



Iniciativa para la
Resiliencia Climática
de Comunidades Ganaderas
y Pastizales Patagónicos

Informe de la **Actividad 7**

Identificación de medidas de mitigación y herramientas de
contabilidad de carbono (2.2.1.5)

Firma 1



**Observatorio Nacional de la
Degradación de Tierras
y Desertificación**





Observatorio Nacional de la Degradación de Tierras y Desertificación



Informe de la Actividad 7: Identificación de medidas de mitigación y herramientas de contabilidad de carbono (2.2.1.5)

Firma 1 - Readiness Patagonia

De acuerdo a la propuesta: Desarrollo de Estudios Socioeconómicos, Evaluaciones de Riesgo y Vulnerabilidad Climática e Identificación de Prácticas de Adaptación y Mitigación en los Ecosistemas de Pastizal de la Patagonia Argentina

En el marco del Proyecto Readiness “Innovación para la resiliencia climática de los pastizales patagónicos de Argentina: minimizando la vulnerabilidad climática de los habitantes rurales, aumentando las capacidades para la regeneración de pastos y suelos, y conservando la biodiversidad” del Fondo Verde para el Clima



FONDO VERDE PARA EL CLIMA



BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA

Elaborado por: Agustín Cavallaro, Gastón Oñatibia, Cristina Ugarte, Ana Wingeyer, Almut Therburg.

Diciembre 2023 – Actualización: Noviembre 2024



Contenido

A) Introducción	1
B) Portafolio de prácticas y tecnologías de gestión de la tierra que pueden contribuir a reducir las emisiones de carbono en las 10 comunidades	2
Prácticas de Manejo Sostenible de Tierras (PMST) en Patagonia	2
PMST en campos ganaderos	2
PMST específicas de humedales	9
PMST complementarias	13
C) Protocolo para el monitoreo del almacenamiento de carbono en el suelo y del estado de salud del pastizal a nivel predial en Patagonia.....	14
Zonificación ambiental: mapa base	15
Determinaciones en los sitios de muestreo	18
D) Herramientas de contabilidad de carbono para reportar reducciones a partir de la implementación de las prácticas y tecnologías identificadas.....	22
Calculadoras de emisiones de gases de efecto invernadero	22
Metodologías estándares de verificación de emisiones de gases de efecto invernadero.....	26
E) Referencias	28

A Introducción

El objetivo de la actividad 7 es identificar medidas de mitigación y herramientas de contabilidad de carbono que puedan ser implementadas por las comunidades. Para cumplir con este objetivo, (i) se realizó una recopilación de prácticas y tecnologías de gestión de la tierra que potencialmente pueden contribuir a reducir las emisiones de carbono de las principales actividades económicas de las 10 comunidades; (ii) se compiló un protocolo para el monitoreo del almacenamiento de carbono en el suelo y del estado de salud del pastizal a nivel predial, que permita a las comunidades medir y reportar los cambios a partir de la implementación de las prácticas y tecnologías identificadas; y (iii) se evaluó el potencial de dos herramientas de contabilidad de carbono (calculadoras de carbono) para su utilización por parte de las comunidades para medir y reportar sus reducciones a partir de la implementación de las prácticas y tecnologías identificadas.

Se presenta en el presente reporte tres secciones: A) un portafolio de 20 prácticas y tecnologías de gestión de la tierra que pueden contribuir a reducir las emisiones de carbono en las 10 comunidades, B) un protocolo para el monitoreo del almacenamiento de carbono en el suelo y del estado de salud del pastizal a nivel predial, C) un informe del desempeño de dos herramientas de contabilidad de carbono.

La información sobre el secuestro potencial de carbono de las estepas patagónicas como consecuencia de la aplicación de las medidas de mitigación propuestas y una descripción de las necesidades técnicas, tecnológicas y financieras para su implementación está disponible en el informe de la actividad 9 del proyecto.

B

Portafolio de prácticas y tecnologías de gestión de la tierra que pueden contribuir a reducir las emisiones de carbono en las 10 comunidades

Prácticas de Manejo Sostenible de Tierras (PMST) en Patagonia

PMST en campos ganaderos

1) Manejo ganadero para modificar la presión de pastoreo, mejorar la condición del pastizal natural y mitigar el efecto de eventos naturales recurrentes (p.ej. sequías, grandes nevadas)

En la estepa patagónica, el pastoreo sin planificación afecta la cobertura vegetal y la productividad del pastizal. Durante muchas décadas, el pastoreo en la Patagonia se llevó a cabo de manera continua sin ningún tipo de planificación, con el consecuente deterioro del pastizal. Además, eventos naturales como sequías y nevadas han generado de manera recurrente crisis productivas con fuertes impactos en la población rural. Actualmente, se conoce el beneficio de diseñar diferentes sistemas de pastoreo que se ajusten mejor a la disponibilidad de forraje, planteando pastoreos con descansos y redistribuyendo los animales en el espacio (p.ej. en cuadros más pequeños). El manejo del pastoreo en esta región implica un conjunto de prácticas. La evaluación forrajera frecuente a campo permite obtener información sobre la estructura y funcionamiento del pastizal de manera de poder determinar la receptividad del mismo y así recomendar una carga óptima y ajustarla de forma variable en el tiempo. Una de las causas más relevantes de la degradación de los pastizales patagónicos es el sobrepastoreo, el cual puede ser evitado si se conoce de manera detallada la capacidad de carga que tiene cada establecimiento, para determinar así el número máximo de animales que puede soportar (ver subtítulo siguiente). Un aspecto a considerar, es el contexto ambiental en el que se implementan las prácticas de manejo ganadero para mejorar las condiciones del pastizal, que suele estar vinculado con períodos de menor productividad primaria (menor disponibilidad forrajera) por eventos prolongados de sequía y/o eventos climáticos adversos (p. ej. nevadas).



2) Determinación de la receptividad de los cuadros y planificación del pastoreo utilizando cargas flexibles

La evaluación de la receptividad de los campos para el ajuste de carga animal es crítica para lograr buenos resultados productivos evitando el sobrepastoreo y consiguiente deterioro de los recursos forrajeros. Una de las aproximaciones para evaluar la receptividad consiste, en primer término, en interpretar sobre una imagen satelital los paisajes del establecimiento rural en estudio, denominados a los fines prácticos tipos de campo (TC). Para cada TC se estima la productividad anual (Kg MS/ha/año), esto se hace a través de recorridos y muestreos en terreno, utilizando guías de condición específicos de acuerdo al pastizal que corresponde a ese TC. Estas guías de condición evalúan la composición y estado del pastizal. Luego se estima la capacidad de carga animal en base a la superficie de cada TC (calculada en la imagen satelital), la productividad estimada para cada TC, los requerimientos de una unidad ganadera ovina (valor constante igual a 365 Kg MS/año), y el factor de uso (variable según el tipo de pastizal y su condición). Una manera de hacer un mejor uso de esta información obtenida es el aprovechamiento diferencial del pastizal en función de los TC y su disponibilidad, por ejemplo, a través del apotreramiento (ver Distribución de los herbívoros en el espacio) Cabe destacar la importancia del acompañamiento del productor en la evaluación a campo, de manera de identificar junto con él los diferentes usos y apreciaciones que le asigna a cada TC para diseñar estrategias de manejo y posibles mejoras. En base a toda esta información entre el técnico y el productor se acuerdan las pautas para el manejo general del establecimiento rural, con énfasis en el manejo del pastoreo. Esta co-innovación técnico-productor es esencial ya que generalmente las técnicas no pueden ser aplicadas fácilmente por los productores.

Otra técnica de campo para determinar la receptividad son los métodos de “transecta de punto al paso” o “valor pastoral” que consisten en herramientas objetivas y no destructivas para determinar la disponibilidad forrajera, junto con datos que aporta el productor y la observación de indicadores de estado de pastizal (tales como, cantidad y distribución de mantillo, estabilidad del suelo desnudo, costra de líquenes, estado de los coirones, entre otros dependiendo de la zona). Este tipo de evaluaciones permite determinar cuál es la carga ganadera que puede soportar el área bajo estudio (p.ej. cada TC), sin que se vea afectada su productividad y capacidad de recuperación, entendiendo que la carga ganadera no debería superar este límite. Para la implementación de esta práctica también se requiere del asesoramiento de un técnico capacitado y, asimismo, la información generada tiene que estar acompañada de decisiones de manejo que pueden implicar en muchos casos la disminución de la carga ganadera o la inversión de infraestructura y prácticas de manejo integrales.

Otro método similar para establecer la capacidad de carga del campo prevé el corte de biomasa. La selección de una u otra metodología dependerá de la decisión que tomen los técnicos en conjunto con los productores. En este caso se evalúa la oferta forrajera mediante cortes de biomasa aérea y se mide la altura del residuo de una especie indicadora en campos de ganadería extensiva. Se estima la receptividad animal en base al consumo esperado y se ajusta en forma anual. El objetivo es proporcionar una medición objetiva del forraje disponible para ajustar una carga animal de modo que garantice máxima producción individual y la conservación de la productividad, la biodiversidad y la función del pastizal en el largo plazo. Se aplica en ambientes semiáridos o áridos que tenga potencialmente un estrato de gramíneas cortas palatables. La práctica requiere un diseño de muestreo teniendo en cuenta la heterogeneidad de sitios de pastoreo, con un número de muestras mínimo de marcos para los cortes forrajeros. Tiene la desventaja de ser un método costoso.

En todos los casos, las estimaciones deben llevarse a cabo todos los años para efectuar los ajustes de carga correspondientes. La implementación de este tipo de prácticas cuenta con limitaciones culturales, dado que el manejo de los campos ha sido siempre tradicional regulando la carga de acuerdo a la producción animal.

3) Manejo de hacienda en años de sequía

En años de sequía, la disponibilidad de agua es inferior a lo considerado normal y la productividad forrajera se reduce a niveles que resultan insuficientes para abastecer a los animales. El ajuste variable de carga en función de la receptividad sugiere reducir la carga en años secos de manera de solo mantener en el campo aquellos animales que podrán ingresar en óptimas condiciones al servicio y posterior parición de una cría. Sin embargo, una alternativa complementaria para evitar la mortandad del ganado sin disminuir marcadamente las existencias es limitar el número de hembras a servicio, ya que de otra forma tendrán un aumento significativo de requerimiento en el último tercio de gestación y durante la lactancia. En este escenario de sequía, muchos de los corderos o chivatos morirían y las hembras perderían estado poniendo en peligro su supervivencia. Para el servicio, se eligen las hembras que estén en buena condición corporal, con dentición intacta o poco gastada y desarrollo normal de las ubres. Otra recomendación para los años de sequía es retrasar el momento de servicio de modo que los nacimientos sucedan en períodos de mayor disponibilidad forrajera. A su vez, puede ser posible destetar temprano a los corderos y chivitos para que las madres tengan más facilidades para recuperarse, en el caso que se cuente con un potrero en descanso para la disposición de los mismos. La implementación de esta práctica en conjunto con una suplementación estratégica (ver abajo Suplementación estratégica) necesita ser aún más incorporada en la forma de producción de los pobladores locales para maximizar sus beneficios.

