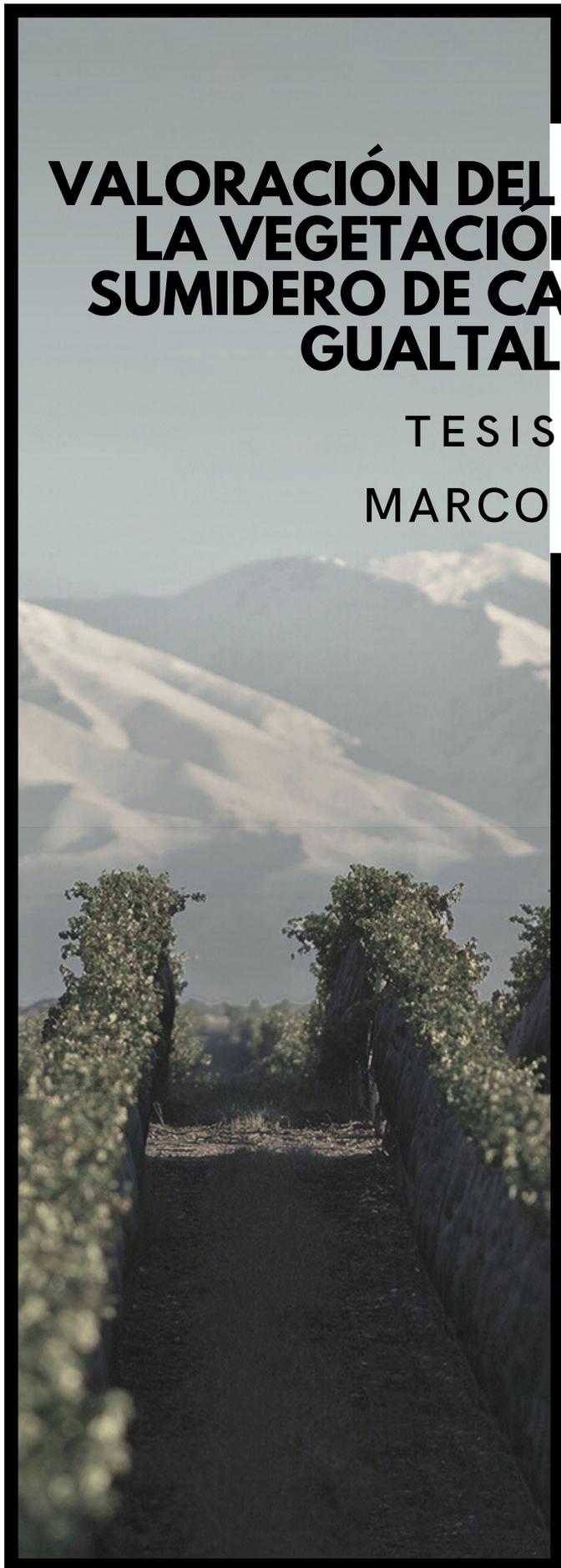


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**VALORACIÓN DEL APOORTE REALIZADO POR
LA VEGETACIÓN ESPONTÁNEA COMO
SUMIDERO DE CARBONO EN UN VINEDO,
GUALTALLARY MENDOZA.**

TESIS DE GRADO
MARCO VALLEBELLA



MENDOZA, ARGENTINA. AÑO 2023

**VALORACIÓN DEL APORTE REALIZADO POR LA VEGETACIÓN ESPONTÁNEA
COMO SUMIDERO DE CARBONO
EN UN VIÑEDO DE GUALTALLARY, MENDOZA.**

Marco Vallebella

Directora de tesis

Dra. Bárbara Vento

Co-Directora de tesis

Ing. Agr. Lorena Bonjour

Comisión evaluadora

Ing. RNR Josefina Segura

MSc. Ing. Agr. Silvina Greco

Dra. Ing. Agr. Milagros Ginebra

RESUMEN

La velocidad del cambio climático global actual es un fenómeno antropogénico, que representa un desafío para la agricultura, ya que sus efectos amenazan la productividad y la seguridad alimentaria. La ciencia y la investigación son fundamentales para comprender y mitigar los impactos del cambio climático en los agroecosistemas, implementando técnicas agrícolas sostenibles y aumentando la resiliencia de los sistemas.

