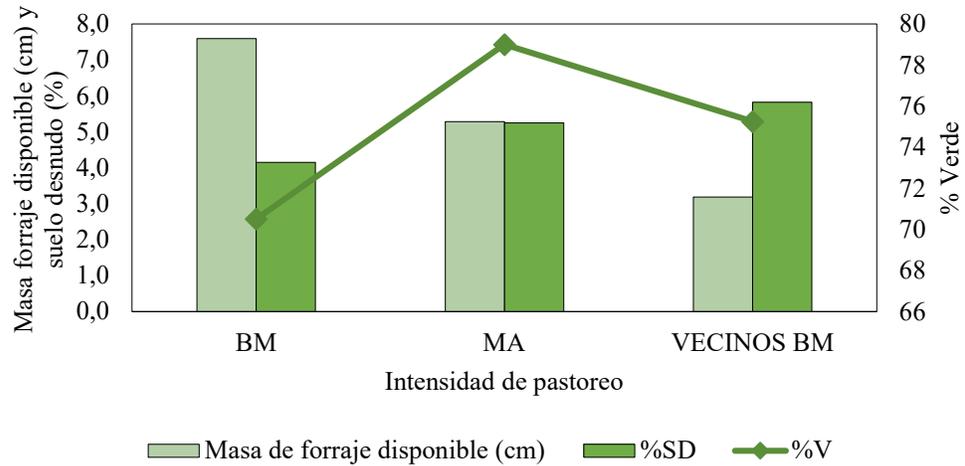


Figura N° 14. Promedio de masa de forraje (cm), suelo desnudo (% SD) y presencia de material verde (% V) en función de la IP BM; predios con intensidad de pastoreo baja/media (predios: 1, 2, 3, 4). MA; predios con intensidad de pastoreo media/alta (predios 5, 6, 7, 8). VECINOS BM; predios vecinos agregados.

No se encontraron diferencias significativas para las variables estudiadas.

Considerando una equivalencia de 300 kg MS por cm (Do Carmo et al., 2018) se presenta a continuación en el cuadro N° 5 los kilos de materia seca promedio de los sitios bajo relevamiento para el momento de visita.

Cuadro N° 5. Masa de forraje disponible en cm y en kg MS

Intensidad pastoreo	PROMEDIO según IP	
	Altura de forraje disponible (cm)	Masa de forraje disponible (Kg MS)
<b>BM</b>	7,6	2278
<b>MA</b>	5,3	1584
<b>Predios vecinos de BM</b>	3,2	955
<b>Desvío estándar</b>	2,2	662

Los resultados de caracterización de sitio (0 a 20 cm del suelo) son presentados a continuación en el Cuadro N° 6 y N° 7.

Cuadro N° 6. Resultados obtenidos a partir de la caracterización de sitio para todos los sitios, determinando: granulometría y clase textural.

Muestra	IP	Granulometría			Clase Textural	
		Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Nombre	Abrev.
<b>1</b>	MB	60	16	24	Franco arcillo arenoso	FAcAr
<b>1 vecino</b>	MA	56	19	25	Franco arcillo arenoso	FAcAr
<b>2</b>	MB	46	24	29	Franco arcillo arenoso	FAcAr
<b>2 vecino</b>	MA	45	27	28	Franco arcillo arenoso	FAcAr
<b>3</b>	MB	37	32	31	Franco arcilloso	FAc
<b>3 vecino</b>	MA	38	30	32	Franco arcilloso	FAc
<b>4</b>	MB	70	7	23	Franco arcillo arenoso	FAcAr
<b>4 vecino</b>	MA	64	10	26	Franco arcillo arenoso	FAcAr

Cuadro N° 7. Resultados obtenidos a partir de la caracterización de sitio para todos los sitios, evaluando: pH en agua, Fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K), Sodio (Na), Carbono orgánico (C.O.) y materia orgánica (M.O.).

	IP	pH en agua	P	Ca	Mg	K	Na	C.O.	M.O.
Muestra	Medio/alto (MA), medio/bajo (MB)	-----	mg/kg (ppm)	cmolc/kg (meq/100g)			%		
<b>1</b>	MB	5,06	1	3,03	1,77	0,23	0,14	2,37	4,08
<b>1 vecino</b>	MA	5,03	1	2,66	1,73	0,16	0,13	2,73	4,71
<b>2</b>	MB	5,06	1	1,61	1,84	0,46	0,1	1,9	3,27
<b>2 vecino</b>	MA	5,04	1	1,85	1,86	0,48	0,1	2,16	3,73
<b>3</b>	MB	5,06	1	5,19	2,44	0,67	0,13	2,84	4,89
<b>3 vecino</b>	MA	4,94	2	6,41	2,99	0,94	0,13	3,18	5,48
<b>4</b>	MB	5,12	4	3,44	1,37	0,23	0,07	2,03	3,49
<b>4 vecino</b>	MA	5,14	4	4,42	1,85	0,19	0,08	1,97	3,39

Como se puede observar a partir del cuadro N° 6 y N° 7, cada predio presenta suelos muy similares al vecino correspondiente, en términos de textura y características químicas.

## 6.1 RESULTADOS EXPERIMENTO 1

A continuación, se presentan en el cuadro N° 8 las variables estudiadas, modelo utilizado, significancia y *p*-valor para el experimento 1 (en anexos N° 7 y N° 8 se presenta el desglose de los datos obtenidos para el experimento 1).

Cuadro N° 8. Variables estudiadas, modelo utilizado, significancia y *p*-valor para el experimento 1.

<b>Variable</b>	<b>Modelo empleado en RStudio</b>	<b>Significancia</b>	<b><i>p</i>-valor</b>
<b>%N</b>	model1=lm(porc_N ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)	IP no resultado significativamente diferente en ninguna profundidad.	-
<b>%C</b>	model1=lm(porc_C ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)	IP resultó significativamente diferente de 5 a 10 cm.	0,05
<b>DAP</b>	model1=lm(dap ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)	IP no resultado significativamente diferente en ninguna profundidad.	-
<b>Stock C MOP</b>	model1=lm(stock_MOP ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)	IP no resultado significativamente diferente en ninguna profundidad.	-
<b>Stock C MOAM</b>	model1=lm(stock_MOAM ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)	IP no resultado significativamente diferente en ninguna profundidad.	-
<b>Stock total C</b>	model1=lm(stock_total ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)	IP no resultado significativamente diferente en ninguna profundidad.	-
<b>Stock N MOP</b>	model1=lm(stock_N_MOP ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)	IP no resultado significativamente diferente en ninguna profundidad.	-
<b>Stock N MOAM</b>	model1=lm(stock_N_MOAM ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)	IP no resultado significativamente diferente en ninguna profundidad.	-
<b>Stock total N</b>	model1=lm(stock_total_N ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)	IP no resultado significativamente diferente en ninguna profundidad.	-
<b>Rel. C:N</b>	model1=lm(rel_CN ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)	IP resultó significativamente diferente de 20 a 30 cm.	0,05

Aclaración: el modelo empleado en RStudio fue repetido para cada profundidad, cambiando la última parte del modelo, en el cuadro se presenta únicamente el modelo empleado en la profundidad A, correspondiente a 0 – 5 cm.

A continuación, se presentan en el cuadro N° 9 las medias correspondientes para cada variable en profundidad, para el tratamiento IP BM (predios 1, 2, 3, 4) e IP MA (vecinos de predios 1, 2, 3, 4). La comparación que se observa dentro de dicho cuadro es para cada profundidad, dentro de cada variable estudiada.

Cuadro N° 9. Medias de las variables estudiadas en el experimento 1 para los dos tratamientos estudiados, en función de la profundidad, “-” = no corresponde. Valores entre paréntesis corresponden al error estándar.

IP	BM	MA	BM	MA	BM	MA	BM	MA	BM	MA	BM	MA	BM	MA	BM	MA	BM	MA	BM	MA
Prof.	%N		% C		DAp		Stock C MOP		Stock C MOAM		Stock Total C		Stock N MOP		Stock N MOAM		Stock total N		rel C:N	
<b>0 a 5</b>	0,28a (0,02)	0,28a (0,02)	2,92a (0,33)	2,84a (0,33)	0,94a (0,04)	0,90a (0,04)	3,98a (0,86)	3,63a (0,86)	9,77a (1,7)	9,24a (1,7)	13,8a (2,16)	12,9a (2,16)	0,47a (0,04)	0,47a (0,04)	0,83a (0,17)	0,80a (0,17)	1,30a (0,18)	1,27a (0,18)	10,5a (0,28)	10,1a (0,28)
<b>5 a 10</b>	0,22a (0,22)	0,24a (0,24)	1,95b (0,06)	2,23a (0,06)	1,27a (0,06)	1,17a (0,06)	2,60a (0,77)	2,58a (0,59)	10,3a (0,45)	10,19 (0,35)	12,99a (1,20)	12,77a (0,93)	0,47a (0,05)	0,48a (0,04)	0,97a (0,13)	0,89a (0,10)	1,47a (0,18)	1,38a (0,14)	8,94a (0,33)	9,24a (0,26)
<b>10 a 20</b>	0,19a (0,025)	0,23a (0,025)	1,65a (0,31)	2,12a (0,31)	1,31a (0,05)	1,18a (0,05)	1,60a (1,25)	4,65a (1,61)	19,93a (0,93)	16,25a (0,93)	21,54a (1,59)	23,61a (1,59)	0,81a (0,04)	0,86a (0,04)	1,67a (0,12)	1,72a (0,12)	2,47a (0,13)	2,59a (0,13)	8,57a (0,22)	8,88a (0,22)
<b>20 a 30</b>	0,16a (0,01)	0,18a (0,01)	1,24a (0,11)	1,59a (0,08)	1,34a (0,03)	1,32a (0,02)	2,59a (0,30)	3,25a (0,23)	14,0a (0,98)	17,61 (0,75)	16,6a (0,88)	20,9a (0,68)	0,72a (0,09)	0,88a (0,07)	1,33a (0,11)	1,54a (0,08)	2,02a (0,08)	2,42 (0,06)	8,22b (0,05)	8,56a (0,04)
<b>30 a 50</b>	0,28a (0,06)	0,18a (0,09)	1,15a (0,27)	1,43a (0,39)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Stock total*</b>	-	-	-	-	-	-	9,95	16,82	56,29	53,29	75,11	86,94	2,51	2,69	4,84	4,96	7,36	7,65	-	-

\*Aclaración: no fue posible analizar estadísticamente el stock de C total de 0 – 30 cm debido a la falta de datos en uno de los predios.

## 6.2 RESULTADOS EXPERIMENTO 2

A continuación, se presentan en el cuadro N° 11 las variables estudiadas, modelo utilizado, significancia y *p*-valor para el experimento 2 (en el anexo N° 9 se presenta el desglose de los datos obtenidos para el experimento 2).

Cuadro N° 11. Variables estudiadas, modelo utilizado, significancia y *p*-valor para el experimento 2. Filas en gris representan un *p*-valor superior al establecido como máximo.

Variable	Modelo empleado en RStudio	Significancia	<i>p</i> -valor
%N	model1=lm(porc_N ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)	Parches no resultaron significativamente diferentes.	-
%C	model1=lm(porc_C ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)	Parches no resultaron significativamente diferentes.	-
DAp	model1=lm(dap ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)	Parches no resultaron significativamente diferentes.	-
Stock C MOP	model1=lm(stock_MOP ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)	Parches no resultaron significativamente diferentes.	-
Stock C MOAM	model1=lm(stock_MOAM ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)	Parches no resultaron significativamente diferentes.	-
Stock total C	model1=lm(stock_total ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)	Parches no resultaron significativamente diferentes.	-
Stock N MOP	model1=lm(stock_N_MOP ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)	Parches no resultaron significativamente diferentes.	-
Stock N MOAM	model1=lm(stock_N_MOAM ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)	Parches no resultaron significativamente diferentes.	-
Stock total N	model1=lm(stock_total_N ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)	Parches no resultaron significativamente diferentes.	-
Rel. C:N	model1=lm(rel_CN ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)	Parches no resultaron significativamente diferentes.	-

Aclaración: el modelo empleado en RStudio fue repetido para cada profundidad, cambiando la última parte del modelo, en el cuadro se presenta únicamente el modelo empleado en la profundidad A, correspondiente a 0 – 5 cm.

Al igual que en el caso del experimento 1, se presenta en el cuadro N° 12 las medias de cada tratamiento (parche alto y parche bajo) para cada variable en profundidad.

Cuadro N° 12. Medias de las variables estudiadas en el experimento 2 para los dos tratamientos estudiados, en función de la profundidad, “-” = no corresponde. Parche “B” = bajo, Parche “A” = alto. Valores entre paréntesis corresponden al error estándar.