4) Aplicación de descansos estratégicos

Se ha propuesto que los descansos al pastoreo pueden servir para controlar la defoliación y el rebrote de especies preferidas, y revertir el efecto del pastoreo continuo sobre las plantas que son reiteradamente defoliadas, incluso en áreas con carga animal promedio moderada. Este deterioro se magnifica en parches muy seleccionados por los herbívoros, donde el pastoreo continuo no permite la recuperación. Remover los animales durante la temporada de crecimiento en algunas áreas mejora sustancialmente el desempeño de las plantas y la provisión de forraje. Bajo pastoreo continuo, las plantas tienen en general una respuesta negativa en su crecimiento, debido a que requieren un período de recuperación para reajustar su morfología luego de la defoliación. Este ajuste es más factible de satisfacer con un sistema que incluya descansos al pastoreo durante la temporada de crecimiento que bajo condiciones de pastoreo continuo. El mayor crecimiento de las plantas se obtiene cuando se tiene la posibilidad de aplicar un descanso prolongado, por ejemplo, toda una estación de crecimiento. En términos generales el efecto de los descansos incrementa el crecimiento y la vitalidad de las plantas, pero tal efecto depende de la productividad de la comunidad y de las precipitaciones del año. El efecto es mayor en sitios menos áridos y la respuesta a los descansos estacionales es mucho mayor en años húmedos. Es decir que el manejo de los descansos es mucho más efectivo cuando los recursos son menos limitantes, y son una herramienta muy útil para manejar la frecuencia de defoliación y la condición de las plantas de las especies preferidas en sitios más productivos y/o años húmedos. En los sitios más áridos, es recomendable (y más efectivo en términos productivos) mejorar la distribución de los herbívoros en el espacio (ver subtítulo siguiente) más que modificar la frecuencia de defoliación a través de los descansos.

5) Distribución de los herbívoros en el espacio

La distribución de los herbívoros en los ecosistemas áridos es muy heterogénea. Este patrón espacial de uso heterogéneo dentro de un cuadro ha sido identificado como uno de los principales mecanismos de degradación de los recursos, debido a que la presión de pastoreo es muy elevada en algunas áreas localizadas mientras que otras áreas son evadidas. La distribución de aguadas y el tamaño de los cuadros juegan un rol fundamental como determinantes del uso heterogéneo por parte de las ovejas. Reducir el área de los cuadros y proporcionar sitios de agua y suplementos reduce la heterogeneidad del impacto del pastoreo y permite una utilización de forraje más eficiente. Esto ocurre debido a que, en cuadros de menor tamaño, los herbívoros tienen la capacidad de explorar toda su área y utilizar el forraje disponible de manera más equitativa. En cambio, en los cuadros más grandes, una mayor proporción del área es inaccesible y completamente evitada, mientras que las áreas preferidas reciben una presión de pastoreo mucho mayor. Como consecuencia de estos patrones de uso, reducir el tamaño de los cuadros aumenta la disponibilidad forrajera promedio y eventualmente la receptividad. Al sub-dividir los cuadros, se recomienda alambrar áreas ecológicamente similares (p. ej. mismos tipos de campo) para efectivamente lograr un impacto más homogéneo del pastoreo. Cuando tal sub-división no tiene en cuenta la heterogeneidad ecológica dentro del paisaje o la topografía, los efectos de la selectividad de los animales pueden ser incluso exacerbados. En conjunto con la manipulación del tamaño de los lotes para modificar el uso espacial que hacen los herbívoros (además de la carga animal y el manejo de los descansos mencionados arriba), se puede utilizar la forma del lote, el número y distribución de aguadas, los sitios en que se proporcionan suplementos, sombra y reparo para atraer a los animales a áreas subutilizadas y mejorar la homogeneidad de uso de los recursos forrajeros.

En este contexto, el alambrado eléctrico puede constituir una opción de menor costo que el alambrado tradicional y permite realizar divisiones en áreas de pastoreo. En su construcción se utilizan elementos del alambrado tradicional, incorporando elementos nuevos tales como la captación de la energía por medio de un panel solar, su almacenamiento en baterías y el uso de aislantes para evitar la pérdida de electricidad a través del poste. De esta forma, el alambrado permite aprovechar energía solar a partir de un panel que no necesita ningún tipo de mantenimiento. Por su parte, el alambrado en sí requiere solo un mínimo de tiempo para su mantenimiento.

6) Suplementación estratégica

La suplementación estratégica es adecuada para realizar el engorde en invierno, después de que se seleccionaron los animales que van a entrar a servicio, aprovechando que en esta estación del año hay menos oferta de carne y se puede obtener mejor precio. La demanda de este producto es muy importante en los pueblos del interior de las provincias de la Patagonia y ha dado origen a una serie de emprendimientos de pequeña escala, en muchos casos vinculados a las carnicerías. Consiste en la oferta de una ración de alimentos concentrados en energía, proteína y fibra por un tiempo relativamente corto (de 45 a 60 días). Esta práctica también permite el mantenimiento de los animales frente a emergencias climáticas y, asimismo, puede reducir la presión de pastoreo sobre el pastizal. El objetivo es obtener la máxima producción ganadera compatible con la preservación de los recursos naturales. La práctica se realiza también en animales de diferentes categorías ovinas y caprinas que no han alcanzado el peso recomendado para su etapa de crecimiento y por lo tanto se decide descartar del establecimiento.

7) Plantación de montes forrajeros

Esta es una práctica orientada a áreas de estepa bajo producción pecuaria que se hallan degradadas, con escasa o ninguna cubierta vegetal, donde ya no es posible la recuperación natural. En estos casos es posible implantar especies arbustivas forrajeras que sirvan como reparo y como reserva estratégica de forraje para el ganado, tanto para momentos de escasez, como en los corrales de encierre. Además, estos montes contribuyen a disminuir la superficie de suelo desnudo y reducen el riesgo de erosión. Primero es necesario clausurar el área y realizar una cuadrícula para la plantación con un espaciamiento de 3 m x 3 m. Los pozos se realizan a 30 cm de profundidad aproximadamente y se rellenan los pozos, con la misma tierra desmenuzada y, de ser posible, compost hasta los 10 cm de profundidad donde se coloca el plantín. Finalmente se riega con 2 litros de agua por plantín. De este modo, el mismo enraíza por debajo de los 10 cm de profundidad donde la humedad del suelo es mayor y la concentración de sales es menor. Se han utilizado hasta el momento con éxito tres especies del género *Atriplex* (*A. lampa*, *A. sagittifolia* y *A. canescens*). Es necesario considerar el uso de elementos protectores con el fin de preservar la humedad del suelo por más tiempo y evitar la herbivoría por parte de liebres al inicio de la implantación, de este modo las plantas quedan protegidas y crecen más rápidamente.

8) Implantación de especies fijadoras para control de médanos

Los severos procesos erosivos y la desprotección de los suelos aportan a la formación de médanos que avanzan en detrimento de la receptividad de los campos y de la sustentabilidad productiva de las zonas donde ocurre. Para implementar una práctica de fijación, primero debe clausurarse el área a tratar y luego corrugar el terreno de modo perpendicular al avance del médano con surcadores profundos. Las dimensiones de los camellones deben ser calculadas a fines de asegurar la retención. Para la siembra se utiliza usualmente *Leymus racemosus* vd *sabulosus*, denominada *Elymo*, especie testeada en áreas similares. Luego del corrugado, se procede a sembrar con un cajón sembrador modificado con una densidad de 4 a 5 kg/ha. El área se mantiene clausurada hasta que las plantas queden bien establecidas y desarrolladas y el médano se estabilice, aproximadamente 5 años. Luego se habilita el pastoreo levemente del forraje que provee esta especie, porque es indispensable dejar mucho residuo para frenar la acción del viento, en especial en primavera para que comience a rebrotar con vigor. Esto se debe a que la principal función es la fijación de médanos vivos o en movimiento. En los médanos asociados a lagunas temporarias y cabeceras de lagos de la región de Santa Cruz, la movilización de material arenoso genera lenguas de deposición-erosión con dirección O-E que pueden avanzar rápidamente sepultando la vegetación. Para detener el avance de estas lenguas y permitir la regeneración de pastizales naturales en el largo plazo se genera un escarificado más profundo en la superficie de los médanos. Para esto se realizan surcados profundos que permiten la captura de suelo, semillas y concentran el agua en el fondo de los surcos. A la temporada siguiente se realiza la siembra profunda de semillas de especies psammófilas como *Elymus sabulosus* y *Elymus arenarius*. Se debe excluir el ganado durante dos años para que las especies se implanten correctamente. La práctica se aplica en lenguas medanosas y guadales (médanos arcillosos) en ambientes semiáridos (170-300 mm). La implementación de la práctica cuenta con limitaciones económicas dado que se requiere de exclusión mediante alambrado, roturación, cosecha artesanal de semilla y siembra, así como el uso de tecnología y equipamiento en el área, como tractores livianos, surcadores, y sembradoras. Sin embargo, en la región tiene un potencial de implementación de 2 M de ha.



9) Escarificación de suelos compactados con siembra de especies nativas

Esta es una práctica que tiene por objetivo lograr la rehabilitación del pastizal natural en suelos compactados



por tránsito de maquinarias pesadas o superficies resultantes de préstamos de material de cantera (locaciones, caminos). Se basa en el laboreo que escarifica la superficie mediante cinceles, surcador o aporcador, obteniendo surcos profundos. Simultáneamente se debe obtener semilla de especies forrajeras nativas como coirón poa (*Poa duseinii*, *ligularis*) y de coirón blanco (*Festuca pallescens*) mediante la cosecha manual en semilleros naturales. Se analiza el poder germinativo de las semillas cosechadas y se siembran a densidades de alrededor de 10 kg/ha en el fondo de los surcos mediante un cajón sembrador y un aporcador para obtener unas 80 semillas viables/m². También se puede plantar individuos de *Festuca* y *Pappostipa* sp. obtenidos por división de macollos y cultivo en invernáculo durante 1 año. Estas semillas y plántulas y las que se van incorporando por dispersión regeneran un pastizal con niveles de cobertura y diversidad similares al nativo en 2-3 años.