Considerando que la agricultura es la actividad que más superficie terrestre afecta, realizar cambios profundos en su práctica es necesario para contribuir a la mitigación del calentamiento global a gran escala. Un cambio de paradigma en cuanto a la concepción de la actividad agrícola se está dando en países desarrollados con grandes avances tecnológicos. Sin embargo, este cambio se ve ralentizado en países en vías de desarrollo en parte, debido a la falta de información propia de dichos territorios.

Las características edefoclimáticas del ambiente de Mendoza brindan las condiciones para que el cultivo de vid sea el principal cultivo desarrollado en la provincia, abarcando una gran superficie y resultando en oportunidades laborales locales e ingresos económicos relevantes para la región.

La vegetación espontánea presente en los viñedos juega un papel esencial en cuanto a la provisión de beneficios ecosistémicos, favoreciendo el equilibrio ambiental. Si bien, la presencia y manejo de coberturas vegetales ha sido controversial, algunos estudios sugieren que un manejo adecuado de esta vegetación resulta positivo para el agroecosistema sin afectar la producción de manera significativa. Sin embargo, estudios sobre la cuantificación de beneficios ecosistémicos por parte de la vegetación espontánea, como la acumulación de carbono, son escasos en zonas áridas y semiáridas de Argentina.

Debido a lo expuesto, el objetivo principal de este trabajo fue cuantificar y evaluar el rol que cumple la vegetación espontánea como sumidero de carbono en un viñedo ubicado en zona semiárida de Mendoza, Argentina. Dado que el CO₂ es el principal gas de efecto invernadero, conocer la dinámica del carbono en un agroecosistema es de vital importancia para la toma de decisiones.

Para la obtención de datos se realizaron muestreos aleatorios en la finca El Espinillo, ubicada en Gualtallary, Valle de Uco, Mendoza. Se registró la cobertura vegetal espontánea, la abundancia de especies, y la biomasa área, radical y del mantillo en la zona del interfilas y de la fila o línea de plantación. Según los resultados obtenidos se detectaron diferencias significativas entre la cobertura del interfilas (media de 90,27%) y de la fila o línea de plantación (media de 18,77%). Se asoció este resultado con las diferentes prácticas de manejo utilizadas de manera diferencial en estas zonas. La vegetación del interfilas es desmalezada (cortada a 10 cm del suelo) una o dos veces al año, mientras que en el caso de la fila o línea de plantación la vegetación es completamente removida una vez al año.

Se observaron diferencias en la composición específica y en el porcentaje de suelo cubierto por vegetación para ambas zonas. Se encontró que en la zona del interfilas un 75% de la cobertura correspondía a cinco especies dominantes, de las cuales solo una era nativa. Por otro lado, el 71% de cobertura vegetal de la fila estaba dominado por cinco especies, de las cuales dos eran nativas.

Los cálculos de carbono realizados indicaron que la vegetación espontánea y el mantillo presentes en los interfilares acumularon aproximadamente 1,18 tn de carbono por hectárea de viñedo, lo que equivale a 4,34 tn de CO₂ retenidas de la atmósfera. Del mismo modo la vegetación espontánea y el mantillo presentes en las filas de 1 hectárea de viñedo almacena 0,31 tn de carbono en su biomasa siendo estas equivalentes a 1,14 tn de CO₂.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede afirmar que la vegetación espontánea de un viñedo ubicado en una zona semiárida de Argentina contribuye a la mitigación del cambio climático global a través de la acumulación de carbono atmosférico en su biomasa. Este estudio aporta información relevante para la implementación de prácticas de manejo que permitan desarrollar una agricultura más sustentable.

Palabras clave: Cobertura vegetal, vegetación espontánea, viñedo, carbono, agricultura sustentable

ABSTRACT

The speed of current global climate change is an anthropogenic phenomenon, which represents a challenge for agriculture, as its effects threaten productivity and food security. Science knowledge about this subject is essential to understand and mitigate the impacts of climate change on agriculture by the implementation of friendly environmental agricultural techniques and increasing the resilience of agricultural systems.

Considering agricultural practice as the activity that affects most of the land surface, mitigating this global event implies making structural changes in each of the activities that cause it. A paradigm shift in the conception of the activity is taking place in developed countries with great technological advances. This change is not fully known in developing countries due to the lack of information specific to these territories.