Parche	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A
Prof.	%N		% C		DAp		Stock C MOP		Stock C MOAM		Stock Total C		Stock N MOP		Stock N MOAM		Stock total N		rel C:N	
<b>0 a 5</b>	0,29b (0,004)	0,33a (0,004)	3,03a (0,12)	3,59a (0,12)	0,91a (0,07)	0,91a (0,07)	3,14a (0,49)	4,96a (0,49)	10,77a (1,64)	11,53a (1,64)	13,9a (1,62)	16,5a (1,62)	0,39a (0,02)	0,48a (0,02)	0,93a (0,12)	1,01a (0,12)	1,33a (0,09)	1,49a (0,09)	10,4a (0,52)	11,04a (0,52)
<b>5 a 10</b>	0,23a (0,01)	0,27a (0,01)	2,00a (0,10)	2,43a (0,10)	1,24a (0,09)	1,03a (0,09)	2,71a (0,57)	2,65a (0,57)	9,85a (1,47)	9,98a (1,47)	12,6a (1,64)	12,6a (1,64)	0,55a (0,02)	0,48a (0,02)	0,90a (0,17)	0,96a (0,17)	1,45a (0,19)	1,44a (0,19)	8,63a (0,05)	8,75a (0,05)
<b>10 a 20</b>	0,20a (0,01)	0,20a (0,01)	1,74a (0,12)	1,71a (0,12)	1,28a (0,01)	1,29a (0,01)	1,94a (0,27)	2,95a (0,27)	20,3a (1,00)	19,3a (1,00)	22,2a (1,25)	22,2a (1,25)	0,67a (0,04)	0,67a (0,04)	1,85a (0,15)	2,00a (0,15)	2,52a (0,13)	2,67a (0,13)	8,65a (0,14)	8,16a (0,14)
<b>20 a 30</b>	0,15a (0,01)	0,18a (0,01)	1,24a (0,11)	1,49a (0,11)	1,31a (0,01)	1,25a (0,01)	1,01a (0,15)	2,11a (0,15)	15,2a (1,05)	16,3a (1,05)	16,2a (1,21)	18,4a (1,21)	0,67a (0,02)	0,67a (0,02)	1,35a (0,10)	1,56a (0,10)	2,03a (0,13)	2,23a (0,13)	7,94a (0,08)	8,16a (0,08)
<b>30 a 50</b>	0,26a (0,05)	0,16a (0,05)	0,75a (0,03)	0,88a (0,03)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>50 a 70</b>	0,16a (0,05)	0,26a (0,05)	0,43a (0,03)	0,58a (0,03)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Stock total</b>	-	-	-	-	-	-	8,8a (0,71)	12,67a (0,71)	56,05a (2,61)	57,07a (2,61)	64,86a (2,11)	69,75a (2,11)	2,29a (0,02)	2,3a (0,02)	5,04a (0,17)	5,53a (0,17)	7,34a (0,18)	7,83a (0,18)	-	-

## 7. DISCUSIÓN

El contenido de COS en campo natural tiene importancia a nivel mundial, sin embargo, resulta necesario realizar estudios locales, en particular, a nivel de sistemas de producción, para lograr entender la dinámica e interacción de todos los factores/agentes involucrados.

Los temas sobre los cuales se centra la discusión son masa de forraje, suelo desnudo y porcentaje de material verde en primera instancia, luego el estudio entre predios (experimento 1) y finalmente el estudio entre parches (experimento 2).

### 7.1 MASA DE FORRAJE, SUELO DESNUDO Y PORCENTAJE DE MATERIAL VERDE

Tal como se puede observar en la figura N° 14, la masa de forraje disponible es mayor para los predios manejados con IP BM, que para los sitios vecinos. Esta mayor disponibilidad de forraje a menor IP es coincidente con lo esperado. El porcentaje de suelo desnudo tuvo una respuesta inversa a la de la masa de forraje; siendo mayor en los predios vecinos, intermedio en los predios con IP MA y encontrado en menor proporción en los sitios con IP BM. El patrón observado en este caso también concuerda con lo esperado. Con respecto al porcentaje de material verde, se puede observar que en el caso de los predios manejados con una mayor asignación (IP BM), el porcentaje es menor.

Estos resultados son claves ya que como se expone previamente en este trabajo, una de las vías de acción del pastoreo sobre el COS propuestas por Piñeiro et al. (2010) es la vía de la PPN, la cual modifica el contenido de COS cambiando la proporción de PPN que llega al suelo. Teniendo en cuenta los datos presentados por Rodríguez Palma (2017), con un aumento en la producción de campo natural sobre basalto, debido al control de la intensidad de pastoreo, resulta interesante evaluar la opción del aumento de producción de la masa de forraje de los sitios evaluados, donde el suelo no presenta una limitante, ya que como se observa en los resultados del experimento 2, los parches altos presentan un %C significativamente superior a los parches bajos.

## 7.2 ESTUDIO ENTRE PREDIOS (EXPERIMENTO 1)

En el caso del experimento 1, lo esperable en función de la hipótesis planteada, era que existan diferencias significativas entre los tratamientos planteados (IP BM e IP MA) para el COS y demás variables estudiadas. Sin embargo, a partir de los resultados obtenidos luego del análisis estadístico, las variables que fueron significativas son: %C de 5 a 10 cm y relación C:N de 20 a 30 cm. En el caso de la variable %C, el resultado encontrado (superior en los predios IP MA), podría deberse a una mayor presencia de raíces del estrato bajo en dichos predios. Con respecto a la variable relación C:N, el resultado puede estar explicado por una mayor actividad de raíces en profundidad en los predios con IP MA.

Algunas posibles causas por las cuales los resultados en el stock de COS no coinciden con lo esperado pueden ser que los suelos estén saturados de C (la saturación es definida por Stewart et al. (2007) como el límite de un suelo para admitir el ingreso de C, debido a sus propiedades) o que la PPN e ingresos de C al suelo no sean suficientes para permitir niveles superiores de C, tal como sugieren Álvarez et al. (2021) tras no encontrar diferencias significativas en acumulación de C en los predios bajo relevamiento ubicados en la región pampeana, muestreados en 2007 y 2019. Dichos autores sugieren que es más posible la segunda teoría planteada y no que los suelos estén saturados, ya que en un estudio realizado por Berhongaray et al. (2013) en la misma región, se observaron niveles superiores de COS en sitios con presencia de forestación. Al mismo tiempo, podría estar operando una restricción de N, mediante la vía de N planteada por Piñeiro et al. (2010) presentada anteriormente, sin embargo, en el estudio presentado por Bondaruk et al. (2020) no se reportan aumentos consistentes (en el stock total de C) en todos los sitios donde se realizó el mejoramiento con leguminosas y fertilización con fósforo (como era esperado). Los valores reportados por Bondaruk et al. (2020) son similares a los encontrados en el presente trabajo, particularmente para los contenidos de C y N en la MOAM (49.6 ton/ha y 4.6 ton/ha, respectivamente en dicho trabajo y 51.47 ton/ha y 4.61 ton/ha, respectivamente en el presente trabajo, ver anexo N° 10), que es la fracción que posee más participación dentro de la MOS, razón por la cual sería esperable encontrar un comportamiento similar al reportado por Bondaruk et al. (2020) descartando la limitante del N. Asimismo, observando el resumen presentado en el anexo N° 10 se puede ver que la relación C:N promedio para los

vecinos (IP MA) es superior a la de los predios bajo relevamiento (IP BM), a partir de lo que también podría inferirse que en el caso de los predios pertenecientes al proyecto el N no llega a ser una limitante en los niveles de producción actuales.

Otras posibles causas son que la cantidad de predios muestreados y repeticiones en este estudio fue limitada (“n” pequeño), además, en este experimento no se consideran los parches presentes en algunos de los predios lo que puede modificar el resultado de los análisis (como se presenta en los resultados del experimento 2), sugiriendo la necesidad de plantear otra forma de muestreo para trabajos futuros.

### 7.3 ESTUDIO ENTRE PARCHES (EXPERIMENTO 2)

En este experimento se esperaba encontrar diferencias significativas entre los tratamientos (parche alto y parche bajo). Al analizar estadísticamente los resultados, la única variable que obtuvo diferencias significativas entre parches fue el %N de 0 a 5 c. Por otra parte, la variable % C no resultó significativamente diferente entre parches, pero obtuvo una media superior en el caso de parches altos. Estos resultados sugieren que, mediante la gestión de pastoreo, logrando una estructura heterogénea con presencia de parches, podría darse un mayor ingreso de C al suelo, aumentando el stock de dicho nutriente en el mismo y sin afectar la producción animal tal cual sugiere el trabajo de Da Trindade et al. (2016), quienes desarrollan el uso potencial de la estructura de parches como una herramienta de manejo en campo natural para promover un consumo de forraje y nutrientes superior, por parte del ganado.

Otra variable que, si bien no fue estadísticamente significativa entre los tratamientos, obtuvo un promedio superior fue el Stock C MOP. En ese caso, la media también fue superior en el parche alto, lo que resulta esperable ya que puede estar asociado tanto a una masa radicular superior como a una mayor PPNA y por ende más cantidad de restos secos a ingresar al suelo lo que podría resultar en un aumento en la MOP (ya que esta se conforma en parte por fragmentos parcialmente descompuestos), es decir, que en este caso estaría operando la vía de la PPN propuesta por Piñeiro et al. (2010). Este resultado se presenta debido a que se considera un buen punto de partida para futuras investigaciones, ya que, a pesar de no ser en teoría significativamente diferente, denota la posibilidad de

que las diferencias se acentúen con el mismo manejo prolongado en el tiempo. El stock total de C reflejó la misma tendencia que el % C (valores superiores en el caso de parches altos). Sin embargo, no resulta significativamente diferente en ninguna profundidad, lo que podría estar explicado porque ni la MOP ni la MOAM (variable que explica en promedio un 83% del total de stock de C en sitios evaluados dentro de experimento, ver anexo N°10) reflejaron diferencias significativas a lo largo del perfil del suelo.

Dentro de este experimento también se presentaron algunas limitantes como las planteadas para el experimento 1, tales como: número de repeticiones y muestreos limitados.

Teniendo en cuenta lo presentado anteriormente, se podría pensar que la estrategia de gestión de la intensidad de pastoreo del campo natural para promover heterogeneidad con parches de diferentes alturas mejoraría la producción de forraje (Ebeling et al., 2020) el consumo animal (Da Trindade et al., 2016) y podría tener efecto sobre el contenido de COS (en % o stock). Sin embargo, es necesario diseñar trabajos más robustos para analizar la diferencia en COS entre tipos de parches, ya que como se explica anteriormente, el número de predios muestreados es reducido y por lo tanto no es posible hacer una afirmación general que pueda aplicarse a escalas mayores.

## 8. CONCLUSIONES

La gestión de la intensidad de pastoreo del campo natural a escala predial permite que los sistemas trabajen con mayor masa de forraje, logrando mantener el COS (en porcentaje y stock) de los parches bajos y presentando una tendencia a tener más COS en los parches altos, sumado a los beneficios productivos que representa el manejo moderado de la IP del campo natural. Sin embargo, es necesario el desarrollo de más trabajos a escala predial, con una mayor cantidad de predios involucrados, con más años de implementación del control de la IP, abarcando la mayor heterogeneidad de suelos y características climáticas posible para obtener resultados robustos.

## 9. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar si existen diferencias en el contenido de COS, potreros de campo natural sometidos a cambios de la IP, sobre campo natural, y determinar, para los sitios sobre los cuales había una estructura de parches heterogéneos (alto y bajo), si existían diferencias en el stock de COS entre los mismos. Para lograr estos objetivos fueron planteados dos experimentos dentro del trabajo: análisis entre predios (experimento 1) y análisis entre parches (experimento 2). El diseño experimental empleado en ambos experimentos fue un DCA sin repeticiones, en cuatro localidades. Para el experimento 1 los tratamientos fueron planteados en función de la IP, correspondiendo un tratamiento a la IP MA (OF de 4 a 7% o una altura superior a 5 cm en promedio; 1500 kg MS/ha) y el otro a la IP MB (OF de 2 a 3% o una altura de 4 cm en promedio; 1200 kg MS/ha). Para experimento 2, se plantearon los tratamientos en función de los parches alto (15,6 cm de altura promedio) y bajo (4,3 cm de altura promedio). Para ambos experimentos, se obtuvieron muestras de 0 a 70 cm para caracterización general de cada sitio y para relevamiento de C% y N% y se obtuvieron muestras de hasta 30 cm de profundidad para DAp, permitiendo el cálculo de stock de C y N hasta dicha profundidad. En una fase de laboratorio posterior a la extracción de las muestras se realizó el fraccionamiento físico de la MOS hasta los 30 cm de profundidad y se relevó el contenido porcentual de C y N para todas las muestras extraídas. Las variables analizadas fueron: porcentaje de C y N, DAp (Mg/m<sup>3</sup>), stock de C y N (Mg) por fracción y total, y relación C:N. El modelo utilizado es fue para la caracterización de sitio se realizaron análisis de varianza a partir del ajuste de un modelo lineal general (para cada una de las 3 variables estudiadas). Para los experimentos 1 y 2 se ajustó un modelo lineal con el efecto IP y el efecto sitio, para cada profundidad. Se utilizó el paquete estadístico RStudio. Los resultados generales para el experimento 1 fueron que se encontraron diferencias significativas entre predios para la variable %C de 5 a 10 cm, superior en predios IP MA, a diferencia de lo esperado. En el experimento 2 se encontraron diferencias significativas entre parches para la variable %N. El %C no fue significativamente diferente a lo largo del perfil, pero denotó tendencias superiores en los parches altos. A partir del trabajo se puede concluir que la gestión de la intensidad de pastoreo a escala predial que se traduce en heterogeneidad de campo natural con parches altos y bajos existen diferencias significativas en el contenido de COS entre los parches.