10) Sedimentación de cárcavas

La desprotección de los suelos en las áreas con procesos fluviales importantes ha promovido graves procesos de erosión hídrica. Algunas manifestaciones de esto son las cárcavas que se profundizan año a año. De este modo aumenta la velocidad y la fuerza erosiva del agua cargada de sedimentos que fluye por las mismas. La práctica se trata de estabilizar la cárcava para evitar que aumente en superficie y profundidad, mediante labores de contención con piedras, postes y estacas vivas. Se construyen diques vivientes o bien empalizadas perpendiculares a la cárcava y en el cauce angosto de un arroyo que frena la velocidad del agua y detiene el paso de sedimentos grandes a modo de filtro. Para tal fin se cortan estacas de sauce de alrededor de 10 cm de diámetro y dos metros de longitud, y se clavan cada 50 cm o 1 m a una profundidad de 1 m, de modo transversal al cauce. Así las estacas toman el agua del arroyo y enraízan de manera más fácil y rápida. Los rebrotes pueden manipularse de modo que se entrelacen en la empalizada y frenen más eficazmente el paso de sedimentos. También se han realizado empalizadas con postes y pequeños diques con piedras

transversales al paso del agua. Dependiendo de las características de torrencialidad de las vertientes, es importante que se construyan varias contenciones a lo largo del cauce, comenzando desde la parte alta de la cuenca hasta la base para evitar la rotura de las mismas. Es clave la clausura del sitio a revegetar.



11) Perros protectores de Ganado

En áreas donde los predadores son una amenaza, el objetivo de la implementación de perros protectores de ganado es ofrecer una práctica no letal para el manejo del conflicto ganadería-carnívoros. Al ser disuasivo, evita las pérdidas de ganado, reduce las percepciones negativas del ganadero hacia los carnívoros, presenta incompatibilidad con el uso de cebos tóxicos (ilegales), por lo que acarrea beneficios sobre la biodiversidad en diversos niveles de la cadena trófica. El efecto guardián permite ampliar las áreas de pastoreo del ganado, reduciendo el deterioro de vegetación y suelo en torno a la vivienda. Al reducir las pérdidas de ganado, incrementa la eficiencia de los sistemas, los excedentes comerciables, los ingresos familiares o empresariales. Indirectamente contribuye al arraigo y al empleo rural. Esta práctica se puede implementar a largo plazo. Resulta óptima con acciones coordinadas y conjuntas entre establecimientos cercanos.

Existe una limitante económica para su implementación, ya que el valor de mercado en por un perro de 4 a 6 meses ya listo para trabajar puede resultar inaccesible. La prefinanciación comercial es una gran oportunidad. Entre los pequeños ganaderos, el costo de mantenimiento mensual de alimentación del perro es significativo, principalmente por el carácter anual/zafral de los ingresos por venta de lana.

En cuanto a los impactos socioeconómicos, en el escalamiento de la práctica se requiere de nuevos criaderos de perros protectores de ganado, lo cual representa fuentes de empleo. Su implementación en sistemas productivos mejora la eficiencia y la economía, afianzando el arraigo y el autoempleo rural. También cabe destacar las mejoras detectadas en relación a la calidad de vida de quienes la han implementado, se encuentra vinculada a ingresos y al acceso a mercados.

PMST específicas de humedales

12) Separación de ambientes estepa/mallín y manejo estratégico

Se trata de una práctica basada en el uso estacional y diferencial de los mallines para el engorde del ganado. Los mallines presentan gran importancia en la estepa patagónica, tanto por su función ecológica como productiva (produce entre 4 y 10 veces más que la estepa que los rodea), y por eso se vuelve tan relevante conservarlos y mejorarlos. La separación del mallín del resto de la estepa y la subdivisión del humedal permite un manejo del recurso por época de utilización y el ajuste de la carga animal según la oferta forrajera disponible. Los mallines “descansados”, es decir, que pasan un tiempo sin pastoreo, acumulan biomasa con óptima calidad nutricional previa al pastoreo o antes del corte. Esto promueve la diversidad, reduce la compactación, previene la invasión de especies y contribuye a estabilizar los márgenes de los ríos y reducir



el sedimento que llega a los cursos de agua. La carga animal se ajusta a la disponibilidad evaluada por un método que combina estimar la productividad con la composición de especies (p. ej. Botanal). El pastoreo puede ser continuo con descanso primaveral previo y con carga animal ajustada, o bien rotativo. La implementación de la práctica cuenta con limitaciones tecnológicas y culturales, ya que no es el manejo tradicional al que suelen estar acostumbrados los productores.

13) Apotreramiento y definición de sistema de pastoreo (uso de alambre eléctrico)

En los campos sin apotreramiento, el ganado pastorea a voluntad y los mallines son utilizados todo el año sin descanso dado que poseen, por lo general, una fuente de agua y especies vegetales palatables de rápido crecimiento. De este modo se degrada su estado ecológico, su cobertura vegetal y su productividad. El apotreramiento permite manejar la intensidad y el momento de pastoreo en estos ambientes. El alambrado eléctrico es una herramienta útil para este fin y consiste en un circuito cerrado que consta de un electrificador conectado a una fuente externa de alimentación energética, que puede ser de 12, 220 o dual 12/220 voltios; una conexión de salida hacia el alambrado a electrificar y una conexión de entrada de tierra. En su construcción se utilizan elementos del alambrado tradicional, incorporando elementos nuevos tales como la captación de la energía por medio de un panel solar, su almacenamiento en baterías y el uso de aislantes para evitar la pérdida de electricidad a través del poste. De esta forma, el alambrado permite aprovechar la energía solar a partir de un panel que no necesita ningún tipo de mantenimiento. Por su parte, el alambrado en sí requiere sólo un mínimo de tiempo para su mantenimiento. Los productores deben acostumbrarse al concepto de que no es un alambrado que resiste esfuerzo, sino que actúa como una barrera visual con la cual el ganado trata de evitar cualquier tipo de contacto. Es necesario destacar que el alambrado es un elemento de manejo, que debe necesariamente ir acompañado de una propuesta sobre cómo potenciar su aprovechamiento. En este sentido, la principal ventaja de esta tecnología es que permite versatilidad en la elección del sistema de pastoreo, ya que se pueden realizar manejos más intensivos como el pastoreo

rotativo. Por ejemplo, es posible manejar el nivel de defoliación de la vegetación, dar descanso a determinadas áreas que se encuentren más degradadas, o bien permitir el rebrote en determinadas áreas y reservar estratégicamente el forraje de los mallines para momentos de escasez.



14) Producción de forrajes conservados (corte y reserva forrajera)

El pastoreo diferido a través del corte de forraje para reserva es una práctica útil para aumentar la eficiencia del uso del forraje producido por los mallines en la época que no es limitante, y utilizarlo en momentos del año donde hay escasez o durante eventos climáticos adversos. Asimismo, permite que el forraje no consumido en pie no pierda calidad, producto de los cambios a lo largo de la estación de crecimiento y la senescencia. Los mallines, independientemente de las condiciones climáticas y edáficas, presentan una curva de crecimiento con alta concentración de la producción de forraje en el período primavera-verano y una menor oferta en otoño-invierno. Para mantener producciones estables y compensar los déficits, el corte y uso de forraje conservado resulta una alternativa viable. Se aplica en mallines con disponibilidad forrajera inicial mayor a 2000 kg MS/ha, relieve plano y con piso edáfico para el ingreso de la maquinaria de corte y cosecha del forraje. Es importante destacar que, cualquiera sea el sistema de conservación utilizado, éste no mejora la calidad del material original. Por lo tanto, la prioridad debe ser transformar el forraje recién cortado rápidamente a un estado que permita la conservación prolongada del producto, disminuyendo al mínimo las pérdidas en cantidad y calidad de materia seca. La elección del tipo de conserva (p. ej. heno, fardo, rollo, silaje) dependerá de las posibilidades tecnológicas de cada productor.



15) Intersiembra con especies forrajeras introducidas con un laboreo mínimo del suelo

Los mallines pueden ser dulces, salinos o salino sódicos. Una técnica que ha demostrado ser muy efectiva para lograr la recuperación productiva de los mallines salinos o degradados es la intersiembra de pasturas. La técnica consiste en la siembra de especies forrajeras de rápido establecimiento, aplicando densidades de siembra de 15 a 20 kg semilla/ha. El pasto más utilizado es el Agropiro, una variedad conocida como “alargado”. La intersiembra, a diferencia de una siembra convencional, no requiere emparejar el terreno ni realizar varias pasadas de maquinaria, sino que, en una sola operación, se abre el surco y se siembra, utilizando una máquina sembradora que tiene una mayor distancia entre surcos con zapatas abridoras muy fuertes, que permiten sembrar directamente. Además, la sembradora puede fertilizar en el mismo momento de la siembra (p. ej. fosfato diamónico, urea, sulfato de amonio y más actualmente fertilizantes de liberación lenta). Esto permite hacer trabajos en zonas con alto peligro de erosión, donde las labores tradicionales significarían exponer al suelo a un proceso de erosión eólica. Se requiere que el suelo esté húmedo para asegurar la germinación y el desarrollo de las plántulas. El mejor periodo para la intersiembra es entre mayo y julio. Como limitante puede mencionarse que el resultado final puede ser muy variable, dependiendo fuertemente de las precipitaciones que se den en el año. La intersiembra con Agropiro alargado duplica a



sextuplica la productividad forrajera de estos ambientes. El crecimiento del pasto comienza en septiembre, es máximo en diciembre y luego comienza a decaer. Para la implementación de la práctica se debe tener en cuenta el manejo del pastoreo adecuado al régimen de crecimiento de la especie y el costo de los fertilizantes requeridos según la condición de fertilidad del sitio. La mejora de estos ambientes con capacidad forrajera, además puede colaborar a disminuir la presión del pastoreo sobre el resto de la estepa que rodea al mallín.

16) Fertilización

El agregado de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, en dosis ajustadas según diagnóstico previo es una práctica recomendada para incrementar la productividad y la calidad del forraje de los mallines, principalmente en aquellos destinados al corte para confección de reservas e intersembrados. No obstante, también puede aplicarse para incrementar la cantidad y calidad del forraje de los mallines para consumo en pie. Se requiere de un análisis previo de suelo y de composición de la vegetación para evaluar la pertinencia de fertilizar y ajustar las dosis necesarias. Por ejemplo, la fertilización nitrogenada es mucho más eficiente en mallines con alta proporción de gramíneas o intersembrados con Agropiro. La aplicación debe realizarse durante la primavera en suelos sin agua en superficie, aunque la baja disponibilidad de agua o niveles muy bajos de napa limitan la respuesta. Deben considerarse cuidadosamente estos aspectos que determinan las respuestas a la fertilización, ya que es una práctica costosa y tiene que ser ecológicamente efectiva para obtener beneficios económicos positivos como resultado de su implementación.