Grape crop is one of the most important crop developed in Mendoza province, providing local job opportunities and significant economic income for the region.

The spontaneous vegetation present in a vineyard plays an essential role in providing ecosystem benefits, promoting an environmental balance. While the presence and management of vegetative covers have been controversial, some studies suggest that proper management of this vegetation is beneficial for the agroecosystem without significantly affecting the production. However, studies quantifying ecosystem benefits from spontaneous vegetation in arid and semi-arid areas of Argentina, such as carbon accumulation, are scarce

Due to the mentioned reasons, the main objective of this study was to quantify and evaluate the role of the spontaneous vegetation as a carbon sink in a vineyard located in a semi-arid zone. Given that CO₂ is the main greenhouse gas release to the atmosphere, understanding carbon dynamics in an agroecosystem essential for decision-making purposes.

The study was carried out in Gualtallary, Mendoza province, at the "El Espinillo" estate. Spontaneous vegetation cover, species abundance, and above-ground, below-ground, and mulch biomass were recorded in the inter-row area and the row or planting line. According to the obtained results, significant differences were found between the coverage of inter-row vegetation (mean of 90.27%) and the row or planting line (mean of 18.77%). This result was associated with the different management practices used in these areas. The inter-row vegetation is mowed (cut to 10 cm above the ground) once or twice a year, whereas the vegetation in the row or planting line is completely removed once a year.

The conducted carbon calculations indicated that the spontaneous vegetation and mulch present in the inter-row area accumulated approximately 1.18 tons of carbon per hectare of vineyard, which is equivalent to 4.34 tons of CO₂ retained from the atmosphere. Similarly, the spontaneous vegetation and mulch in the rows of one hectare of vineyard captured 0.31 tons of carbon in their biomass, which is equivalent to 1.14 tons of CO₂.

According to the results, it can be affirmed that the spontaneous vegetation in a vineyard located in semi-arid areas of Argentina contributes to the mitigation of global climate change through the accumulation of atmospheric carbon in its biomass. This study provides relevant information for the implementation of management practices that can promote more sustainable agriculture.

Key words: vegetation cover, spontaneous vegetation, vineyard, carbon, sustainable agriculture

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar por agradecer a dos personas muy importantes para mí, que hicieron lo posible por ayudarme y acompañarme desde el minuto cero, Alejandra y José, mi mamá y mi papá. No existen palabras para expresarles mi agradecimiento y aprecio.

A mi hermano Pablo, gran compañero y fuente de motivación. Su compañía se hace indispensable en cualquier desafío que me plantee. A él mis mas grandes sentimientos de gratitud y aprecio.

A mi nona, su amor y contención fueron necesarios para llevar adelante este trabajo, también quiero agradecer a Tere por motivarme y ayudarme en todo momento.

Quiero hacer mención especial de Barbara y Lorena, mis directoras, ambas me guiaron durante todo este proceso, demostrando un compromiso que iba mas allá de lo que cualquier persona pudiera esperar. Gracias a ellas esta experiencia fue un gran proceso de aprendizaje, ameno y provechoso.

A la Dra. Ing. Agr. Daniela Mezzatesta, quién me brindó herramientas muy útiles para la resolución de esta tesis, y fue el nexo entre la bodega y el grupo de investigación.

Al Ing. Agr. Franco Bet, quién me facilitó no sólo información de la finca, sino que supo transmitirme conocimientos que provienen de la dedicación y compromiso con los que el trabaja.

A las bodegas Terrazas de los Andes y Chandon, por generar estos espacios de intercambio tan provechosos para la sustentabilidad, no sólo de sus viñedos, si no también de la viticultura mendocina.

A todo el equipo de la unidad de Geobotánica y Fitogeografía del IADIZA, quiénes me incluyeron como uno más del equipo en todo momento y se mostraron siempre predispuestos a ayudar en lo que hiciera falta.

A todos mis amigos y amigas que estuvieron apoyandome durante este tiempo, Alina, Ariel, Bernardo, Fabricio, Mariela, Emilia, y esta lista podría seguir porque fueron muchas las personas que me acompañaron durante esta etapa y contribuyeron a que complete este trabajo con energía y entusiasmo.

Valoro y agradezco las palabras de aliento de todos mis Makias, siempre apoyando todos mis proyectos.

Quiero destacar el papel que jugó Julieta, su compañía, motivación y cariño fueron grandes protagonistas de este proceso.