Palabras clave: pastoreo, intensidad/intensidades de pastoreo, contenido de carbono orgánico del suelo, contenido de nitrógeno orgánico del suelo, pastura, pastizal, pradera.

## 10. SUMMARY

The objective of this work was to determine if there were differences in the SOC content, in sites subjected to different grazing intensities, on natural grasslands, and to determine, for the sites on which there was a structure of heterogeneous patches (high and low), if there were significant differences in the SOC stock between them. To achieve these objectives, two experiments were proposed within the work: analysis between sites (experiment 1) and analysis between patches (experiment 2). The experimental design used in both experiments was a DCA without repetitions, in four locations. For experiment 1, the treatments were proposed based on the grazing intensity, one treatment corresponding to grazing intensity “MA” (OF from 4 to 7% or a height greater than 5 cm on average; 1500 kg DM/ha) and the other to the grazing intensity “MB” (OF from 2 to 3% or a height of 4 cm on average; 1200 kg DM/ha). For experiment 2, the treatments were proposed based on the patches: high patches (15.6 cm average height) and low patches (4.3 cm average height). For both experiments, samples from 0 to 70 cm were obtained for the general characterization of each site and for the survey of C% and N%, and samples up to 30 cm deep were obtained for Dap, allowing the calculation of the C and N stock up to that depth. In a laboratory phase after the extraction of the samples, the physical fractionation of the SOM was carried out up to a depth of 30 cm and the percentage content of C and N was surveyed for all the extracted samples. The variables analysed were percentage of C and N, DAp (Mg/m<sup>3</sup>), stock of C and N (Mg) by fraction and total, and C:N ratio. The model used is for site characterization, analysis of variance was performed from the fit of a general linear model (for each of the 3 variables studied). For experiments 1 and 2, a linear model was fitted with the IP effect and the site effect, for each depth. The statistical package RStudio was used. The general results for experiment 1 were that significant differences were found between farms for the %C variable from 5 to 10 cm, higher in IP MA farms, unlike what was expected. In experiment 2, significant differences were found between patches for the %N variable. The %C was not significantly different across the profile but showed higher trends in the high patches. From the work it can be concluded that the management of grazing intensity at the farm scale, which translates into heterogeneity of the natural field with high and low patches, there are significant differences in the COS content between the patches.

Keywords: grazing, grazing intensity/intensities, soil organic carbon content, soil organic nitrogen content, pasture, grassland, prairie.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, V. G.; Batello, C.; Berretta, E. J.; Hodgson, J.; Kothmann, M.; Li, X.; McIvor, J.; Milne, J.; Morris, C.; Peeters, A.; Sanderson, M. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. (en línea). Grass and Forage Science. 66(1): 2 - 28. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>
2. Altesor, A.; Piñeiro, G.; Lezama, F.; Rodríguez, C.; Leoni, E.; Baeza, S.; Paruelo, J. M. 2005. El efecto del pastoreo sobre la estructura y el funcionamiento de las praderas naturales uruguayas: ¿Qué sabemos y cómo podemos usar ese conocimiento para manejarlas mejor? Montevideo, INIA. pp. 21 - 32. (Serie Técnica no. 151).
3. Altieri, M.; Nicholls, C. 2000. Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable. México D.F., Naciones Unidas. 257 p.
4. Álvarez, R.; Berhongaray, G.; Giménez, A. 2021. Are grassland soils of the pampas sequestering carbon?. (en línea). Science of the Total Environment. 763: 142978. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142978>
5. Berhongaray, G.; Alvarez, R.; De Paepe, J. L.; Caride, C.; Cantet, R. 2013. Land use effects on soil carbon in the Argentine Pampas. (en línea). Geoderma. 192: 97 - 110. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2070629>
6. Bermúdez, R.; Ayala, W. 2005. Producción de forraje de un campo natural de la zona de lomadas del Este. Montevideo, INIA. pp. 33 - 39. (Serie Técnica no. 151).
7. Berretta, E. J. 1991. Producción de pasturas naturales en el Basalto: A. Producción mensual y estacional de forraje de cuatro comunidades nativas sobre suelos de basalto. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 12 - 18. (Serie Técnica no. 13).
8. Bertol, I.; Gomes, K. E.; Denardin, R. B. N.; Machado, L. A. Z.; Maraschin, G. E. 1998. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. (en línea). Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 33: 779 - 786. Consultado mar 2022. Disponible en <https://docplayer.com.br/70397410->

[Propiedades-fisicas-do-solo-relacionadas-a-diferentes-niveis-de-oferta-de-forragem-numa-pastagem-natural-1.html](#)

9. Boggiano, P. 2003. Componente manejo y conservación de la diversidad biológica: subcomponente manejo integrado de pradera. Montevideo, s.e. 72 p.
10. Bondaruk, V.; Lezama, F.; del Pino, A.; Piñeiro, G. 2020. Overseeding legumes in natural grasslands: Impacts on root biomass and soil organic matter of commercial farms. (en línea). Science of the Total Environment. 743: 140771. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140771>
11. Bossi, J.; Ferrando, L. A.; Fernández, A. N.; Elizalde, G.; Morales, H.; Ledesma, J. J.; Carballo, E.; Medina, E.; Ford, I.; Montaña, J. R. 1975. Carta geológica del Uruguay. Montevideo, MAP. 32 p.
12. \_\_\_\_\_; Ortiz, A.; Caggiano, R.; Olivera, C. 2011. Manual didáctico de geología para estudiantes de agronomía. Montevideo, UDELAR, CSIC. 154 p.
13. Brady, N. C.; Weil, R. R. 2002. Soil Organic Matter. In: The Nature and Properties of Soils. New Jersey, Prentice Hall. pp. 544 - 597.
14. Brougham, R. W. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. Australian Journal of Agricultural Research. 7: 377 - 387.
15. Burke, I. C.; Lauenroth, W. K.; Vinton, M. A.; Hook, P. B.; Kelly, R. H.; Epstein, H. E.; Aguiar, M. R.; Robles, M. D.; Aguilera, M. O.; Murphy, K. L.; Gill, R. A. 1998. Plant-soil interactions in temperate grasslands. Biogeochemistry. 42: 121 - 143.
16. Cambardella, C.; Elliott, E. 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Science Society of America Journal. 56: 777 - 783. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.2136/sssaj1992.03615995005600030017x>
17. Carámbula, M.; Bermúdez, R.; Ayala, W.; Carriquiry, E. 1997. Campo natural: variables básicas que permiten fijar pautas para su manejo. In: Jornada Anual de Producción Animal Unidad Experimental Palo a Pique (1997, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Treinta y Tres, INIA. pp. 5 - 14. (Actividades de Difusión no. 136).
18. \_\_\_\_\_. 2008. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. v. 1, 400 p.
19. Casalás Mouriño, F. 2019. Dinámica espacio temporal de la estructura del campo natural bajo dos ofertas de forraje. Tesis Mag. Ciencias

- Agrarias opción Ciencias Animales. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 64 p.
20. Chapin, F. S.; Matson, P. A.; Vitousek, P. M. 2011. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. (en línea). 2º ed. New York, Springer. Consultado oct. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9504-9>
  21. Conte, O.; Wesp, C. de L.; Anghinoni, I.; Carvalho, P. C. de F.; Levien, R.; Nabinger, C. 2011. Densidade, agregação e frações de carbono de um Argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. (en línea). Revista Brasileira de Ciência do Solo. 35(2): 579 - 587. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200027>
  22. Corredor Camargo, E. S.; Fonseca Carreño, J. A.; Páez Barón, E. M. 2012. Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el bienestar humano. (en línea). Revista de Investigación Agraria y Ambiental. 3(1): 77 - 83. Consultado ago. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.22490/21456453.936>
  23. Da Trindade, J. K.; Neves, F. P.; Pinto, C. E.; Bremm, C.; Mezzalira, J. C.; Nadin, L. B.; Genro, T. C. M.; Gonda, H. L.; Carvalho, P. C. F. 2016. Daily forage intake by cattle on natural grassland: response to forage allowance and sward structure. (en línea). Rangeland Ecology & Management. 69(1): 59 - 67. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.rama.2015.10.002>
  24. Derner, J. D.; Boutton, T. W.; Briske, D. D. 2006. Grazing and Ecosystem Carbon Storage in the North American Great Plains. (en línea). Plant and Soil. 280(1-2): 77 - 90. Consultado jul. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s11104-005-2554-3>
  25. Do Carmo, M.; Sollenberger, L. E.; Carriquiry, M.; Soca, P. 2018. Controlling herbage allowance and selection of cow genotype improve cow-calf productivity in Campos grasslands. (en línea). The Professional Animal Scientist. 34(1): 32 - 41. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.15232/pas.2016-01600>
  26. Duru, M.; Jouany, C.; Le Roux, X.; Navas, M. L.; Cruz, P. 2013. From a conceptual framework to an operational approach for managing grassland functional diversity to obtain targeted ecosystem services: Case studies from French mountains. (en línea). Renewable

- Agriculture and Food Systems. 29(3): 239 - 254. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1017/S1742170513000306>
27. Ebeling, D.; Tonn, B.; Isselstein, J. 2020. Primary productivity in patches of heterogeneous swards after 12 years of low-intensity cattle grazing. (en línea). Grass and Forage Science. 75(4): 398 - 408. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gfs.12505>
28. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2021. Servicios ecosistémicos y biodiversidad. (en línea). Roma. Consultado jul. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/supportingservices/es/>
29. Galantini, J. A.; Suñer, L. 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. Agriscientia. 15(1): 41 - 55.
30. Grimm, V.; Wissel, C. 1997. Babel, or the ecological stability discussions: an inventory and analysis of terminology and a guide for avoiding confusion. (en línea). Oecologia. 109(3): 323 - 334. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s004420050090>
31. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2015. Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas. (en línea). Tacuarembó. 19 p. Consultado set 2022. Disponible en <http://inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/El%20Suelo%2020%20de%20mayo.pdf>
32. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). 2022. Mapa de estaciones. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado ene. 2022. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/recursos-hidricos/mapa-de-estaciones>
33. Jiang, Z.; Hu, Z.; Lai, D. Y. F.; Han, D.; Wang, M.; Liu, M.; Zhang, M.; Guo, M. 2020. Light grazing facilitates carbon accumulation in subsoil in Chinese grasslands: A meta-analysis. (en línea). Global Change Biology. 26(12): 7186 - 7197. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1111/gcb.15326>
34. Kiehl, E. J. 1979. Manual de Edafología: relação solo-planta. São Paulo, Ceres. 263 p.
35. Laca, E. A.; Lemaire, G. 2000. Measurement sward structure. In: Mannetje, L. T.; Jones, R. M. eds. Field and laboratory methods for grassland

and animal production research. Wallingford, CAB International. pp. 103 - 121.

36. Mas, C.; Bermúdez, C.; Ayala, W. 1997. Crecimiento de las pasturas naturales en dos suelos de la región Este. Montevideo, INIA. pp. 59 - 67. (Serie Técnica no. 13).
37. McGilloway, D. A.; Cuchnahan, A.; Laidlaw, A. S.; Mayne, C. S.; Kilpatrick, D. J. 1999. The relationship between level of swards height reduction in a rotationally grazed swards and short-term intake rates of dairy cows. Grass and Forage Science. no. 54: 116 - 126.
38. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2020. Anuario estadístico agropecuario. Montevideo. 270 p.
39. \_\_\_\_\_. DSF (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes, UY). 1976. Carta de reconocimiento de Suelos del Uruguay. (en línea). Montevideo. Esc. 1:1.000.000. Color. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/politicas-y-gestion/carta-reconocimiento-suelos-del-uruguay-escala-11000000>
40. \_\_\_\_\_. RENARE (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Recursos Naturales Renovables, UY). s.f. Descripción de grupos de suelos CO.N.E.A.T. (en línea). Montevideo. 62 p. Consultado ago. 2022. Disponible en [https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-03/Descripci%C3%B3n%20de%20Grupos%20de%20suelos%20CO%20NEAT\\_0.pdf](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-03/Descripci%C3%B3n%20de%20Grupos%20de%20suelos%20CO%20NEAT_0.pdf)
41. Millot, J. C.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 197 p.
42. Modernel, P.; Picasso, V.; Do Carmo, M.; Rossing, W. A. H.; Corbeels, M.; Soca, P.; Dogliotti, S.; Tiftonell, P. 2019. Grazing management for more resilient mixed livestock farming systems on native grasslands of southern South America. (en línea). Grass and Forage Science.