17) Redistribución de agua de escurrimiento en mallines degradados

La restauración de mallines por redistribución de agua en curvas de nivel es una práctica que se usa en mallines degradados a causa de la profundización de cauces que lo surcan y al aumento de la escorrentía superficial. La práctica busca retener estos escurrimientos mediante la construcción de diques y terraplenes que se interponen al flujo principal y de los que se derivan canales sin pendiente y permeables, de modo que amplíen la superficie de infiltración del mallín. Para su construcción es necesario un dispositivo de trazado de curvas de nivel (caracterización del área a intervenir mediante imágenes satelitales, nivel, GPS), y maquinaria: tractor, pala cargadora frontal y zanjadora o arado canalero. El objetivo es restaurar la función hidrológica natural de los mallines y además favorecer el retorno de las condiciones de humedad edáfica y mejorar la cobertura y productividad de la vegetación nativa del mallín. En el caso de ser necesario recuperar la cobertura vegetal en menor tiempo, se puede acelerar con la intersiembra de especies forrajeras.



18) Inundación de mallines por redistribución del agua superficial durante crecidas estacionales

Los mallines patagónicos, además de forraje, brindan otros servicios ecosistémicos como provisión de agua, fijación de carbono y son soporte de flora y fauna típica. Son ambientes sensibles que, por diversos factores como el pastoreo intenso, suelen perder suelo y capacidad de retención de agua. Ante este deterioro se propone la recuperación de mallines mediante la redistribución de agua. Se construyen azudes niveladores en brazos principales de un río para incrementar la superficie húmeda, la productividad y diversidad de los mallines durante los momentos de crecida estacional, mejorando la distribución de los desbordes naturales mediante el aprovechamiento de canales y meandros desactivados naturalmente, en una superficie más amplia. El aumento del tirante aguas arriba de las obras, no solo facilita la captación y almacenamiento, sino que también permite la regulación de caudales útiles y contribuye al mantenimiento de la freática más elevada durante el comienzo de la estación seca. Se aplica en mallines en toda la Patagonia y áreas bajas de relieve suavemente cóncavo que por la mejor distribución y disponibilidad hídrica mejoran su productividad. Estas obras de redistribución del agua permitirían que los mallines bajo un manejo correcto lleguen a duplicar su producción.

PMST complementarias

19) Instalación de montes leñeros y de reparo

En la Patagonia extrandina, la escasez de recursos leñosos es un factor crítico, que se refleja en la sobreutilización de especies leñosas nativas cuya extracción potencia la pérdida de vegetación nativa y cobertura del suelo. Se debe tener en cuenta que las distancias y el aislamiento son una característica de estas zonas, por lo cual el acceso a otros combustibles es dificultoso. Como alternativa, la instalación de “montes energéticos” y de reparo en predios de pequeños productores es una práctica muy relevante en estas áreas con clima agresivo, con fuertes vientos y escasa precipitación. Allí, resulta necesario algún tipo de reparo alrededor de las viviendas que detenga la velocidad del viento para mejorar la calidad de vida y permitir el desarrollo de pequeñas quintas. A su vez, representan un recurso leñero cercano. La práctica se trata de forestaciones lineales según la aptitud del suelo y el acceso al agua, priorizando aquellas especies de mayor valor calórico. La especie forestal a implantar dependerá fundamentalmente de la disponibilidad de agua. Se utilizan principalmente salicáceas, aunque pueden utilizarse olivo de bohemia y tamarisco. Para la plantación, se clausura con alambre perimetral el área de plantación, se demarcan las líneas y se planta manualmente a una densidad acorde a cada especie. Para la confección de cortinas es necesario también excluir el área al pastoreo y la plantación se hace manualmente en hileras con espaciamiento acorde a cada especie forestal. Si se cuenta con riego, es preciso diseñar uno o varios canales antes de la plantación. Los mismos tendrán una pendiente inferior al 1 %. Dependiendo la especie, se pueden obtener otros subproductos como varillas, postes o forraje.

20) Estufa a leña de alto rendimiento calórico

Las estufas de alto rendimiento, comúnmente llamadas estufas rusas, son artefactos de calefacción contruidos de ladrillos refractarios que se caracterizan globalmente por tener excelentes rendimientos de entre 84 y 93 % de valor calórico de la leña, muy superiores a cualquiera de las otras estufas. Una estufa común, de hierro, tiene un rendimiento de un 40 %. La leña suele ser el único medio de cocción y de calefacción de los productores aislados y la extracción de la misma genera pérdida de cobertura. Esta estufa eficiente disminuye el uso de leña y es ideal para su uso de manera conjunta a la práctica de implantación de montes energéticos. Una estufa de alto rendimiento produce el mismo calor con 100 kg de leña que una estufa común de hierro con 400 kg. La eficiencia se basa en que están contruidas de material refractario que tiene gran capacidad de absorber el calor, acumularlo y luego entregarlo lentamente. La temperatura de combustión es muy alta y el recorrido de los gases dentro de la estufa es muy largo antes de salir por la chimenea, lo que permite una combustión muy completa. Por esta razón deja todo el calor dentro de la casa antes de salir. Se contruyen con materiales refractarios y cemento refractario. Se han desarrollado cartillas y folletos destinados a los productores rurales que explican paso a paso su construcción, los mismos están disponibles en el INTA.

C

Protocolo para el monitoreo del almacenamiento de carbono en el suelo y del estado de salud del pastizal a nivel predial en Patagonia

En esta sección se proporciona un marco conceptual y metodologías estándar para monitorear el estado de salud de los pastizales de la Patagonia, incluyendo las reservas de Carbono Orgánico del Suelo (COS), a nivel de predio o establecimiento agropecuario. Si bien se proporciona una guía escrita, se recomienda la realización de las etapas con las comunidades, para su apropiación ya que no son actividades comunes.

En Argentina, el monitoreo de las reservas nacionales de carbono orgánico del suelo liderado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) sigue los lineamientos de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (Wingeyer et al., 2023). A nivel regional, el INTA ha adaptado la metodología internacional para el monitoreo de las reservas de carbono y la salud del pastizal a las condiciones de la Patagonia y tierras áridas, conformando el sistema MARAS (Monitoreo ambiental de zonas áridas y semiáridas, Oliva et al., 2019).

El protocolo propuesto sigue los lineamientos del protocolo de FAO (2020), el cual se ha adaptado a las condiciones de Patagonia para la definición de las unidades de muestreo siguiendo la metodología propuesta para la evaluación de pastizales de la región (Siffredi et al., 2015; Massara Paletto y Buono, 2020). Esta metodología se basa en la utilización de imágenes satelitales y modelos digitales de elevación para la zonificación del predio en unidades de paisaje homogéneas. Dentro de las unidades de paisaje se ubicarán los sitios de muestreo, cuyo número y criterios de ubicación se definirán en el protocolo. En los sitios de muestreo se medirán indicadores para cuantificar el almacenamiento de C en el suelo y sobre el estado de salud del pastizal (por ejemplo cobertura vegetal, composición florística, riqueza de especies). Los métodos de muestreos, que se detallarán a continuación, se basan en metodologías estándar utilizadas en el protocolo de la red de monitoreo regional de los pastizales patagónicos MARAS (Oliva et al., 2019; Oliva et al., 2020). Los indicadores y métodos de medición del presente protocolo, son compatibles con lo establecido en iniciativas nacionales e internacionales (Gaitán et al., 2023). Por ejemplo, el C en el suelo se medirá de 0 a 30 cm e incluye la medición de la densidad aparente para calcular el almacenamiento (t/ha). El IPCC (2006) recomienda la profundidad de 0 a 30 cm para realizar los inventarios de gases de efecto invernadero (GEI), esto se debe a que en los horizontes superficiales los procesos del ciclo del C son más activos, mientras que a mayores profundidades el C se almacena de forma más estable. Además, la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD), como organismo custodio del indicador 15.3.1 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), ha adoptado el almacenamiento de C (0 a 30 cm) como uno de los indicadores para estimar el área de tierras degradadas en el contexto de monitorear la meta de alcanzar la neutralidad en la degradación de las tierras hacia el año 2030 (IUCN, 2015). Este protocolo permitirá establecer una línea de base en los predios que adopten prácticas de mitigación o adaptación. La georreferenciación de los sitios de muestreo permitirá volver a medirlos con cierta periodicidad con la finalidad de detectar los cambios causados por las medidas adoptadas. A su vez, este protocolo de monitoreo de reservas de carbono es compatible con la metodología de los estándares de verificación de carbono

Manejo Sostenible de Pastizales (VCS VM0026, 2021) y Adopción de Pastizales Sostenibles a través del Ajuste del Fuego y el Pastoreo (VCS VM0032, 2015) de Verra, lo que permitirá su uso para certificar proyectos de remociones y reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero en las comunidades.

Protocolo de monitoreo

Zonificación ambiental: mapa base

La región patagónica presenta una gran heterogeneidad de ambientes como consecuencia del clima, el suelo y la topografía que produce una gran diversidad de comunidades vegetales con una amplia variación de productividad, estructura y biodiversidad.

La herramienta fundamental para el monitoreo a nivel predial es el mapa base. En él debe volcarse toda la información con la que cuenten las comunidades: delimitar los potreros, ubicar los caminos y las aguadas, cascos, puestos, etc. Además se deben delimitar las unidades ambientales o unidades de paisaje sobre las cuales se ubicarán los sitios de monitoreo. Para esta etapa se requiere de acceso a información satelital, acceso a internet, y acceso a visor de capas de información. Esto puede significar una limitación para las comunidades, por lo que es necesario identificar actores que puedan contribuir con la tecnología y con la experiencia para generar este mapa con las comunidades.

Para la elaboración del mapa base del establecimiento y ubicación de los sitios de monitoreo se proponen las siguientes actividades:

- Ubicación del establecimiento con sus límites externos, subdivisiones (potreros), caminos, puestos y aguadas en la imagen satelital mediante los puntos tomados con el GPS. Para ello se pueden utilizar imágenes satelitales como Landsat 8 (resolución espacial 30 metros) o Sentinel (resolución espacial 10 metros).
- Delimitación de las unidades ambientales o unidades de paisaje. Sobre la imagen se interpretan de manera visual los Paisajes, utilizando criterios geomorfológicos y topográficos, complementados con las características de color, tono y textura de la imagen y el análisis de un Modelo Digital de Elevación (MDE) que proporciona información sobre altitud, curvas de nivel y pendientes que ayudan a interpretar las geoformas. Se necesita registrar el tamaño (ha) de cada unidad ambiental para estimar su proporción respecto de la superficie total.
- Ubicación de los sitios de monitoreo (SM). La cantidad de SM dependerá principalmente de la heterogeneidad de los paisajes del establecimiento. Sin embargo, considerando la infraestructura de cuadros y el tamaño del establecimiento, se sugiere que al menos se realicen tres (3) SM por Unidad de Paisaje y un máximo de doce (12) SM por predio.