Familia, amistades y grandes profesionales me acompañaron, guiaron y motivaron para que este tiempo de aprendizaje haya sido todo lo positivo que fue.

ÍNDICE GENERAL

1. Introducción:.....	1
2. Objetivos	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
3. Materiales y métodos:	5
3.1. Área de estudio	5
3.2. Diseño Experimental.....	7
3.3. Tareas de campo.....	9
3.4. Tareas de laboratorio.....	9
3.5. Análisis de datos	10
4. Resultados y discusión.....	11
4.1. Caracterización de la vegetación espontánea	11
4.1.1. Cobertura vegetal espontánea	11
4.1.2. Composición florística	12
4.2. Almacenamiento de carbono en la biomasa vegetal.....	15
4.3. Análisis de correlación entre carbono almacenado y porcentaje de cobertura ...	17
4.4. Acumulación de carbono en el viñedo	18
5. Conclusión	19
6. Bibliografía	23

1. Introducción:

El cambio climático se presenta como el mayor desafío al que se ha enfrentado la humanidad, no solo como sociedad sino como especie. La situación actual demanda una acción conjunta entre productores, entes gubernamentales y la sociedad civil para frenar y revertir los efectos derivados de la sobreexplotación de recursos naturales que ha tenido lugar en los últimos años.

La emisión y acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera es la mayor causa del cambio climático global. Sin embargo las especies vegetales reducen la concentración de CO₂ (importante gas de efecto invernadero) de la atmósfera a través de la fotosíntesis y lo acumulan en su biomasa, de aquí su importante rol en la mitigación del cambio climático.

La agricultura convencional propone eliminar toda vegetación distinta a la del cultivo de interés comercial, simplificando el sistema y suprimiendo los servicios ecosistémicos que esta brinda (Almagro et al., 2015). Por otro lado, la agricultura regenerativa concibe a la cobertura vegetal como parte del agroecosistema maximizando su presencia y así sus beneficios ecosistémicos, como la captación de CO₂ de la atmósfera y su acumulación en la biomasa vegetal (Lal, 2013).

Entender el comportamiento y promover la presencia de coberturas vegetales es un factor clave para la práctica de una agricultura regenerativa, siendo estas coberturas capaces de aumentar la resiliencia de los agroecosistemas si es acompañada de otras prácticas con el mismo enfoque ecosistémico (Uliarte et al., 2018).

Actualmente, alrededor del 38% de la superficie continental e insular del planeta es destinada a uso agrícola (FAO, 2022). La actividad agrícola es una de las más indispensables a nivel mundial ya que provee de alimentos, vestimenta, medicina, energía, muebles y un sinnúmero de bienes y servicios elementales para la sociedad moderna. En América del Sur, una gran parte de la economía se encuentra estrechamente relacionada con la agricultura, ya que más de dos tercios de la población depende de esta actividad (Reyes-Palomino et al., 2022).

Asimismo, la agricultura opera en íntima relación con los recursos naturales, cursos de agua, lagos, aguas subterráneas, suelo, atmósfera, etc. Si bien esta actividad genera, sin excepción, un impacto negativo sobre los ambientes donde se instaura (y los adyacentes), el grado que alcance de dicho impacto dependerá de la metodología, tecnología y filosofía que se aplique en su desarrollo (Almagro et al., 2015; Altieri, 1999).

Considerando la importancia de la agricultura para la sociedad y la necesidad de preservar nuestros recursos naturales, la agricultura regenerativa busca satisfacer la demanda de bienes y servicios a la población sin comprometer la posibilidad de que generaciones futuras lo hagan. El cambio climático ya ha reducido sustancialmente los rendimientos de cultivos en diversas partes del mundo (Lobell et al., 2011). Muchas proyecciones sobre los posibles impactos del cambio climático sobre los rendimientos mundiales de los cultivos, indican que la agricultura se verá afectada debido a cambios en los patrones climáticos, lo que prevé que las pérdidas aumenten con el tiempo hasta un 50 % para la década de 2080 (Reyes-Palomino et al., 2022).