- 74(4): 636 - 649. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1111/gfs.12445>
43. Molfino, J. H.; Califra, A. 2001. Agua disponible de las tierras del Uruguay: segunda aproximación. Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Dirección General de Recursos Naturales Renovables, División Suelos y Aguas. 13 p.
  44. Moojen, E. L.; Maraschin, G. E. 2002. Potencial productivo de una pastagem nativa do Rio Grande do Sul submetida a níveis de oferta de forragem. (en línea). *Ciência Rural*. 32(1): 127 - 132. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000100022>
  45. Panario, D. 1988. Geomorfología del Uruguay: Propuesta de un marco estructural y un esquema de evolución del modelado del relieve uruguayo. Montevideo, Universidad de la República. 44 p.
  46. Piñeiro, G.; Paruelo, J. M.; Jobbágy, E. G.; Jackson, R. B.; Oesterheld, M. 2009. Grazing effects on belowground C and N stocks along a network of cattle exclosures in temperate and subtropical grasslands of South America. (en línea). *Global Biogeochemical Cycles*. 23(2): GB2003. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1029/2007GB003168>
  47. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Oesterheld, M.; Jobbágy, E. G. 2010. Pathways of grazing effects on soil organic carbon and nitrogen. (en línea). *Rangeland Ecology & Management*. 63(1): 109 - 119. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.2111/08-255.1>
  48. Rabuffetti, A. 2017. La fertilidad del suelo y su manejo. Montevideo, Hemisferio Sur. 396 p.
  49. Rauber, L. R.; Sequinatto, L.; Kaiser, D. R.; Bertol, I.; Baldissera, T. C.; Garagorry, F. C.; Sbrissia, A. F.; Pereira, G. E.; Pinto, C. E. 2021. Soil physical properties in a natural highland grassland in southern Brazil subjected to a range of grazing heights. (en línea). *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 319: 107515. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107515>
  50. Ring, C. B.; Nicholson, R. A.; Launchbaugh, J. L. 1985. Vegetational traits of patch-grazed rangeland in west-central Kansas. *Journal of Range Management*. 38(1): 51 - 55.
  51. Rodríguez Palma, R. 2017. El campo natural: recurso para intensificar la ganadería del Basalto. (en línea). Salto, Facultad de Agronomía. 6 p.

- Consultado ago. 2022. Disponible en <https://produccionanimal.com.uy/sites/default/files/articulos/2018-11/Ricardo%20Rodriguez%20Palma.%20Material%20Experimento%20pot%2046%20%2016%20a%C3%B1os%20de%20informaci%C3%B3n.pdf>
52. RStudio Team. 2020. RStudio: Integrated Development for R. (en línea). Boston, RStudio. s.p. Consultado jul. 2022. Disponible en <http://www.rstudio.com/>
53. Sala O. E.; Paruelo, J. M. 1997. Ecosystem services in grasslands. *In*: Daily, G. C. ed. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Washington, Island Press. pp. 237 - 252.
54. Sollenberger, L. E.; Moore, J. E.; Allen, V. G.; Pedreira, C. G. S. 2005. Reporting Forage Allowance in Grazing Experiments. (en línea). *Crop Science*. 45(3): 896 - 900. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0216>
55. Stewart, C. E.; Paustian, K.; Conant, R. T.; Plante, A. F.; Six, J. 2007. Soil carbon saturation: concept, evidence and evaluation. (en línea). *Biogeochemistry*. 86(1): 19 - 31. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10533-007-9140-0>
56. Zhao, Y.; Liu, Z.; Wu, J. 2020. Grassland ecosystem services: a systematic review of research advances and future directions. (en línea). *Landscape Ecology*. 35(4): 793 - 814. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10980-020-00980-3>

## 12. ANEXOS

Anexo N° 1. Descripción de grupos CONEAT presentes en el predio

### **Grupo: 2.11a**

Son sierras rocosas con paisaje ondulado fuerte y pendientes entre 5 y 20%. Los materiales geológicos están constituidos básicamente por rocas ígneas, metamórficas y algunas efusivas ácidas, y la rocosidad puede alcanzar niveles de hasta el 10%. En este grupo, deben establecerse dos regiones con asociaciones de suelos diferentes: a) La región sur (Dptos. de Lavalleja, Maldonado, Rocha y parte de Treinta y Tres) donde los suelos dominantes son Brunosoles Subéutricos Háplicos, arenoso franco gravillosos y franco gravillosos, superficiales, pedregosos (Regosoles). Asociados a éstos, ocurren Brunosoles Subéutricos Típicos, francos, moderadamente profundos, a veces profundos (Praderas Pardas moderadamente profundas), en algunos casos a contacto lítico; y Litosoles Subéutricos Melánicos, arenoso gravillosos, a veces pedregosos y muy superficiales; con afloramientos rocosos. Los Brunosoles (Háplicos y Típicos) ocupan en conjunto más del 70% del área y se desarrollan entre los afloramientos de rocas fundamentalmente migmatitas y granitos intrusivos, en tanto que los Litosoles ocurren próximos a los afloramientos, o en las áreas más rocosas de la unidad. b) La región norte (Dptos. de Cerro Largo y norte de Treinta y Tres) en la que los suelos dominantes son Inceptisoles Úmbricos, franco arenosos, gravillosos, a veces pedregosos, superficiales y moderadamente profundos, ácidos con tenores variables de aluminio. Asociados a éstos, existen Litosoles Dísticos, Úmbricos, franco arenosos, gravillosos y ácidos. La vegetación es pradera de ciclo estival y matorrales asociados, y el uso es pastoril. Esta unidad ocupa áreas importantes de la Sierra de los Ríos, extensas zonas entre Valentines, Tupambaé y Treinta y Tres, alrededores de Aiguá, etc. Los suelos son integrantes de la unidad Santa Clara y parte de la unidad Sierra de Aiguá de la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F.). Índice de Productividad 53.

### **Grupo: 2.12**

Son sierras no rocosas de relieve ondulado y ondulado fuerte, con afloramientos en general menores de 5% y pendientes variables entre 5 y 15%. Los suelos son Brunosoles Subéutricos Háplicos y Típicos, arenoso francos y francos, algunas veces arenosos franco gravillosos, superficiales y moderadamente profundos, (Regosoles y Praderas Pardas medias poco profundas). Asociados a éstos, se encuentran Litosoles Subéutricos Melánicos, arenoso-francogravillosos, a veces

muy superficiales y pedregosos y Brunosoles Subéutricos Lúvicos (Praderas Pardas máximas), francos u ocasionalmente arenoso-francos, a veces ródicos (Praderas Rojas). La vegetación es de pradera de ciclo predominantemente estival, a veces con matorral y monte serrano asociado, en general en las gargantas y zonas cóncavas. El uso actual es pastoril. Ocupa grandes extensiones en los Dptos. de Maldonado, Lavalleja, oeste de Treinta y Tres y suroeste de Cerro Largo. Los suelos de este grupo forman parte de la unidad Sierra de Polanco de la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F.). Índice de Productividad 83.

### **Grupo: 10.7**

Corresponde a las unidades 1M y 2M del levantamiento de la cuenca de la laguna Merín y comprende lomadas suaves y fuertes, localizadas entre las colinas cristalinas y la planicie alta de la región. Se distribuye al noreste del Dpto. de Lavalleja, centro-oeste del Departamento de Rocha y sur del Dpto. de Maldonado. El material madre es una lodolita limo arcillosa que recubre con espesores variables el basamento cristalino. El relieve es ondulado suave a ondulado, con interfluvios ligeramente convexos o aplanados y laderas ligeramente convexas con pendientes de alrededor del 2%. Los suelos dominantes son Brunosoles Subéutricos Lúvicos (Praderas Pardas) y Argisoles Subéutricos Melánicos Abrúpticos (Praderas Planosólicas), de color pardo oscuro, textura franca a franco limosa, fertilidad media y drenaje moderadamente bueno a algo imperfecto. Los Brunosoles ocupan las laderas ligeramente convexas, mientras que los Argisoles ocurren en las mismas posiciones o en los interfluvios ligeramente convexos. En los interfluvios aplanados a veces con ojos de agua, se localizan Planosoles Subéutricos Melánicos, de color pardo oscuro, textura franca y drenaje imperfecto. En forma accesoria, en las laderas más convexas se encuentran Vertisoles aunque en algunas regiones, como la existente en la Ruta 15 entre Lascano y Velázquez, estos suelos se encuentran en mayor proporción dentro de la asociación de suelos. El uso es predominantemente pastoril y de agricultura estival asociada. La vegetación es de pradera con predominio de especies de primavera y verano. Este grupo se corresponde con la unidad Alférez de la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F.). Índice de Productividad 131.

Anexo N° 2. Disponibilidad en Kg MS y en cm para los predios bajo relevamiento y para los potreros dentro de los mismos.

<b>Disponible en kgMS/ha promedio predial</b>														
<b>Predio</b>	<b>Ene-21</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene-22</b>	<b>Promedio</b>
<b>1</b>	1066,8	2167,2	2110,9	2347,8	1895,1	1639,1	2044,7	1411,2	1363,9	1879,5	2048,0	2426,7	2539,7	1918,5
<b>2</b>	860,3	1206,6	1458,1	1978,7	1680,4	1078,4	1239,7	750,9	696,6	1035,0	1197,4	1919,0	2033,5	1318,1
<b>3</b>	1298,9	1637,9	1614,4	1971,4	1843,9	1793,5	1716,1	1154,4	1058,9	2042,9	2284,1	1977,1	2142,5	1733,5
<b>4</b>	602,5	1056,0	954,9	1509,0	1485,4	1202,1	1191,0	1042,1	897,8	1071,9	1069,9	1044,9	1413,6	1118,6
<b>5</b>	706,0	1316,2	1231,0	1859,1	1799,5	1499,2	1415,5	841,5	846,4	1627,2	1694,6	2157,5	2745,2	1518,4
<b>6</b>	1413,5	879,8	871,9	1244,6	1313,3	467,5	520,7	615,9	464,3	1228,0	1315,8	708,1	866,7	916,2
<b>7</b>	1212,2	1150,0	1016,0	1776,8	1868,0	1405,8	1667,4	1138,6	1218,7	2031,2	2262,5	3264,6	3237,7	1788,4
<b>8</b>	1289,0	1439,4	1639,5	1885,2	1851,8	1604,8	1565,3	1277,2	1383,2	1365,1	1515,7	1807,6	1977,1	1584,7

<b>Disponible en cm promedio predial</b>														
<b>Predio</b>	<b>Ene-21</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene-22</b>	<b>Promedio</b>
<b>1</b>	3,90	6,76	8,23	8,53	6,52	6,48	6,89	4,91	5,23	6,48	7,15	7,54	7,37	6,61
<b>2</b>	4,14	4,41	5,03	5,57	5,02	4,16	4,07	3,55	3,80	4,01	5,03	6,09	6,40	4,71
<b>3</b>	6,03	6,89	6,67	8,09	6,71	6,52	5,11	5,31	5,17	6,23	6,57	6,45	6,45	6,32
<b>4</b>	3,35	5,74	4,53	4,38	4,84	4,09	2,99	3,15	2,69	4,28	4,05	2,70	4,20	3,92
<b>5</b>	2,68	5,19	4,71	5,29	4,87	4,45	3,41	3,20	3,80	4,98	6,23	5,91	7,89	4,82
<b>6</b>	3,75	4,67	4,60	4,97	4,59	4,26	4,37	3,23	2,53	3,18	3,84	3,21	2,88	3,85
<b>7</b>	3,20	4,93	4,22	5,44	4,87	4,30	4,52	4,16	5,42	5,53	5,74	6,12	5,79	4,94
<b>8</b>	4,60	4,81	5,39	6,30	6,06	5,48	4,26	4,44	4,84	5,32	6,04	5,94	6,11	5,35