A modo de ejemplo, en la Figura 1 se muestra un predio con subdivisiones internas (potreros) sobre una imagen satelital Landsat (a), las curvas de nivel (b) y el mapa de unidades de paisaje con la ubicación de los SM (c).

- Los sitios de monitoreo seguirán el diseño de la Figura 2. En cada sitio se colocarán 3 transectas (T1, T2 y T3) de 50 metros de longitud, separadas por 10 metros entre sí. En cada transecta se estirará una cinta métrica lo más tensa y cercana a la superficie del suelo posible. En cada extremo de la transecta se tomarán las coordenadas geográficas. Esto puede realizarse con GPS o con teléfono celular.

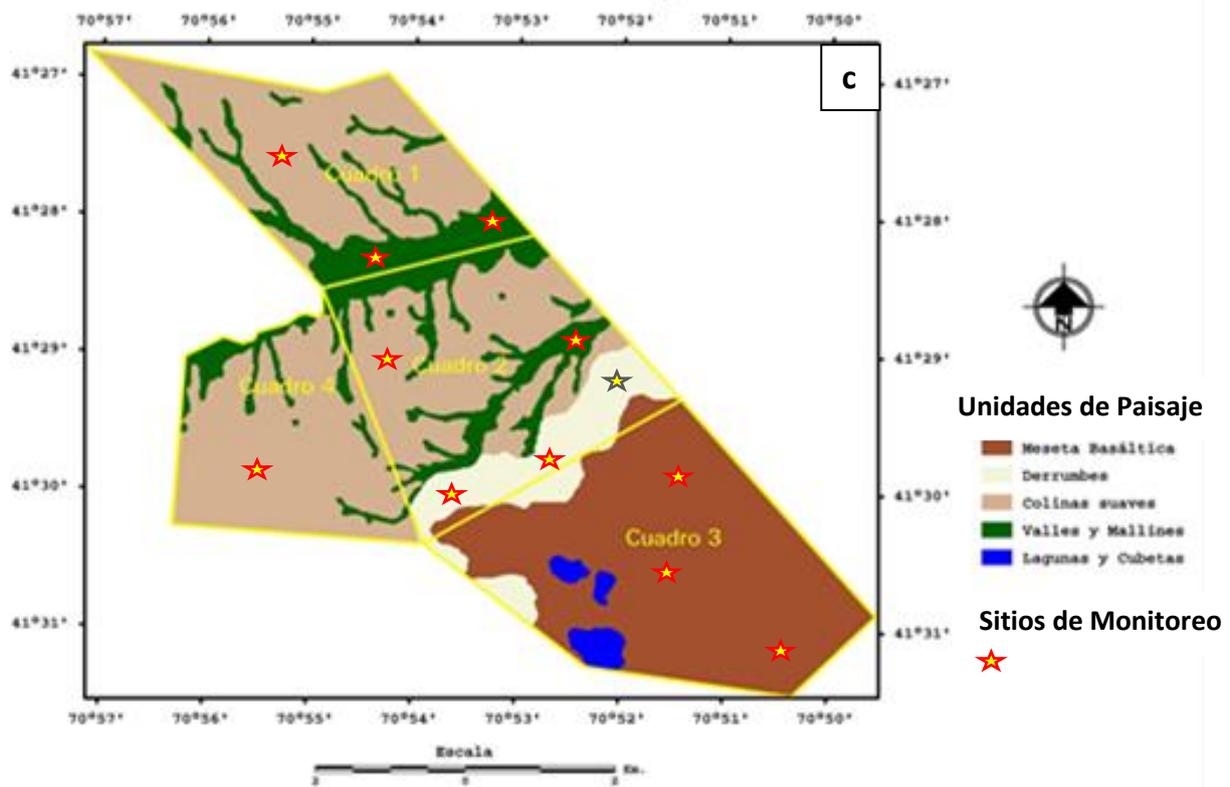


Figura 1. Establecimiento ganadero de la Patagonia con sus potreros internos (a), curvas de nivel (b) y mapa de unidades de paisaje con la ubicación de los sitios de monitoreo (c).

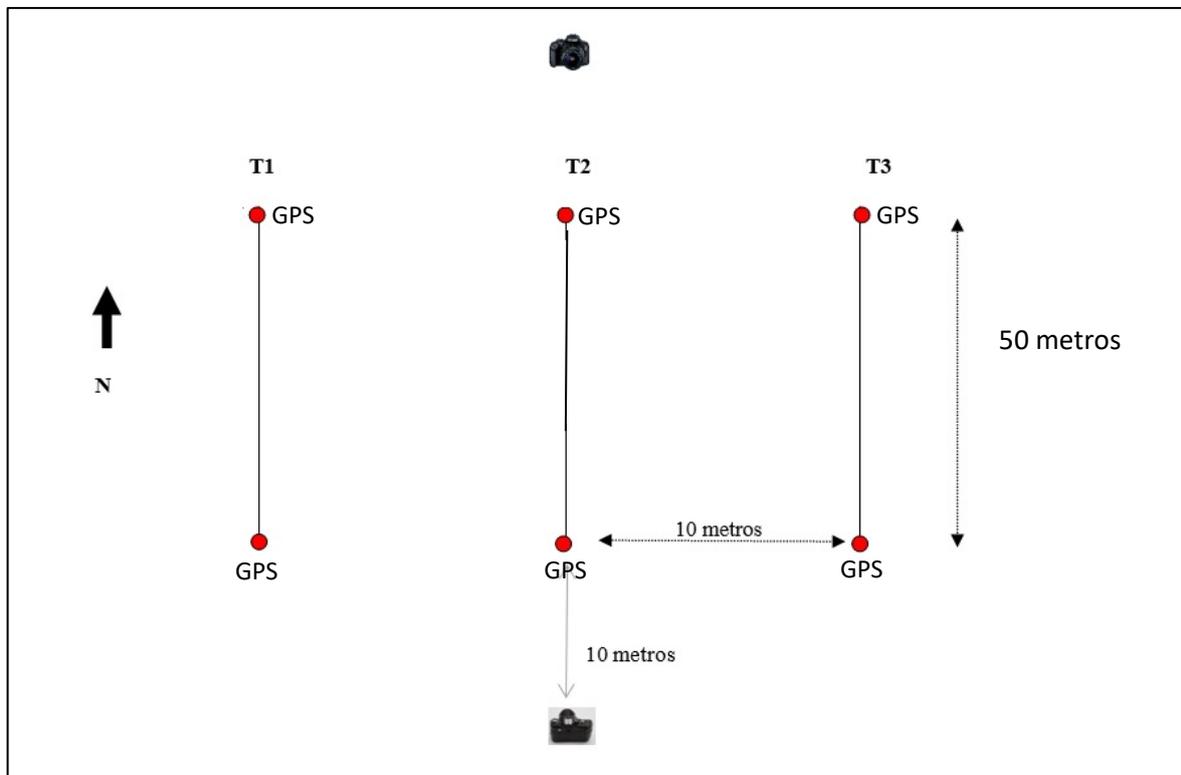


Figura 2. Diseño de la parcela de muestreo.

Cuando se toque una planta con el material vegetal muerto, pero aún arraigado, se registrará como “Muerto en pie”.

- Toque no vegetado: se registrará alguna de las siguientes categorías:
 - Mantillo (material vegetal muerto y suelto sobre el suelo).
 - Criptogramas (musgos y líquenes)
 - Roca/piedras (>2cm).
 - Suelo desnudo
- Especies acompañantes: luego de la lectura de las transectas se recorre el área entre las mismas y se anotan todas las especies presentes no registradas por las agujas. Dedicar no más de 10 min a este recorrido.

*Muestreo de suelo:

Determinación de carbono: Sobre la T1 se colectarán 2 muestras compuestas correspondientes a las profundidades de 0-10 y 10-30 cm. Cada muestra compuesta estará conformada por 10 submuestras, las cuales se tomarán cada 5 metros de la transecta. Las submuestras de cada profundidad se colocarán en una misma bolsa de polietileno (La muestra compuesta, de cada capa, debe contener al menos 750-1000 g de suelo) (Figura 4). La bolsa conteniendo la muestra compuesta se colocará dentro de otra bolsa del mismo material. Entre las 2 bolsas se colocará una etiqueta con el código de identificación del sitio.

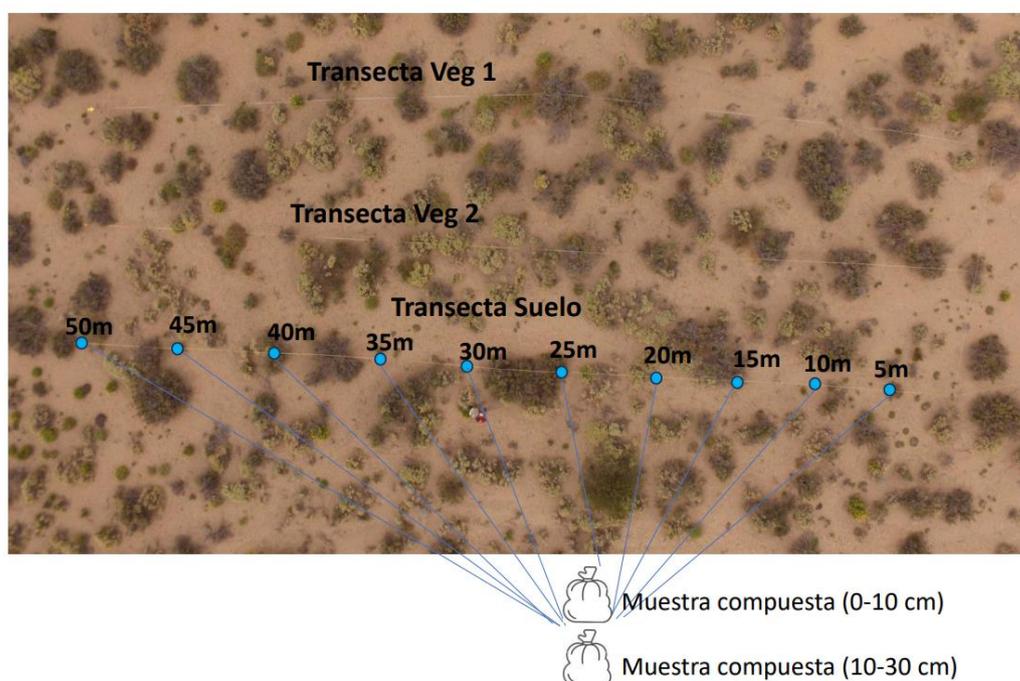


Figura 4. Esquema del muestreo de suelo en los sitios de monitoreo. Sobre las muestras compuestas se determinará la concentración de carbono orgánico del suelo.