<b>Masa (kgMS/ha) potrero relevamiento COS</b>														
<b>Predio</b>	<b>Ene-21</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene-22</b>	<b>Promedio</b>
<b>1</b>	1036,6	2750,6	1595,6	2405,3	2449,1	2036,6	2882,7	1443,2	1443,3	1956,1	2299,8	2327,9	2967,1	2122,6
<b>2</b>	757,7	1455,3	1515,6	2107,8	1884,2	1037,0	1087,9	613,7	421,3	1002,8	1068,9	1286,8	2286,4	1271,2
<b>3</b>	1090,2	1825,3	1715,7	2402,4	2366,1	1957,9	2152,7	1351,0	1255,2	2569,7	2507,8	2583,3	2825,0	2046,3
<b>4</b>	521,1	993,8	927,2	1330,0	1369,3	1142,1	1058,1	896,1	784,8	1016,0	1021,8	923,8	1327,2	1023,9
<b>5</b>	920,3	1295,9	1308,8	2294,4	2126,7	1759,1	1687,1	945,2	874,0	1650,7	2195,2	3428,9	5158,7	1972,7
<b>6</b>	1964,4	1139,8	791,3	1183,2	1695,3	372,1	597,4	480,1	353,7	1282,3	1350,1	900,7	1081,1	1014,7
<b>7</b>	1388,6	1014,5	768,0	1682,3	2008,5	1299,3	1782,2	1240,4	877,3	2420,0	2595,3	4343,2	4123,8	1964,9
<b>8</b>	700,0	980,0	700,0	840,0	952,0	980,0	848,4	728,0	980,0	1148,0	1204,0	1531,6	1932,0	1040,3

<b>Altura (cm) potrero relevamiento COS</b>														
<b>Predio</b>	<b>Ene-21</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene-22</b>	<b>Promedio</b>
<b>1</b>	3,56	7,85	8,05	9,77	8,79	8,28	9,88	4,62	5,45	5,97	9,26	6,64	7,28	7,34
<b>2</b>	4,42	5,67	6,46	5,57	5,01	4,52	4,08	4,51	4,36	4,04	3,90	3,73	5,44	4,75
<b>3</b>	4,00	5,26	5,91	7,62	7,96	6,96	6,15	7,70	4,63	6,62	7,22	7,11	7,70	6,53
<b>4</b>	2,48	4,97	4,05	3,98	4,48	4,23	2,44	2,33	2,11	3,80	3,63	2,31	3,278	3,39
<b>5</b>	3,29	4,52	3,95	6,82	4,57	4,93	3,77	3,78	4,45	6,43	9,41	11,48	15,77	6,40
<b>6</b>	4,93	6,93	4,42	3,84	4,92	3,05	5,29	1,82	2,28	3,28	2,96	3,68	3,30	3,90
<b>7</b>	3,39	3,67	4,85	4,11	4,30	3,81	5,25	4,62	6,16	7,90	6,74	8,75	6,22	5,37
<b>8</b>	2,50	3,50	2,50	3,00	3,40	3,50	3,03	2,60	3,50	4,10	4,30	5,47	6,90	3,72

Anexo N° 3. Información de estructura para predios con presencia de parches para el periodo marzo 2021 – enero 2022. Se presenta un resumen en primer lugar y luego el desglose de los datos. Los datos fueron obtenidos de la base de datos del proyecto.

	Estrato	Marzo - Mayo		Julio		Setiembre - Noviembre		Ene-22		Promedio anual producción	Promedio anual desvío
		Promedio	Desvío	Promedio	Desvío	Promedio	Desvío	Promedio	Desvío		
Predio		Otoño 2021		Invierno 2021		Primavera 2021		Verano 2021 - 2022			
<b>1</b>	% estrato alto	20	25	21	25	20	25	30	34	23	27
	% estrato bajo	77	26	76	25	75	25	65	34	73	28
	Estrato alto (cm)	19	9	16	8	17	8	19	8	18	9
	Estrato bajo (cm)	5	3	3	2	4	2	4	2	4	2
<b>3</b>	% estrato alto	24	24	37	26	35	27	42	28	34	26
	% estrato bajo	73	24	63	26	60	26	49	26	61	26
	Estrato alto (cm)	14	5	12	5	14	5	15	7	14	5
	Estrato bajo (cm)	3	1	3	2	3	1	4	2	3	2
<b>7</b>	% estrato alto	12	18	12	20	23	27	26	32	18	24
	% estrato bajo	85	18	85	20	74	26	69	31	78	24
	Estrato alto (cm)	15	4	13	4	15	5	19	5	15	4
	Estrato bajo (cm)	5	2	4	2	6	2	8	3	6	2

<b>Mar-21</b>				
Predio		Transecta 1	Transecta 2	Transecta 3
3	% estrato alto	28.72±26.39	16.52±14.12	20.90±22.82
	% estrato bajo	64.84±27.73	79.28±14.44	75.8±21.88
	% suelo desnudo	5.88±4.88	3.84±2.90	2.9±2.52
	%heces	0.56±1.16	0.36±1.08	0.4±1.08
	Estrato alto (cm)	14.86±5.08	12.73±3.73	12.60±4.08
	Estrato bajo (cm)	2.97±1.25	3.17±1.40	2.58±1.19
1	% estrato alto	13.92±18.73	19.84±25.61	16.92±26.15
	% estrato bajo	82.84±19.29	76.40±25.89	80.64±25.95
	% suelo desnudo	1.60±2.43	2.44±2.20	1.52±4.05
	%heces	1.64±2.55	1.32±2.10	0.92±1.00
	Estrato alto (cm)	18.28±10.17	19.91±7.33	20.63±11.31
	Estrato bajo (cm)	5.94±3.53	5.97±2.60	5.53±4.18
7	% estrato alto	5.44±13.30	2.36±5.35	6.16±8.49
	% estrato bajo	91.38±12.77	94.48±6.35	90.42±8.03
	% suelo desnudo	0.44±0.71	0.64±0.91	2.00±2.00
	%heces	2.74±2.28	2.52±2.57	1.42±2.33
	Estrato alto (cm)	14.04±5.07	16.79±2.48	15.09±4.29
	Estrato bajo (cm)	5.30±2.59	5.53±3.03	3.20±1.76

<b>May-21</b>				
Predio		Transecta 1	Transecta 2	Transecta 3
3	% estrato alto	43.32±30.35	23.04±17.15	27.08±25.29
	% estrato bajo	50.78±32.10	74.84±17.30	71.04±24.53
	% suelo desnudo	2.84±2.54	1.84±1.65	1.40±1.22
	%heces	0.52±1.10	0.28±0.61	0.48±1.16
	Estrato alto (cm)	16.45±5.56	13.43±4.71	13.19±4.04
	Estrato bajo (cm)	3.39±1.56	3.16±1.46	3.09±1.31
1	% estrato alto	20.28±29.65	22.32±26.51	24.24±24.60
	% estrato bajo	78.20±29.86	75.32±27.12	71.24±26.25
	% suelo desnudo	0.68±0.80	1.68±1.63	3.36±3.02
	%heces	0.84±1.25	0.68±1.41	1.16±1.41
	Estrato alto (cm)	18.68±10.30	19.90±8.17	18.77±9.55
	Estrato bajo (cm)	3.76±1.63	4.86±2.79	5.54±3.73
7	% estrato alto	25.64±35.18	22.12±31.58	12.80±16.03
	% estrato bajo	71.68±35.19	76.36±31.82	84.04±16.59
	% suelo desnudo	0.16±0.37	0.28±0.54	0.72±0.94
	%heces	2.52±3.18	1.24±1.36	2.44±3.79
	Estrato alto (cm)	13.67±4.14	14.12±3.92	13.82±4.72
	Estrato bajo (cm)	5.18±2.73	4.75±2.46	3.30±1.39

<b>Jul-21</b>				
<b>Predio</b>		<b>Transecta 1</b>	<b>Transecta 2</b>	<b>Transecta 3</b>
3	% estrato alto	47.48±31.06	37.32±20.94	27.68±25.85
	% estrato bajo	50.24±30.52	69.00±21.91	69.04±25.48
	% suelo desnudo	1.68±2.34	3.24±2.85	2.28±1.59
	%heces	0.60±0.91	0.44±1.23	1.00±1.85
	Estrato alto (cm)	12.87±5.79	11.20±4.40	12.04±4.29
	Estrato bajo (cm)	3.52±2.97	3.27±1.76	2.66±1.51
1	% estrato alto	16.00±21.15	22.32±27.69	23.56±25.28
	% estrato bajo	81.04±21.31	74.76±28.60	71.56±26.51
	% suelo desnudo	1.60±1.44	1.58±1.25	3.92±4.02
	%heces	1.36±2.00	1.40±2.48	0.96±1.46
	Estrato alto (cm)	15.64±9.51	17.91±7.35	14.23±8.45
	Estrato bajo (cm)	2.67±1.25	3.13±1.59	3.02±1.83
7	% estrato alto	16.36±26.02	11.60±22.44	8.04±10.10
	% estrato bajo	80.72±26.73	86.24±22.66	88.76±10.30
	% suelo desnudo	0.64±0.70	0.76±0.78	1.44±1.45
	%heces	2.28±4.50	1.40±1.61	1.76±3.26
	Estrato alto (cm)	12.76±3.51	14.29±3.37	12.30±3.77
	Estrato bajo (cm)	4.96±2.89	4.45±2.30	3.20±2.08

<b>set-21</b>				
Predio		Transecta 1	Transecta 2	Transecta 3
3	% estrato alto	42.80±29.96	23.96±19.37	23.08±21.50
	% estrato bajo	51.04±28.96	71.20±19.75	73.12±20.59
	% suelo desnudo	5.08±4.81	4.33±4.47	3.48±3.29
	%heces	1.08±2.61	0.71±1.68	0.32±0.90
	Estrato alto (cm)	15.06±5.07	12.36±4.43	11.74±4.25
	Estrato bajo (cm)	2.82±1.28	2.85±1.36	2.51±1.09
1	% estrato alto	13.20±16.79	17.04±21.27	19.52±22.73
	% estrato bajo	82.60±17.54	78.92±20.73	72.64±26.20
	% suelo desnudo	3.24±3.03	3.08±2.06	6.44±7.01
	%heces	0.96±1.24	0.96±1.93	1.40±1.87
	Estrato alto (cm)	16.90±9.53	17.36±7.37	15.07±8.27
	Estrato bajo (cm)	2.98±1.39	2.65±1.30	3.22±2.03
7	% estrato alto	13.80±19.84	10.60±15.43	8.40±10.00
	% estrato bajo	84.40±19.44	86.56±16.85	88.40±10.03
	% suelo desnudo	1.64±2.18	1.76±1.64	2.92±3.73
	%heces	0.16±0.47	1.08±1.96	0.28±0.68
	Estrato alto (cm)	15.09±4.36	15.21±5.01	15.08±4.56
	Estrato bajo (cm)	6.13±2.24	5.88±2.45	4.37±1.73

<b>Nov-21</b>				
Predio		Transecta 1	Transecta 2	Transecta 3
3	% estrato alto	53.48±33.99	29.84±29.34	34.24±26.64
	% estrato bajo	41.48±31.01	65.60±29.04	60.48±25.16
	% suelo desnudo	4.28±5.08	3.88±3.35	4.88±4.46
	%heces	0.76±1.92	0.68±1.63	0.40±1.15
	Estrato alto (cm)	16.23±6.42	14.30±5.12	13.75±4.45
	Estrato bajo (cm)	3.80±1.70	3.47±1.69	3.52±1.40
1	% estrato alto	17.96±25.02	23.63±35.07	27.28±30.01
	% estrato bajo	78.32±25.05	68.96±33.62	65.70±29.49
	% suelo desnudo	2.96±2.57	3.32±2.61	5.60±5.29
	%heces	0.76±2.13	1.40±3.38	1.42±3.52
	Estrato alto (cm)	15.19±7.76	17.09±6.14	17.93±8.47
	Estrato bajo (cm)	4.02±1.84	4.02±1.97	5.25±3.36

<b>Nov-21</b>				
Predio		Transecta 1	Transecta 2	Transecta 3
7	% estrato alto	42.92±42.19	38.96±38.15	24.96±33.87
	% estrato bajo	55.40±41.56	59.32±38.16	72.64±32.76
	% suelo desnudo	1.00±1.58	0.68±0.99	2.04±2.75
	%heces	0.68±1.49	1.04±1.65	0.36±1.08
	Estrato alto (cm)	15.09±4.47	15.63±4.31	16.6±5.44
	Estrato bajo (cm)	6.73±2.63	6.42±2.30	4.49±1.75