Las muestras serán secadas al aire, lo que asegura una baja actividad química y biológica. Para ello se procede a desmenuzar terrones o agregados, quitar piedras y material orgánico de gran tamaño. Se mezcla todo muy bien y se esparce la muestra sobre bandejas (Figura 5). Se dejan las muestras durante unos días en un ambiente ventilado, hasta que se consideren secas. Las muestras secas se enviarán al laboratorio para determinar el contenido de carbono orgánico siguiendo el método de Walkley y Black (1934), o combustión seca.



Figura 5. Secado de muestras de suelo.

Densidad aparente: Mediante el método del cilindro se colectan muestras de suelo para la determinación de la densidad aparente. El muestreo se realizará en los puntos a 20 m y 40 m de la transecta obteniendo muestras de las mismas 2 profundidades que para la determinación de C: 0-10 y 10-30 cm. En la Figura 6 se muestra un esquema de cómo se colectan los cilindros.

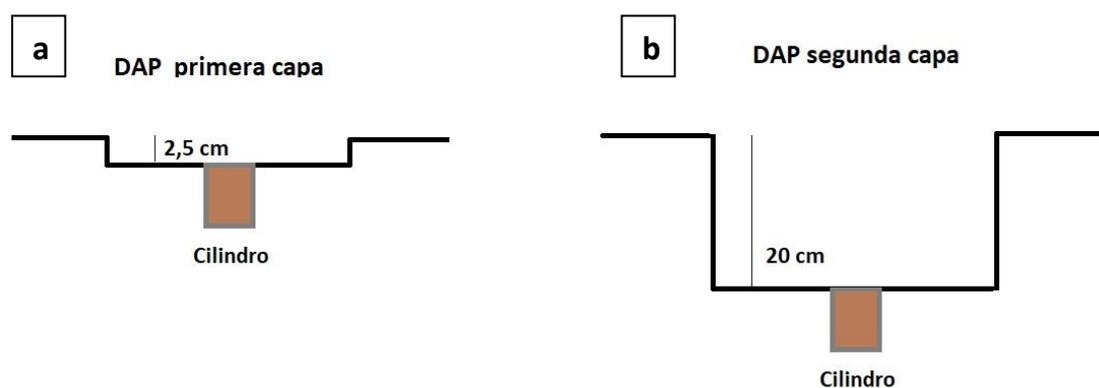


Figura 6. Muestreo de densidad aparente de 0-10 cm (a) y 10-30 cm (b).

A los fines prácticos, se introduce el cilindro metálico en el suelo con ayuda de un taco de madera y una masa, teniendo cuidado de no compactar la muestra. Se “enrasa” el cilindro quitando el suelo de los extremos y de las paredes del cilindro como se muestra en la Figura 7.

Cada una de las muestras extraídas en cada sitio se coloca en una bolsa de polietileno debidamente identificada. Las muestras se llevan al laboratorio donde se secarán a 105°C durante 48 hs. Se pesa la muestra seca y se calcula la Dap mediante la siguiente ecuación:

$$Dap = \text{masa suelo seco} / \text{volumen del cilindro}; \text{Volumen del cilindro} = \pi \times r^2 \times \text{altura del cilindro}$$



Figura 7. Muestreo de densidad aparente con el método del cilindro.

***Cálculo de las reservas de Carbono orgánico del suelo (COS):**

Las reservas de COS (t/ha) en cada sitio de monitoreo se calculará con la siguiente ecuación:

$$COS \text{ (t/ha)} = C \times Dap \times 0,3 \times (1-FG) \times 0,1$$

Donde C es la concentración de COS (kg.100 kg⁻¹); Dap es la densidad aparente del suelo (kg.m⁻³), 0,3 es la profundidad de muestreo (m), FG es la fracción de fragmentos gruesos en el suelo (> 2 mm) y 0,1 es un factor para expresar el resultado en t/ha.

Las reservas de COS en el predio se calcularán como la media de las reservas de los sitios de monitoreo de cada unidad de paisaje ponderada por su superficie relativa (que se estimó en la elaboración del mapa base).

D

Herramientas de contabilidad de carbono para reportar reducciones a partir de la implementación de las prácticas y tecnologías identificadas

Una opción para estimar las reducciones y remociones de gases de efecto invernadero de nuestras comunidades es a través del análisis del ciclo de vida (LCA, por sus siglas en inglés), que constituye en una herramienta de suma utilidad para establecer una línea de base de impactos ambientales. Esta metodología se encuentra estandarizada bajo NORMAS ISO (ISO 2006 a, b), y usa procedimientos y base de datos estándares que modelan los cambios en el carbono del suelo y las emisiones de GEI, por lo cual no es necesaria la realización de mediciones a campo para verificar los cambios como resultado del manejo propuesto. Para poder implementarla se necesita conocer y recolectar información básica sobre los sistemas productivos de las comunidades para luego poder realizar todos los cálculos necesarios y ajustar los modelos. Con este análisis podemos encontrar los puntos con mayor impacto ambiental y en base a esto proponer las medidas de mitigación correspondientes. Esta metodología es utilizada por diferentes autores (Edwards-Jones et al., 2009; Taylor et al., 2010) y fue utilizada con éxito por Peri et al. (2020) para calcular la huella de Carbono a escala de Paisaje para la provincia de Santa Cruz.

Otra opción para estimar las reducciones y remociones de gases de efecto invernadero es el uso de metodologías estándares de verificación de carbono como el protocolo *Verified Carbon Standard* (VCS) VM0026 o VM0032 de Verra. Estos estándares utilizan mediciones de las reservas de COS, como se detalló en la sección B, e información sobre el ganado y el forraje para estimar las emisiones de metano.

Calculadoras de emisiones de gases de efecto invernadero

Para establecer la línea de base de los planteos productivos actuales en cuanto a la generación de emisiones de gases de efecto invernadero y cuantificar el impacto de las prácticas sugeridas de manejo sostenible de la tierra (PMST), se evaluaron dos 2 calculadoras disponibles: 1) la herramienta de cálculo EX-Ante Carbon-balance Tool (**EX-ACT**), desarrollada por la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) y 2) la herramienta comercial **AGRECALC**, desarrollada por una empresa de tecnologías emergentes en el Reino Unido. A continuación se ponderan las ventajas y desventajas de estas herramientas como también los aspectos que necesitan ser abordados para su uso por parte de las comunidades.

Ventajas

Las herramientas evaluadas poseen algunas ventajas de utilización.

- 1) Ambas herramientas contemplan factores de emisión por default (Tier 1) para recursos de pastizales naturales y ganado ovino, lo que permite su utilización si no se dispone de información local.

- 2) La calculadora desarrollada por la FAO consiste en una planilla de Excel (Figura 8) que no requiere de conectividad para su utilización. Esto es importante ya que el acceso a internet no está disponible en la mayoría de las comunidades rurales.

Desventajas

Se encontraron varias limitantes para la adopción de estas herramientas por parte de los productores locales en los sistemas en estudio. Se destacan tres limitantes que surgen de la interacción herramienta-usuario, y cuatro que son intrínsecas de los modelos:

- 1) Nivel de conocimientos técnicos específicos y manejo fluido del inglés: ambas herramientas poseen un lenguaje técnico respecto a los recursos forrajeros y las categorías animales, y la concepción de la unidad productiva. Esto se encuentra además en idioma inglés. Si bien la herramienta EX-ACT tiene la opción de español, solo se traducen algunas partes de las hojas de cálculo. Si bien las personas de las comunidades poseen conocimientos técnicos específicos de los sistemas productivos, la terminología y el grado de descripción que éstas emplean difiere a lo que emplean las herramientas, y el conocimiento del idioma inglés no es común.
- 2) Registros sistematizados de información: ambas herramientas requieren asentar y sistematizar de manera exhaustiva información sobre todas las entradas y salidas del sistema en análisis para poder realizar los cálculos con exactitud. La metodología de registro de la información de la producción por parte de las comunidades es, en general, informal y no se complementa con estimaciones de producción primaria de los recursos forrajeros, ó del tamaño de los cuadros de pastoreo.
- 3) Prácticas culturales: en algunos de los sitios en estudio, los sistemas de producción están afectados por cuestiones culturales como por ejemplo la presencia de tropillas de equinos que no están afectados a las actividades productivas, pero que generan sobrepastoreo en los pastizales y exacerbando los procesos de degradación de tierras al elevar fuertemente la carga animal, este tipo de situaciones requiere ser considerada en forma explícita por las herramientas como si fueran categorías productivas de ganado.
- 4) Disponibilidad de información del recurso forrajero local y su aprovechamiento: ambas calculadoras contemplan diferentes opciones de recursos forrajeros a través de menús desplegables asociados a las bases de datos de factores de emisión. Sin embargo, el tipo de recurso forrajero predominante en las comunidades (pastizales naturales de especies de clima semi-áridas) como el uso que hacen del mismo las comunidades (extensivo en muchos casos sin parcelamiento) no están disponibles dentro de las opciones a seleccionar (se continua en apartado Aspectos a Desarrollar).
- 5) Escala de las variables climáticas: en ambas herramientas las variables climáticas consideradas dentro de la base de datos son globales y no contienen detalle espacio-temporal de climas con variaciones estacionales muy marcadas, como en la Patagonia (clima frío templado). Para las 5 provincias las características climáticas son homogéneas en las herramientas. Esto simplifica el efecto del clima sobre las emisiones debido a su influencia en la productividad y calidad de los pastizales naturales.
- 6) Prácticas de Manejo Sostenible de Tierras: las herramientas consideran el manejo desde un cambio en la condición de la pastura/pastizal o una reducción /aumento de la carga animal. Esto implica que no hay factores de emisión asociados (por default) a las PMST (se continua en apartado Aspectos a Desarrollar).

- 7) Emisiones desde el hogar: otra limitante de estas calculadoras es que sólo consideran aspectos concernientes a la producción a los fines del cálculo, omitiendo las emisiones generadas en el hogar rural (se continúa en apartado Aspectos a Desarrollar).

Aspectos a Desarrollar

Ambas calculadoras poseen mecanismos de ajuste que permitirían a las comunidades medir y reportar sus reducciones a partir de la implementación de las nuevas prácticas y tecnologías identificadas.

- 1) Disponibilidad de información del recurso forrajero local y su aprovechamiento: En la región se cuenta con trabajos de investigación que caracterizan la composición del recurso forrajero y, aunque incipiente, hay esfuerzos de medición de gases de efecto invernadero desde los pastizales/arbustales como desde los animales que consumen el recurso. Esta información necesita ser recopilada y sistematizada para poder ser incorporada dentro de las calculadoras en los niveles Tier 2.
- 2) Asimismo, los valores de reservas de COS son por default. La propuesta de medición a nivel de comunidades permitirá disponer de información local para incorporar a la herramienta. Esto también implica la necesidad de salvaguardar la información que se vaya generando, por ejemplo, a través del sistema de monitoreo MARAS.
- 3) Prácticas de Manejo Sostenible de Tierras: Si bien no se dispone de factores de emisión asociados a las PMST, sí se pueden generar relaciones que asocien cada PMST a cambios esperados en el estado/calidad del pastizal (producción primaria neta, reservas de COS). Esta aproximación puede complementarse con un relevamiento y sistematización de la información que está dispersa y que viene siendo relevada por diferentes iniciativas dentro del ONDTyD, las Universidades, CONICET e INTA.
- 4) Emisiones desde el hogar: Las emisiones generadas en el hogar pueden ser aproximadas a partir de la información de las encuestas en las comunidades y los factores de emisión asociados al consumo de energía.

A modo de síntesis, la calculadora desarrollada por la FAO consiste en una planilla de Excel (Figura 8), una ventaja ya que no se requiere de conexión a internet, que no está disponible en la mayoría de las comunidades rurales, para analizarlo. Otro aspecto positivo es que tiene como opción usar el idioma español para algunos ítems, sin embargo, los títulos y subtítulos están consignados en idioma inglés. Entre las desventajas, EX-ACT se encuentra enfocada en evaluar principalmente cambios en el uso de la tierra: deforestación/reforestación. Sí bien da la posibilidad de realizar un análisis previo de cómo va a impactar nuestra PMST sobre el balance de Carbono, no tiene entre las opciones las prácticas aplicables para los productores de nuestras comunidades que se presentan en el primer apartado.

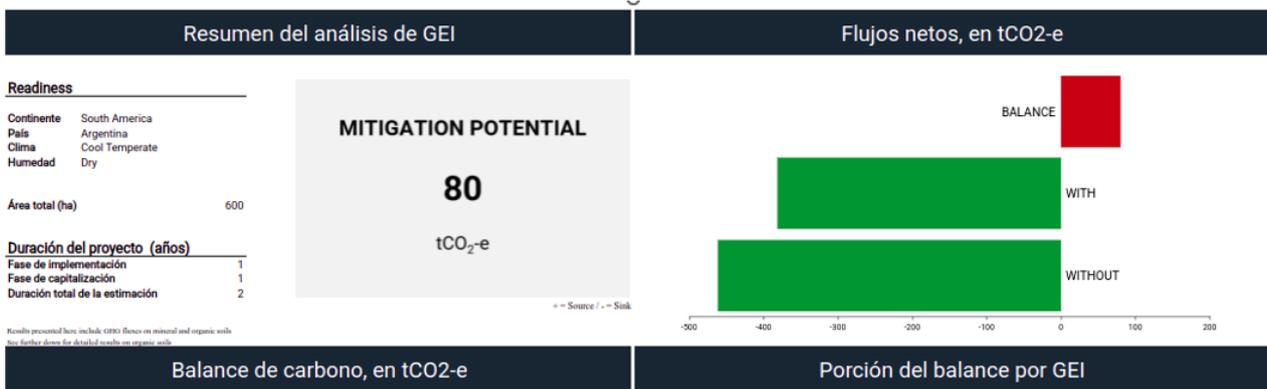


Figura 8. Resultado de la herramienta de cálculo EX-Ante (EX-ACT). Resultado calculado para un productor tipo de Cushamen, donde se aplicó como práctica de manejo sustentable evitar el sobrepastoreo. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a AgreCalc (Figura 9), tiene mayoritariamente desventajas la cual no la hace una herramienta de fácil adopción. Se destaca la necesidad de contar con conexión a internet y un manejo avanzado del idioma inglés, estas dificultades podrían sortearse si las comunidades pudieran contar con apoyo de técnicos del sector público o privado, sin embargo, la principal limitante encontrada es que no se logra a partir del menú de opciones disponibles describir adecuadamente los sistemas de producción en análisis ya que el software ha sido desarrollado para los sistemas agropecuarios intensificados, altamente tecnificados, con un elevado input de insumos y factores capital dependiente, esta realidad es diametralmente diferente a la que se vive en la estepa Patagónica.

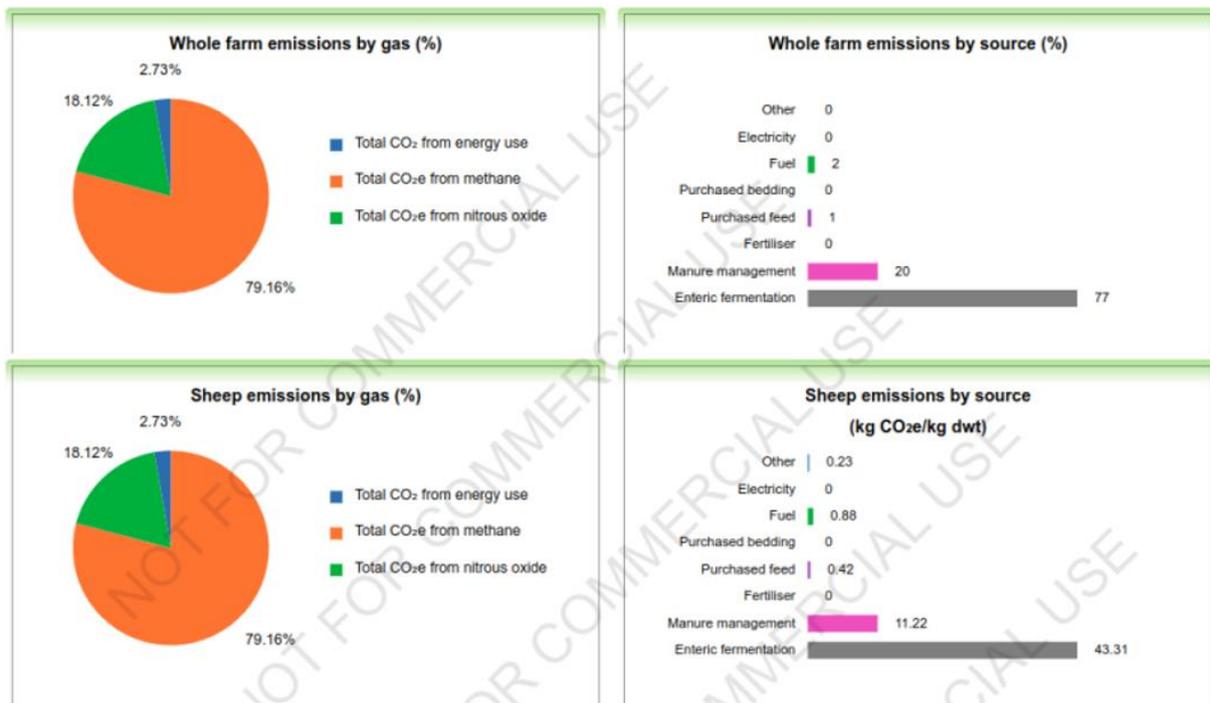


Figura 9. Resultado de la calculadora AgreCalc, calculada para un productor tipo de Cushamen. Fuente: Elaboración propia.

Metodologías estándares de verificación de emisiones de gases de efecto invernadero

La metodología de verificación del protocolo **Verified Carbon Standard (VCS) VM0032** (VCS VM0032, 2016) **de Verra** está propuesta para establecer la línea de base de los planteos de pastoreo de pastizales actuales y la estimación de las remociones y reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de la implementación de prácticas de manejo sostenible del pastoreo, como algunas de las propuestas en la sección A de este documento (PMST). Se describe brevemente la metodología, con las ventajas y desventajas, como también los aspectos que necesitan ser abordados para su uso por parte de las comunidades.

Metodología de Verificación VM0032

Esta metodología de verificación requiere contar con mediciones de la línea de base respecto al COS, los animales en pastoreo (categorías, edades), la calidad del forraje, y la frecuencia de fuego. En esta metodología sólo se consideran significantes los aportes de metano de los animales en pastoreo, dado que no se incluyen humedales ni estrategias de fertilización. Esto es importante a considerar, ya que en algunas comunidades el uso de los mallines y la fertilización de los mismos no estaría representado adecuadamente. Luego, cada etapa de verificación se puede abordar con dos aproximaciones:

- 1) Por medición: Las reducciones de las emisiones de GEI son cuantificadas a través de cambios en las reservas de carbono del suelo (0-30 cm de profundidad) ó en las emisiones de metano (animales y dieta). Si bien la incertidumbre es reducida en esta aproximación, tiene la desventaja de requerir un período de tiempo muy largo para detectar cambios en el carbono del suelo (y poder verificar la propuesta de manejo), especialmente en lugares de muy baja productividad.
- 2) Por modelado: Las reducciones de las emisiones de GEI por la implementación de las prácticas de manejo sostenible son cuantificadas usando un modelo validado para carbono orgánico del suelo y metano. La incertidumbre de estas estimaciones es mayor, dada por el uso de los parámetros para calcular las emisiones y remociones, lo que determina que las reducciones que se estimen van a tener una merma en función del factor de incertidumbre. Sin embargo, esta aproximación permitiría realizar estimaciones anuales de las reducciones y remociones. Para utilizar esta aproximación, se requiere usar modelos de carbono del suelo que estén validados en la comunidad científica internacional, y contar con la información local para la parametrización del modelo. Asimismo, se debe recalibrar el modelo cada 5 a 10 años a través de mediciones de COS (profundidad indicada por el modelo) y de los parámetros de entrada del modelo.

Aspectos a Desarrollar

La estimación de las reducciones y remociones netas de emisiones de GEI de las comunidades contemplan los cambios en el carbono orgánico del suelo, las emisiones de metano por el ganado y las quemas de biomasa, y los cambios de emisiones por el movimiento del ganado fuera de las comunidades.