<b>Ene-22</b>				
Predio		Transecta 1	Transecta 2	Transecta 3
3	% estrato alto	48.92±28.24	37.28±31.16	39.44±24.55
	% estrato bajo	37.6±25.61	54.28±30.59	54.16±22.89
	% suelo desnudo	11.36±7.74	7.84±5.07	5.12±3.46
	%heces	2.12±5.19	0.60±1.55	1.28±2.41
	Estrato alto (cm)	15.35±5.42	14.73±5.67	15.10±9.06
	Estrato bajo (cm)	4.44±1.71	4.69±3.08	3.84±2.24
1	% estrato alto	20.76±27.79	32.40±41.08	37.76±33.75
	% estrato bajo	75.20±28.25	64.36±39.83	56.84±34.86
	% suelo desnudo	3.60±3.71	2.36±1.96	4.16±4.98
	%heces	0.44±1.50	0.88±1.59	1.24±1.79
	Estrato alto (cm)	19.76±9.15	18.77±8.33	19.21±7.43
	Estrato bajo (cm)	4.48±2.11	3.96±2.06	4.82±2.42
7	% estrato alto	25.80±27.90	22.28±31.11	29.00±35.59
	% estrato bajo	69.72±28.00	71.88±31.77	65.40±33.64
	% suelo desnudo	3.64±3.52	3.92±3.11	4.44±3.79
	%heces	0.84±2.15	1.92±3.46	1.16±2.34
	Estrato alto (cm)	18.22±5.09	18.86±5.36	19.08±5.65
	Estrato bajo (cm)	8.95±3.19	9.66±3.52	6.85±2.18

Anexo N° 4. Descripción de los perfiles de suelos encontrados a campo

<b>Predio</b>	<b>Descripción del perfil modal a campo</b>
1	A: 0 – 22 cm (7.5 YR 2.5/1); franco limoso; bloques subangulares débiles.
	B: 22 – 40 cm (10 YR 2/1); franco arcilloso; bloques angulares débiles.
	BC: 40 – 53 cm (7.5 YR 3/5); franco arcillo arenoso; bloques subangulares débiles.
	C: 53 y + cm (7.5 YR 3/4); arcillo arenoso; bloques columnares.
1 vecino	A: 0 – 17 cm (10 YR 2.5/2); franco limoso; bloques subangulares débiles.
	B: 17 – 45 cm (2.5 YR 2.5/1); franco arenoso; bloques subangulares débiles.
	BC: 45 – 58 cm (5 YR 2.5/2); franco arenoso; bloques angulares débiles.
	C: 58 y + cm (7.5 YR 4/2); moteado rojizo (7.5 YR 8); bloques columnares fuertes.
2	A: 0 – 15 cm (7.5 YR 2.5/2); franco limoso; bloques subangulares débiles.
	AC: 15 – 26 cm (2.5 YR 3/4); arcillo limoso; bloques subangulares débiles.
	C: 26 y + cm (2.5 YR 3/6); arcilloso con presencia de gravas; bloques columnares.
2 vecino	A: 0 – 22 cm (5 YR 3/3); franco limoso; bloques subangulares débiles.
	AC: 22 – 33 cm (7.5 YR 5/6); arcillo arenoso; bloques subangulares débiles.
	C: 33 y + cm (2.5 YR 3/6); arcilloso; bloques columnares moderados a fuertes.
3	A: 0 – 18 cm (2.5 YR 2.5/1); franco arcillo limoso; bloques angulares débiles.
	AB: 18 – 28 cm (10 R 2.5/1); arcillo limoso; bloques angulares moderados.
	B: 28 – 49 cm (2.5 YR 2.5/2); arcilloso; bloques columnares fuertes.
	BC: 49 – 64 cm (7.5 YR 4/4); franco arcillo arenoso; bloques subangulares moderados.
3 vecino	C: 64 y + cm (7.5 YR 7/8); franco arenoso; granular, sin estructura.
	A: 0 – 24 cm (2.5 YR 2.5/1); franco arcillo limoso; bloques angulares débiles.
	AB: 24 – 42 cm (2.5 YR 2.5/1); franco arcilloso; bloques angulares fuertes.
	B: 42 – 60 cm (2.5 YR 3/2); arcilloso; bloques columnares fuertes.
4	BC: 60 – 70 cm (10 YR 4/4); arcillo arenoso; bloques angulares moderados.
	C: 70 y + cm (7.5 YR 5/6); franco arenoso; granular, sin estructura.
	A: 0 – 26 cm Pardo claro (7.5 YR 4/2); limoso; bloques subangulares.
	B: 26 – 45 cm (5 YR 4/2); franco limoso; bloques subangulares.
4 vecino	BC: 45 – 62 cm (10 YR 3/3); franco arcillo arenoso; bloques angulares.
	C: 62 y + cm (7.5 YR 4/6); franco arenoso; bloques subangulares débiles.
	A: 0 – 25 cm (7.5 YR 3/3); limoso; granular.
	B: 25 – 42 cm (10 YR 3/3); franco limoso; bloques subangulares débiles.
4 vecino	BC: 42 – 55 cm (10 YR 4/4); franco arenoso; bloques subangulares moderados.
	C: 55 y + cm (5 YR 4/6); arcillo arenoso; bloques angulares moderados.

<b>Predio</b>	<b>Descripción del perfil modal a campo</b>
5	A: 0 – 26 cm (2.5 YR 2.5/1); franco limoso; bloques subangulares débiles.
	B: 26 – 43 cm (10 R 2.5/1); franco arcilloso; bloques angulares.
	BC: 43 – 54 cm (7.5 YR 4/4); arcillo arenoso; bloques subangulares moderados.
	C: 54 y + cm (7.5 YR 4/6); moteado rojizo (2.5 YR 4/8); arcilloso con presencia de grava; bloques angulares fuertes.
6	A: 0 – 10 cm (7.5 YR 4/6); franco arenoso; bloques subangulares débiles.
	B: 10 – 26 cm (7.5 YR 5/6); arenoso franco; bloques subangulares débiles.
	BC: 26 – 36 cm (2.5 YR 4/8); bloques subangulares moderados.
	C: 36 y + cm (10 R 4/8); franco arcilloso; bloques angulares fuertes.
7	A: 0 – 19 cm (5 YR 3/2); franco limoso; bloques subangulares débiles.
	AB: 19 – 30 cm (7.5 YR 4/2); franco arcilloso; bloques angulares moderados.
	B: 30 – 46 cm (10 YR 4/4); arcillo arenoso; bloques angulares moderados.
	BC: 46 – 65 cm (10 YR 4/3); arcilloso, presencia de gravas; bloques angulares moderados.
	C: 65 y + cm (7.5 YR 4/6); arcilloso, presencia de gravas mayores; bloques angulares fuertes.
8	A: 0 – 24 cm Pardo claro (10 YR 5/3); franco limoso; bloques subangulares débiles.
	B: 24 – 58 cm Pardo oscuro (10 YR 3/3); arcilloso; bloques columnares fuertes.
	BC: 58 – 83 cm Rojizo con presencia de carbonato de calcio (5 YR 5/4); arcilloso; bloques columnares fuertes.
	C: 83 y + cm (7.5 YR 4/6); arcilloso; bloques angulares fuertes.

Anexo N° 5. Fotografías del perfil modal de los predios visitados

Predio 1	Predio 1 vecino	Predio 2	Predio 2 vecino	Predio 3	Predio 3 vecino
					
Predio 4	Predio 4 vecino	Predio 6	Predio 7	Predio 8	
					

Aclaración: no se cuenta con fotografía del perfil de suelo perteneciente al predio N° 5

Anexo N° 6. Cuadro resumen del cálculo de stock de C para el predio 1, profundidad de 0 a 5 cm.

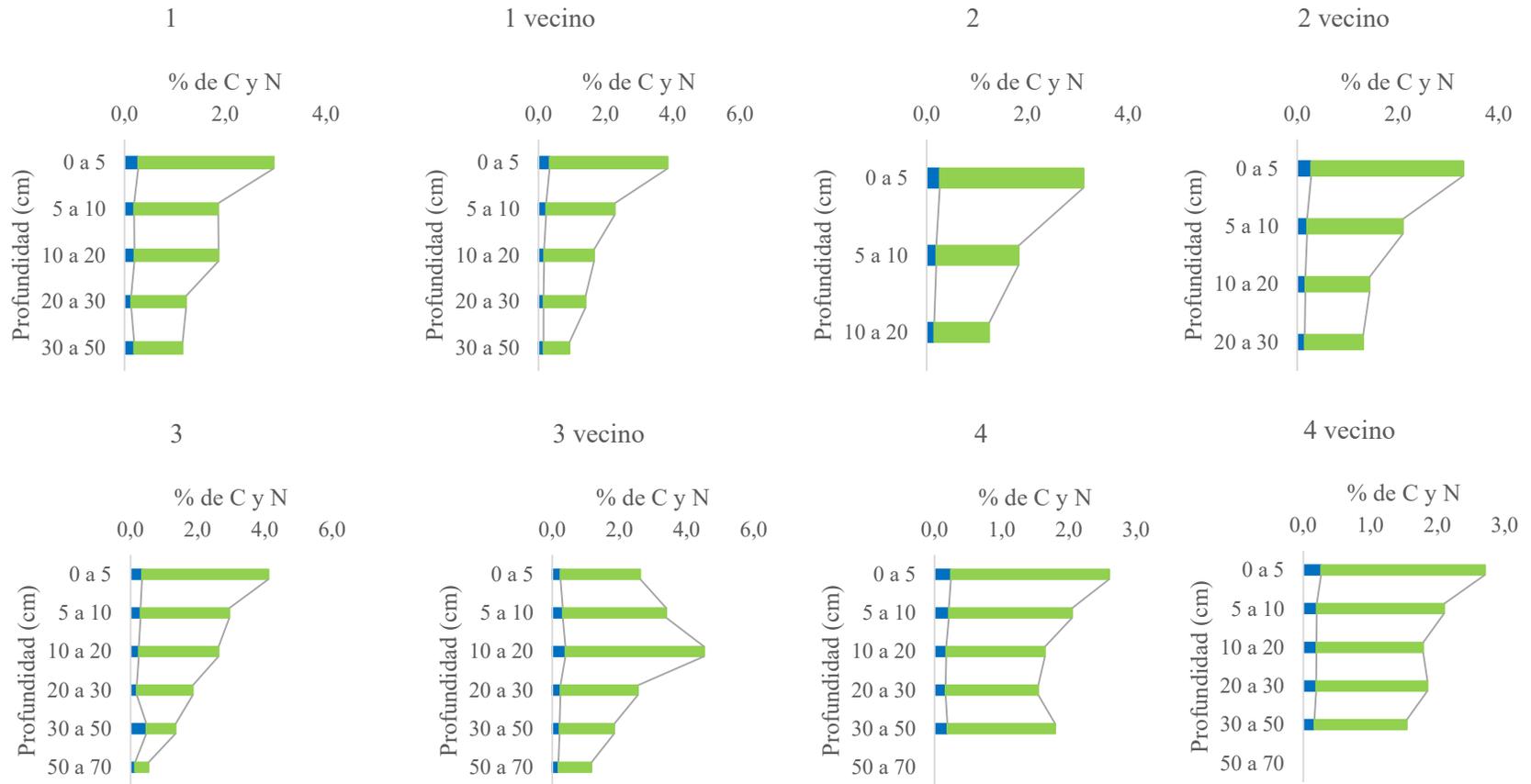
	Predio	Prof. (cm)	Peso seco submuestra	% MOP		% MUESTRA TOTAL		g de C de cada fracción en el total del suelo	% de C de cada fracción en el total de suelo	%C-Fracción relativo al % de C total de la muestra	Dap (Mg/m3)	Volúmen 1 ha por prof. estudiada(m3)	Mg de suelo por ha	Mg de C de cada fracción
				%N	%C	%N	%C							
MOP	1	0 a 5	19,82	0,18	1,42	0,27	2,69	0,28	34,8	0,94	0,8	500	400,98	3,76
MOAM	1	0 a 5	10,18					0,53	65,2	1,76	0,8	500	400,98	7,04

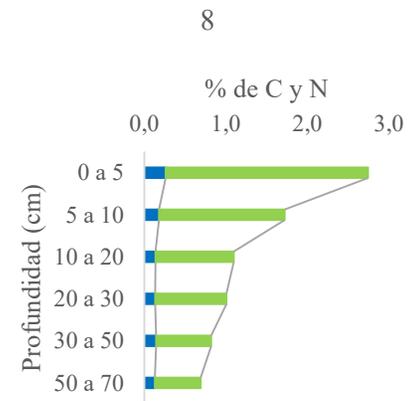
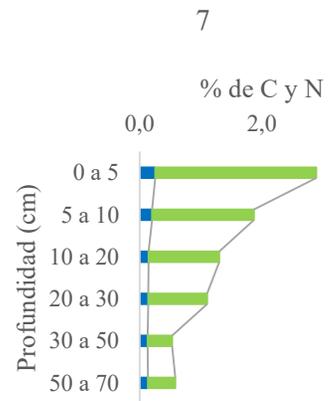
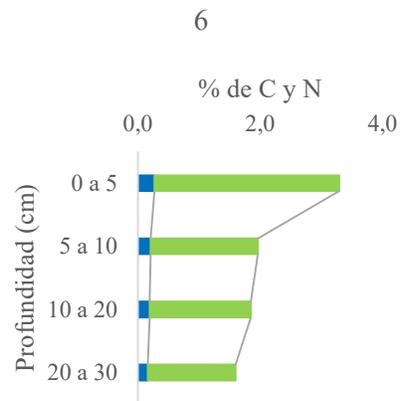
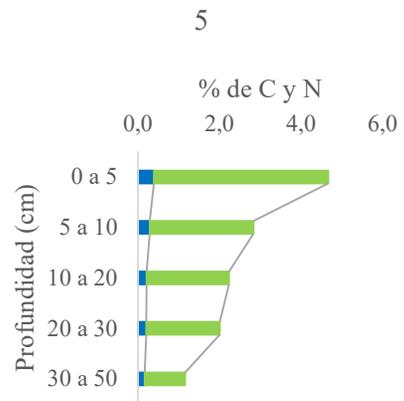
Anexo N° 7. Resultados obtenidos a partir del experimento 1. Prof.: profundidad (A = 0 – 5cm; B = 5 – 10 cm; C = 10 – 20 cm; D = 20 – 30 cm; E = 30 – 50 cm; F = 50 – 70 cm). NA = no hay datos. Celdas “ - ” los datos obtenidos a partir del análisis de laboratorio no eran coherentes y no se pudo repetir el muestreo para corroborarlos.