Para el uso de esta metodología de verificación e independientemente de la aproximación, se necesita contar con una línea de base del manejo del pastizal de 10 años previo a la implementación de las prácticas de manejo sostenible de tierras propuestas en la sección A. La información comprende: a) el uso de la tierra de

los diferentes lotes/potreros; b) la historia de manejo del fuego; y c) las variaciones del stock ganadero. Esta línea de base puede ser reconstruida parcialmente con información del monitoreo socioeconómico (ver informe de la actividad 2 del proyecto); con información relevada in situ (monitoreo de COS, sección B de este informe); y con información satelital de áreas quemadas (disponible a través del portal de datos interactivos de CONAE), y de productividad del pastizal (metodología descrita en la sección B de este informe para la delimitación de áreas homogéneas).

Para las estimaciones por la aproximación por modelos, se necesita contar con un modelo de COS validado internacionalmente. No se dispone de información a escala regional sobre el desempeño de modelos de COS, sin embargo se cuenta con algunos trabajos donde el modelo Century ha arrojado resultados satisfactorios (Carrera et al. 2007). Para usar esta aproximación en las comunidades se requerirá de relevar información de vegetación y suelo que permita parametrizar el modelo. Para estimar las emisiones de metano del ganado, la metodología utiliza las ecuaciones del IPCC (2006). Dado que estas mismas ecuaciones están embebidas en la calculadora EX-Ante Carbon-balance Tool (sección emisiones directas del ganado), es posible utilizar dicha herramienta para simplificar las estimaciones. Para determinar el factor de incertidumbre se requiere de información local de las comunidades respecto de las categorías animales, su evolución, los stock de COS, que será necesaria utilizar en simulaciones de Monte Carlo. De esta manera, se requiere de asesoramiento específico para poder implementar esta metodología de verificación.

- Burek, A., Bucci, S.J., Carbonell-Silletta, L., Cavallaro, A., Askenazi, J.O., Pereyra, D.A., Cristiano, M.P., Goldstein, G., Scholz, F.G. (2024). Annual and seasonal dynamic of carbon sequestration in a Patagonian steppe. *Agricultural and Forest Meteorology*. 356:110184. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2024.110184>
- Carrera, A., Ares, J., Labraga, J. et al. (2007). Scenarios of Future Climate and Land-Management Effects on Carbon Stocks in Northern Patagonian Shrublands. *Environmental Management* 40:944–957. <https://doi.org/10.1007/s00267-007-9007-0>
- Edwards-Jones, G., Plassmann, K., & Harris, I.M. (2009). Carbon footprinting of lamb and beef production systems: insights from an empirical analysis of farms in Wales, UK. *The Journal of Agricultural Science*, 147(6), 707-719.
- Enriquez, A., Aramayo, M.V., Buono, G., Curcio, M., Fernandez, M., Garcia Martinez, G., Navarro, M.F., Paredes, P., Umaña, F., Utrilla, V., Vargas, P., & Cremona, M.V. (2023). Uso consensuado de un recurso escaso: desarrollo participativo de guías de buenas prácticas ganaderas para humedales patagónicos. *IDIA 21*, 3(1), 58-62.
- IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan ES.
- ISO (2006a). ISO14040. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO (2006b). ISO 14044. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- IUCN (2015). Land degradation neutrality: implications and opportunities for conservation. Technical Brief (2nd edition), IUCN, Nairobi (2015).
- FAO (2020). A protocol for measurement, monitoring, reporting and verification of soil organic carbon in agricultural landscapes – GSOC-MRV Protocol. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb0509en>
- Gaitán, J.J.; Wingeyer, A.B.; Peri, P.; Moavro, E.; Peralta, G.; Fritz, F.; Berhongaray, G.; Adema, E.; Albarracin, S.; Álvarez, C.; Álvarez Cortés, D.J.; Bacigaluppo, S.; Balducci, E.; Ballón, M.; Banegas, N.; Barbaro, S.; Barral, P.; Behr, S.J.; Beider, A.M.; Bellanich, A.; Benedetto, M.V.; Boccolini, M.; Borrelli, L.; Buono, G.G.; Butti, L.R.; Canale, A.; Capurro, J.E.; Casasola, E.; Castro, F.E.; Cepeda, C.; Cesa, A.; Céspedes Flores, F.; Colazzo, J.C.; Chalco Vera, J.; Chaparro, S.A.; Clich, I.A.; Bustos, M.E.; Dure, J.L.; Iglesia, P.; Eiza, M.; Enrico, J.M.; Erreguerena, J.; Fantozzi, A.; Fernandez López, C.; Ferrante, D.; Flores, J.; Gabioud, E.; Gándara, L.; Gerlero, G.D.; Giannini, A.P.; Goytía, S.Y.; Humano, G.; Irizar, A.; Iturralde, R.; Kehoe, E.; Kloster, N.; Kurtz, D.; Lara, J.; Lasagno, R.; López, A.; López Morillo, C.; Lupi, A.; Malmantile, A.; Martinefsky, M.J.; Mas, L.M.; Massara, P.V.; Mónaco, I.; Moretti, L.; Moreno, R.; Murray, F.; Oviedo, E.; Pagani, R.; Paredes, P.; Pereira, M.M.; Pinazo, M.; Dante Pueyo, J.; Radrizanni, A.; Reinaldi, J.A.; Restovich, S.; Rey Montoya, T.; Rojas, J.; Roldán, F.; Salas, D.G.; Salvagiotti, F.; Sánchez, H.; Sánchez, M.C.; Sello, E.; Sleiman, L.; Suarez, A.; Tenti, Vuegen, L.M.; Tomanek, E.; Torres, V.; Valiente, S.; Viana, A.; Villarino, S.; Vivar, M.E.; Velasco, V.; Von Wallis, A.; Wilson, M.; Wolf Celoné, U.I.; Ybarra, D.; Enriquez, A.S.; Gatica, G.; Gaute, M.; Gyenge, J.; Mansilla, N.P.; Martínez Pastur, G.; Mastrángelo, M.; Nosoletto, M.; Sandoval, M.; Villagra, P.; Gil, R.; Madias, A.; Accame, F.; Escobar, D.; Pascale, C.; Santillán, E.; Méndez, A.; Pérez Andrich, A.; Mercuri, P.; Sasal, M.C. (2023). Mapa de almacenamiento de C en los suelos de la República Argentina. Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (Aapresid), Consorcio Regional de Experimentación Agrícola (CREA), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

- Levy, E.G., & Madden, E.A. (1933). The point method of vegetation analysis. *New Zealand Journal of Agriculture*, 46, 267-279.
- Massara Paletto, V., & Buono, G. (2020). Métodos de evaluación de pastizales en Patagonia Sur. Buenos Aires: Ediciones INTA, Centro Regional Patagonia Sur, 2020. 288 p.
- MAyDS (2018a). Guía de prácticas de Manejo sustentable de tierras y conservación del Suelo. Región Patagonia Norte (pcias de Río Negro y Neuquén). http://www.desertificacion.gob.ar/wp-content/uploads/2019/03/MST_Guias_buenas_practicas_PATAGONIA_NORTE.pdf
- MAyDS (2018b). Guía de prácticas de Manejo sustentable de tierras y conservación del Suelo. Región Patagonia Sur (pcias de Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego). http://www.desertificacion.gob.ar/wp-content/uploads/2019/03/MST_Guias_buenas_practicas_PATAGONIA_SUR.pdf
- MAyDS (2023). Guía Prácticas de Manejo Sostenible de Tierras.
- Oñatibia, G.R. (2021). Grazing Management and Provision of Ecosystem Services in Patagonian Arid Rangelands. En P.L. Peri et al. (eds.), *Ecosystem Services in Patagonia, Natural and Social Sciences of Patagonia*, Springer, Cham, pp 47-74. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69166-0_3
- Oliva, G., Bran, D., Gaitán, J., Ferrante, D., Massara, V., Martínez, G.G., Adema, E., Enrique, M., Domínguez, E., & Paredes, P. (2019). Monitoring drylands: The MARAS system. *Journal of Arid Environments*, 161, 55-63.
- Oliva, G., dos Santos, E., Sofía, O., Umaña, F., Massara, V., Martínez, G.G., Caruso, C., Cariac, G., Echevarría, D., Fantozzi, A., Butti, L., Bran, D., Gaitán, J., Ferrante, D., Paredes, P., Domínguez, E., & Maestre, F.T. (2020). The MARAS dataset, vegetation and soil characteristics of dryland rangelands across Patagonia. *Scientific Data*, 7, 1-14.
- Peri, P.L., Rosas, Y.M., Ladd, B., Díaz-Delgado, R., & Martinez Pastur, G. (2020). Carbon footprint of lamb and wool production at farm gate and the regional scale in Southern Patagonia. *Sustainability*, 12(8), 3077.
- Siffredi, G.L., Boggio, F., Giorgetti, H., Ayesa, J., Kropfl, A., & Álvarez, J.M. (2015). Guía para la evaluación de Pastizales. Ediciones INTA, Bariloche, 69.
- Taylor, R., Jones, A., & Edwards-Jones, G. (2010). Measuring holistic carbon footprints for lamb and beef farms in the Cambrian Mountains Initiative. CCW Policy Research Report No. 10/8. Countryside Council for Wales, Wales.
- VCS VM0026. 2021. Sustainable Grassland Management. Verra. Disponible en <https://verra.org/methodologies/vm0026-methodology-for-sustainable-grassland-management-sgm-v1-0/>
- VCS VM0032. 2015. Methodology for the Adoption of Sustainable Grasslands through Adjustment of Fire and Grazing. Verra. Disponible en <https://verra.org/methodologies/vm0032-methodology-for-the-adoption-of-sustainable-grasslands-through-adjustment-of-fire-and-grazing-v1-0/>
- Walkley, A., & Black, I.A. (1934). An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29-38.
- Wingeyer, A.B., Murray, F., Barral, M.P., Irizar, A.B., Gaitán, J.J. (compiladores) (2023). Protocolo de muestreo de suelos para el mapeo de las reservas de carbono orgánico del suelo. Ediciones INTA. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/15127>

Herramientas de contabilidad de carbono

- AGRECALC (2023). The Agricultural Resources Calculator. <https://www.agrecalc.com/>
- FAO (2023). EX-ANTE Carbon-Balance Tool (EX-ACT). <https://www.fao.org/in-action/epic/ex-act-tool/suite-of-tools/registration/en/>
- VCS VM0032 (2015). Methodology for the Adoption of Sustainable Grasslands through Adjustment of Fire and Grazing. Verra. Disponible en <https://verra.org/methodologies/vm0032-methodology-for-the-adoption-of-sustainable-grasslands-through-adjustment-of-fire-and-grazing-v1-0/>