Predio	IP	Prof.	N total (%)	C total (%)	D <sub>Ap</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	Stock C MOP (ton/ha)	Stock C MOAM (ton/ha)	Stock total de C (ton/ha)	Stock N MOP (ton/ha)	Stock N MOAM (ton/ha)	Stock total de N (ton/ha)	Relación C:N
1	BM	A	0,27	2,69	0,80	3,76	7,04	10,80	0,48	0,60	1,08	10,04
1	BM	B	0,19	1,67	1,07	1,63	7,35	8,98	0,42	0,61	1,02	8,77
1	BM	C	0,19	1,67	1,14	1,30	17,72	19,02	0,58	1,62	2,19	8,67
1	BM	D	0,13	1,09	1,19	0,43	12,54	12,97	0,55	1,04	1,59	8,16
1	BM	E	0,19	0,97	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1 vecino	MA	A	0,33	3,52	0,89	6,51	9,18	15,69	0,64	0,84	1,48	10,63
1 vecino	MA	B	0,23	2,04	1,09	2,83	8,30	11,13	0,51	0,84	1,35	8,22
1 vecino	MA	C	0,17	1,48	1,14	2,83	14,05	16,88	0,65	1,27	1,91	8,82
1 vecino	MA	D	0,15	1,25	1,23	0,78	14,63	15,41	0,51	1,32	1,83	8,44
1 vecino	MA	E	0,15	0,77	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2	BM	A	0,26	2,86	0,98	5,48	8,48	13,96	0,53	0,73	1,26	11,09
2	BM	B	0,19	1,63	1,33	-	-	-	-	-	-	-
2	BM	C	0,15	1,09	1,38	2,45	12,61	15,06	0,69	1,36	2,04	7,38
2 vecino	MA	A	0,28	3,02	0,96	2,93	11,52	14,45	0,38	0,95	1,33	10,88
2 vecino	MA	B	0,20	1,90	1,30	4,27	8,12	12,38	0,54	0,74	1,29	9,60
2 vecino	MA	C	0,16	1,28	1,22	2,98	12,65	15,62	0,59	1,34	1,93	8,08
2 vecino	MA	D	0,15	1,16	1,44	4,00	12,69	16,69	0,67	1,45	2,12	7,87
3	BM	A	0,34	3,77	0,97	4,36	13,91	18,27	0,39	1,25	1,65	11,07
3	BM	B	0,30	2,65	1,36	3,77	14,24	18,01	0,46	1,56	2,02	8,94

Predio	IP	Prof.	N total (%)	C total (%)	DAP (Mg/m3)	Stock C MOP (ton/ha)	Stock C MOAM (ton/ha)	Stock total de C (ton/ha)	Stock N MOP (ton/ha)	Stock N MOAM (ton/ha)	Stock total de N (ton/ha)	Relación C:N
3	BM	C	0,25	2,38	1,33	1,78	29,90	31,68	0,44	2,84	3,28	9,66
3	BM	D	0,19	1,67	1,30	0,96	20,68	21,65	0,45	1,96	2,41	8,98
3	BM	E	0,47	0,87	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3	BM	F	0,13	0,41	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3 vecino	MA	A	0,24	2,37	0,74	2,35	6,39	8,74	0,39	0,50	0,89	9,81
3 vecino	MA	B	0,32	3,08	0,98	1,82	13,21	15,02	0,33	1,22	1,55	9,70
3 vecino	MA	C	0,39	4,13	0,97	15,68	24,44	40,12	0,49	3,30	3,79	10,58
3 vecino	MA	D	0,25	2,30	1,21	1,18	26,76	27,94	0,60	2,42	3,02	9,25
3 vecino	MA	E	0,22	1,63	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3 vecino	MA	F	0,18	0,99	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4	BM	A	0,24	2,36	1,02	2,32	9,66	11,98	0,48	0,74	1,22	9,82
4	BM	B	0,21	1,84	1,30	0,71	11,28	11,99	0,47	0,90	1,37	8,76
4	BM	C	0,17	1,47	1,39	0,88	19,51	20,39	1,53	0,85	2,38	8,56
4	BM	D	0,17	1,38	1,40	5,62	13,65	19,27	1,36	0,98	2,34	8,23
4	BM	E	0,19	1,60	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4 vecino	MA	A	0,27	2,44	1,03	2,73	9,87	12,60	0,47	0,92	1,39	9,06
4 vecino	MA	B	0,20	1,90	1,33	1,40	11,16	12,56	0,54	0,79	1,33	9,44
4 vecino	MA	C	0,20	1,59	1,37	7,97	13,85	21,82	1,73	0,98	2,71	8,06
4 vecino	MA	D	0,19	1,66	1,41	7,04	16,36	23,40	1,73	0,96	2,69	8,70
4 vecino	MA	E	0,17	1,37	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Anexo N° 8. Gráficas de distribución de %C (en verde) y %N (en azul) total para cada predio bajo relevamiento y vecino en caso de que corresponda. Para los predios que poseen parches en la vegetación (1, 3 y 7) la información presentada dentro de las gráficas es correspondiente al **parche bajo**.





Anexo N° 9. Resultados obtenidos a partir del experimento 2. Prof.: profundidad (A = 0 – 5cm; B = 5 – 10 cm; C = 10 – 20 cm; D = 20 – 30 cm; E = 30 – 50 cm; F = 50 – 70 cm). NA = no hay datos.

Predio	Prof	Parche	N total (%)	C total (%)	Dap (Mg/m3)	Stock C MOP (ton/ha)	Stock C MOAM (ton/ha)	Stock total de C (ton/ha)	Stock N MOP (ton/ha)	Stock N MOAM (ton/ha)	Stock total de N (ton/ha)	Relación C:N
1	A	Bajo	0,27	2,69	0,80	3,76	7,04	10,80	0,48	0,60	1,08	10,04
1	B	Bajo	0,19	1,67	1,07	1,63	7,35	8,98	0,42	0,61	1,02	8,77
1	C	Bajo	0,19	1,67	1,14	1,30	17,72	19,02	0,58	1,62	2,19	8,67
1	D	Bajo	0,13	1,09	1,19	0,43	12,54	12,97	0,55	1,04	1,59	8,16
1	E	Bajo	0,19	0,97	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1	A	Alto	0,30	3,59	0,98	6,33	11,19	17,52	0,54	0,90	1,44	12,15
1	B	Alto	0,27	2,39	1,14	2,14	11,52	13,66	0,40	1,16	1,56	8,77
1	C	Alto	0,16	1,29	1,20	1,58	13,91	15,49	0,64	1,33	1,97	7,87
1	D	Alto	0,14	1,20	1,16	1,33	12,65	13,98	0,53	1,09	1,62	8,61
1	E	Alto	0,15	1,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3	A	Bajo	0,34	3,77	0,97	4,36	13,91	18,27	0,39	1,25	1,65	11,09
3	B	Bajo	0,30	2,65	1,36	3,77	14,24	18,01	0,46	1,58	2,04	8,85
3	C	Bajo	0,25	2,38	1,33	1,78	29,90	31,68	0,44	2,88	3,32	9,53
3	D	Bajo	0,19	1,67	1,30	0,96	20,68	21,65	0,45	2,00	2,46	8,81
3	E	Bajo	0,47	0,87	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3	F	Bajo	0,13	0,41	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3	A	Alto	0,39	4,24	0,96	4,78	15,70	20,47	0,42	1,46	1,89	10,86
3	B	Alto	0,32	2,91	1,05	2,13	13,21	15,34	0,31	1,37	1,68	9,13
3	C	Alto	0,28	2,53	1,32	3,41	29,89	33,30	0,48	3,21	3,69	9,01
3	D	Alto	0,25	2,24	1,22	2,51	24,74	27,25	0,52	2,51	3,03	9,00
3	E	Alto	0,20	1,06	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3	F	Alto	0,14	0,85	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
7	A	Bajo	0,26	2,63	0,97	1,31	11,37	12,68	0,32	0,93	1,25	10,13
7	B	Bajo	0,20	1,67	1,28	2,72	7,95	10,67	0,76	0,53	1,29	8,28

<b>Predio</b>	<b>Prof</b>	<b>Parche</b>	<b>N total (%)</b>	<b>C total (%)</b>	<b>Dap (Mg/m3)</b>	<b>Stock C MOP (ton/ha)</b>	<b>Stock C MOAM (ton/ha)</b>	<b>Stock total de C (ton/ha)</b>	<b>Stock N MOP (ton/ha)</b>	<b>Stock N MOAM (ton/ha)</b>	<b>Stock total de N (ton/ha)</b>	<b>Relación C:N</b>
7	C	Bajo	0,15	1,16	1,38	2,74	13,18	15,92	1,00	1,06	2,06	7,73
7	D	Bajo	0,14	0,96	1,45	1,63	12,29	13,93	1,01	1,02	2,03	6,86
7	E	Bajo	0,13	0,40	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
7	F	Bajo	0,14	0,45	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
7	A	Alto	0,29	2,94	0,78	3,78	7,70	11,48	0,47	0,67	1,14	10,11
7	B	Alto	0,24	1,98	0,90	3,69	5,22	8,91	0,73	0,34	1,07	8,35
7	C	Alto	0,17	1,31	1,37	3,87	13,98	17,85	0,88	1,46	2,35	7,61
7	D	Alto	0,15	1,03	1,36	2,48	11,52	14,00	0,95	1,08	2,04	6,88
7	E	Alto	0,13	0,58	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
7	F	Alto	0,12	0,31	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Anexo N° 10. Resumen de los resultados obtenidos en stock del experimento 1 y 2.

<b>Predio Experimento 1</b>	<b>Total MOP C (ton/ha)</b>	<b>% de C en MOP</b>	<b>Total de C en MOAM (ton/ha)</b>	<b>% de C en MOAM</b>	<b>Total C (ton/ha)</b>	<b>Total MOP N (ton/ha)</b>	<b>% de N en MOP</b>	<b>Total de N en MOAM (ton/ha)</b>	<b>% de N en MOAM</b>	<b>Total N (ton/ha)</b>	<b>Rel C:N total</b>
<b>1</b>	7,11	13,73	44,65	86,27	<b>51,76</b>	2,02	34,32	3,86	65,68	5,88	8,80
<b>1V</b>	12,95	21,90	46,15	78,10	<b>59,10</b>	2,30	35,08	4,26	64,92	6,57	9,00
<b>2</b>	7,93	42,94	21,09	57,06	<b>36,95</b>	1,21	36,81	2,09	63,19	3,30	11,20
<b>2V</b>	14,17	23,97	44,97	76,03	<b>59,15</b>	2,19	32,78	4,48	67,22	6,67	8,87
<b>3</b>	10,88	12,14	78,73	87,86	<b>89,60</b>	1,75	18,70	7,61	81,30	9,36	9,58
<b>3V</b>	21,03	22,89	70,79	77,11	<b>91,80</b>	1,81	19,60	7,44	80,40	9,25	9,92
<b>4</b>	9,52	14,96	54,11	85,04	<b>63,63</b>	3,84	52,49	3,47	47,51	7,31	8,70
<b>4V</b>	19,15	27,11	51,24	72,89	<b>70,30</b>	4,47	55,00	3,66	45,00	8,12	8,66
<b>Promedio predios</b>	8,86	20,94	49,64	79,06	<b>60,49</b>	2,21	35,58	4,26	64,42	6,46	9,57
<b>Promedio vecinos</b>	16,82	23,97	53,29	76,03	<b>70,09</b>	2,69	35,61	4,96	64,39	7,65	9,11
<b>Promedio total</b>	12,84	22,46	51,47	77,54	<b>65,29</b>	2,45	35,60	4,61	64,40	7,06	9,34

<b>Predio Experimento 2</b>	<b>Parche</b>	<b>Total MOP C (ton/ha)</b>	<b>% de C en MOP</b>	<b>Total de C en MOAM (ton/ha)</b>	<b>% de C en MOAM</b>	<b>Total C (ton/ha)</b>	<b>Total MOP N (ton/ha)</b>	<b>% de N en MOP</b>	<b>Total de N en MOAM (ton/ha)</b>	<b>% de N en MOAM</b>	<b>Total N (ton/ha)</b>	<b>Rel C:N total</b>
1	Bajo	7,11	13,74	44,65	86,26	51,76	2,02	34,32	3,86	65,68	5,88	8,80
1	Alto	11,38	18,76	49,27	81,24	60,65	2,11	32,01	4,48	67,99	6,59	9,20
3	Bajo	10,88	12,14	78,73	87,86	89,60	1,75	18,49	7,71	81,51	9,46	9,47
3	Alto	12,83	13,31	83,54	86,69	96,36	1,73	16,84	8,56	83,16	10,29	9,36
7	Bajo	8,41	15,80	44,79	84,20	53,20	3,09	46,55	3,54	53,45	6,63	8,03
7	Alto	13,82	26,45	38,42	73,55	52,24	3,03	45,97	3,56	54,03	6,58	7,93
Promedio parche alto	-	12,67	19,51	57,08	80,49	69,75	2,29	31,60	5,53	68,40	7,82	8,83
Promedio parche bajo	-	8,80	13,89	56,06	86,11	64,86	2,28	33,12	5,04	66,88	7,32	8,77
Promedio total	-	10,74	16,70	56,57	83,30	67,30	2,29	32,36	5,29	67,64	7,57	8,80

Anexo N° 11. Scripts empleados en el programa RStudio para el análisis de los datos obtenidos

**EXPERIMENTO 1**

```
#####  
#####
```

```
# porc_N
```

```
modell=lm(porc_N ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(porc_N ~ ID + IP, data=PREDIOS_B)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(porc_N ~ ID + IP, data=PREDIOS_C)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(porc_N ~ ID + IP, data=PREDIOS_D)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(porc_N ~ ID + IP, data=PREDIOS_E)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
#####  
#####
```

```
# porc_C
```

```
modell=lm(porc_C ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)  
Anova(modell , test ="F",type=3)
```

```
med.IP=emmeans(modell1,~IP)
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell1=lm(porc_C ~ ID + IP, data=PREDIOS_B)
Anova(modell1 , test ="F",type=3)
med.IP=emmeans(modell1,~IP)
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell1=lm(porc_C ~ ID + IP, data=PREDIOS_C)
Anova(modell1 , test ="F",type=3)
med.IP=emmeans(modell1,~IP)
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell1=lm(porc_C ~ ID + IP, data=PREDIOS_D)
Anova(modell1 , test ="F",type=3)
med.IP=emmeans(modell1,~IP)
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell1=lm(porc_C ~ ID + IP, data=PREDIOS_E)
Anova(modell1 , test ="F",type=3)
med.IP=emmeans(modell1,~IP)
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
#####
#####
# dap
```

```
modell1=lm(dap ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)
Anova(modell1 , test ="F",type=3)
med.IP=emmeans(modell1,~IP)
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell1=lm(dap ~ ID + IP, data=PREDIOS_B)
Anova(modell1 , test ="F",type=3)
med.IP=emmeans(modell1,~IP)
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell1=lm(dap ~ ID + IP, data=PREDIOS_C)
Anova(modell1 , test ="F",type=3)
med.IP=emmeans(modell1,~IP)
```

```
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(dap ~ ID + IP, data=PREDIOS_D)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
#####  
# stock_MOP CARBONO stock_MOP
```

```
modell=lm(stock_MOP ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_MOP ~ ID + IP, data=PREDIOS_B)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_MOP ~ ID + IP, data=PREDIOS_C)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_MOP ~ ID + IP, data=PREDIOS_D)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
#####  
# stock_MOAM CARBONO stock_MOAM
```

```
modell=lm(stock_MOAM ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_MOAM ~ ID + IP, data=PREDIOS_B)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.IP=emmeans(modell,~IP)
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_MOAM ~ ID + IP, data=PREDIOS_C)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.IP=emmeans(modell,~IP)
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_MOAM ~ ID + IP, data=PREDIOS_D)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.IP=emmeans(modell,~IP)
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
#####
#####
# stock_total CARBONO stock_total
```

```
modell=lm(stock_total ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.IP=emmeans(modell,~IP)
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_total ~ ID + IP, data=PREDIOS_B)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.IP=emmeans(modell,~IP)
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_total ~ ID + IP, data=PREDIOS_C)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.IP=emmeans(modell,~IP)
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_total ~ ID + IP, data=PREDIOS_D)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.IP=emmeans(modell,~IP)
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
#####  
#####
```

```
# stock_N_MOP NITROGENO
```

```
modell=lm(stock_N_MOP ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_N_MOP ~ ID + IP, data=PREDIOS_B)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_N_MOP ~ ID + IP, data=PREDIOS_C)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_N_MOP ~ ID + IP, data=PREDIOS_D)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
#####  
#####
```

```
# stock_N_MOAM NITROGENO
```

```
modell=lm(stock_N_MOAM ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_N_MOAM ~ ID + IP, data=PREDIOS_B)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_N_MOAM ~ ID + IP, data=PREDIOS_C)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)
```

```
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_N_MOAM ~ ID + IP, data=PREDIOS_D)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
#####  
#####  
# stock_total_N NITROGENO
```

```
modell=lm(stock_total_N ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_total_N ~ ID + IP, data=PREDIOS_B)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_total_N ~ ID + IP, data=PREDIOS_C)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_total_N ~ ID + IP, data=PREDIOS_D)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
#####  
#####  
# rel_CN
```

```
modell=lm(rel_CN ~ ID + IP, data=PREDIOS_A)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)
```

```
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(rel_CN ~ ID + IP, data=PREDIOS_B)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(rel_CN ~ ID + IP, data=PREDIOS_C)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(rel_CN ~ ID + IP, data=PREDIOS_D)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.IP=emmeans(modell,~IP)  
multcomp::cld(med.IP,Letters="ABCDEF")
```

## **EXPERIMENTO 2**

```
setwd("C:/Users/ramos/Desktop/FAGRO/DATOS")
```

```
ESTUDIOP=read.table("datos_con_c_y_n_PARCHES.txt",header = T,dec = ",")
```

```
ESTUDIOP=ESTUDIOP[ESTUDIOP$prof !="F",]
```

```
summary(ESTUDIOP)  
str(ESTUDIOP)  
head(ESTUDIOP)
```

```
ESTUDIOP$ID=as.factor(ESTUDIOP$ID)  
ESTUDIOP$PARCHE=as.factor(ESTUDIOP$PARCHE)  
ESTUDIOP$prof=as.factor(ESTUDIOP$prof)
```

```
str(ESTUDIOP)
```

```
unique(ESTUDIOP$prof)
```

```
# __comentario  
library(lme4)  
library(car)  
library(emmeans)  
library(multcompView)
```

```

ESTUDIOP_A=ESTUDIOP[ESTUDIOP$prof=="A",]
ESTUDIOP_B=ESTUDIOP[ESTUDIOP$prof=="B",]
ESTUDIOP_C=ESTUDIOP[ESTUDIOP$prof=="C",]
ESTUDIOP_D=ESTUDIOP[ESTUDIOP$prof=="D",]
ESTUDIOP_E=ESTUDIOP[ESTUDIOP$prof=="E",]
ESTUDIOP_F=ESTUDIOP[ESTUDIOP$prof=="F",]
#####
# porc_N

```

```

modell=lm(porc_N ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")

```

```

modell=lm(porc_N ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_B)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")

```

```

modell=lm(porc_N ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_C)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")

```

```

modell=lm(porc_N ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_D)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")

```

```

modell=lm(porc_N ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_E)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")

```

```

modell=lm(porc_N ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_F)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")

```

```

#####
# porc_C

modell=lm(porc_C ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")

modell=lm(porc_C ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_B)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")

modell=lm(porc_C ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_C)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")

modell=lm(porc_C ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_D)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")

modell=lm(porc_C ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_E)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")

modell=lm(porc_C ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_F)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")

#####
# dap

modell=lm(dap ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)
Anova(modell , test ="F",type=3)

```

```
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
model1=lm(dap ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_B)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
model1=lm(dap ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_C)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
model1=lm(dap ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_D)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
model1=lm(dap ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_E)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
#####
#####
# stock_MOP CARBONO stock_MOP
```

```
model1=lm(stock_MOP ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
model1=lm(stock_MOP ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_B)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
model1=lm(stock_MOP ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_C)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_MOP ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_D)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_MOP ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_E)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
#####
# stock_MOAM CARBONO stock_MOAM
```

```
modell=lm(stock_MOAM ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_MOAM ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_B)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_MOAM ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_C)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_MOAM ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_D)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_MOAM ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_E)
```

```
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
#####
#####
# stock_total CARBONO stock_total
```

```
model1=lm(stock_total ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
model1=lm(stock_total ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_B)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
model1=lm(stock_total ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_C)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
model1=lm(stock_total ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_D)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
model1=lm(stock_total ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_E)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
#####
#####
# stock_N_MOP NITROGENO
```

```
modell=lm(stock_N_MOP ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_N_MOP ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_B)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_N_MOP ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_C)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_N_MOP ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_D)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_N_MOP ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_E)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
#####
```

```
# stock_N_MOAM NITROGENO
modell=lm(stock_N_MOAM ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_N_MOAM ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_B)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_N_MOAM ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_C)
Anova(modell , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)
```

```
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_N_MOAM ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_D)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)  
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_N_MOAM ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_E)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)  
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
#####  
#####  
# stock_total_N NITROGENO
```

```
modell=lm(stock_total_N ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)  
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_total_N ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_B)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)  
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_total_N ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_C)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)  
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_total_N ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_D)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)  
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
modell=lm(stock_total_N ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_E)
```

```
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
#####
#####
# rel_CN
```

```
model1=lm(rel_CN ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
model1=lm(rel_CN ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_B)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
model1=lm(rel_CN ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_C)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
model1=lm(rel_CN ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_D)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
model1=lm(rel_CN ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_E)
Anova(model1 , test ="F",type=3)
med.PARCHE=emmeans(model1,~PARCHE)
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

## **STOCK EXPERIMENTO 2**

```
setwd("C:/Users/ramos/Desktop/FAGRO/DATOS/datos nuevos desp de defensa")
```

```
ESTUDIOP=read.table("STOCKS DE PARCHES.txt", header = T , dec = ",")
```

```
ESTUDIOP=ESTUDIOP[ESTUDIOP$prof != "F",]
```

```
summary(ESTUDIOP)  
str(ESTUDIOP)  
head(ESTUDIOP)
```

```
ESTUDIOP$ID=as.factor(ESTUDIOP$ID)  
ESTUDIOP$PARCHE=as.factor(ESTUDIOP$PARCHE)  
ESTUDIOP$prof=as.factor(ESTUDIOP$prof)
```

```
str(ESTUDIOP)
```

```
unique(ESTUDIOP$prof)
```

```
# __comentario  
library(lme4)  
library(car)  
library(emmeans)  
library(multcompView)
```

```
ESTUDIOP_A=ESTUDIOP[ESTUDIOP$prof=="A",]
```

```
#####  
#####  
# stock_MOP CARBONO stock_MOP
```

```
modell=lm(stock_MOP ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)  
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
#####  
#####  
# stock_MOAM CARBONO stock_MOAM
```

```
modell=lm(stock_MOAM ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)  
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
#####  
#####  
# stock_total CARBONO stock_total
```

```
modell=lm(stock_total ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)  
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
#####  
#####  
# stock_N_MOP NITROGENO
```

```
modell=lm(stock_N_MOP ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)  
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
#####  
#####  
# stock_N_MOAM NITROGENO  
modell=lm(stock_N_MOAM ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)  
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```

```
#####  
#####  
# stock_total_N NITROGENO
```

```
modell=lm(stock_total_N ~ ID + PARCHE, data=ESTUDIOP_A)  
Anova(modell , test ="F",type=3)  
med.PARCHE=emmeans(modell,~PARCHE)  
multcomp::cld(med.PARCHE,Letters="ABCDEF")
```