En respuesta, los gobiernos y ciertos organismos internacionales están fomentando la adopción de tecnologías agrícolas más amigables con el medio ambiente, con el objetivo de reforzar la productividad, aumentar la resiliencia de los agroecosistemas a las perturbaciones meteorológicas y reducir las externalidades negativas (Michler et al., 2019). Además, actualmente los mercados de carbono toman cada vez más relevancia junto con políticas orientadas hacia la mitigación gradual del cambio climático a través de la captura de carbono atmosférico (Marks et al., 2022).

Los viñedos se consideran uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, con una fuerte expansión en zonas áridas de todo el mundo (Paiola et al., 2020). Entre las tierras cultivadas, los viñedos merecen una atención especial, ya que proporcionan ingresos locales y oportunidades de empleo (Prosdocimi y Cerdà, 2016).

Argentina se inserta como uno de los mayores productores de uva del mundo (OIV, 2021) y la provincia de Mendoza concentra el 70% de los viñedos del país (INV, 2022). En esta provincia la vitivinicultura es una de las actividades agrícolas y económicas dominante ya que es el tercer sector que más aporta al producto bruto geográfico (PBG), representa el mayor porcentaje en cuanto a las exportaciones mendocinas (54%) y constituye el 72% de la producción de vinos y mostos a nivel nacional (Instituto de Estudios sobre la Realidad Argentina y Latinoamericana [IERAL], 2021). Las altas temperaturas en verano y el elevado número de días soleados, junto con la escasa precipitación local y las características del suelo, se combinan en un ambiente y condiciones climáticas favorables para una práctica vitivinícola exitosa (Mezzatesta et al., 2022; Riera y Brümmer, 2022).

En los últimos años la viticultura en Mendoza ha sufrido grandes cambios tecnológicos (Fruitos et al., 2019), incluidos aquellos en lo que respecta al manejo del suelo. Aun así, esta actividad posee un modelo de uso intensivo de los recursos naturales (Brignardello, 2017), ya que aproximadamente el 97% de las uvas de la provincia se cultivan de manera convencional (INV, 2022).

Entre los productores de vino de todo el mundo, existe una creciente conciencia y preocupación de que las prácticas agrícolas convencionales tienen impactos perjudiciales en la biodiversidad, la emisión de gases de efecto invernadero y la degradación del suelo (Almagro et al., 2015; Paiola et al., 2020).

Las prácticas agrícolas, como la remoción mecánica y el uso de pesticidas y herbicidas, tienen un efecto negativo directo en la diversidad y cobertura de la vegetación, siendo una fuente frecuente de perturbación del suelo (Giffard et al., 2022). El concepto de un viñedo "limpio" libre de vegetación acompañante al cultivo ha ido cambiando por la idea de ver al viñedo como un sistema complejo en el que distintas especies cumplen distintos roles y mantienen un equilibrio del sistema (Dastgheib y Frampton, 2000; Gago et al., 2007; Pardini, 2002)

La superficie de viñedos de Argentina ha estado disminuyendo desde 2015 debido a factores climáticos como la escasez de agua, el aumento de las temperaturas y las condiciones de sequía. En Argentina y en el mundo, contingencias climáticas contribuyeron también a una disminución del volumen producido según lo informado en el último informe de la Organización Internacional del Vino (OIV, 2022).

La sustentabilidad de los sistemas agrícolas ha sido un tema fundamental en los últimos años, y en esto, la vegetación espontánea desempeña un papel relevante en la conservación de la biodiversidad cuando su presencia se consolida junto con la producción del cultivo principal (Kazakou et al., 2016). Considerando esta idea, se busca lograr un equilibrio entre los recursos disponibles, los organismos vivos y la productividad en un viñedo, y al mismo tiempo mantener el impacto económico de las plagas y enfermedades al mínimo (Provost y Pedneault, 2016; OIV, 2021). Asimismo, parte de este cambio en la agricultura incluye fomentar la investigación en estos nuevos campos de conocimiento dentro de un viñedo (Brunori et al., 2013; Paiola et al., 2020).

La cobertura vegetal presente en un viñedo brinda una importante cantidad de beneficios ecosistémicos, entre ellos la capacidad de retención del agua disponible y la retención de carbono en su biomasa (Marks et al., 2022). Estos dos aspectos son de vital importancia en la mitigación del cambio climático, pero no son los únicos beneficios que la cobertura vegetal trae emparentados para el agroecosistema. La vegetación espontánea aumenta la biodiversidad de flora y fauna, lo que complejiza el sistema y ocupa nichos vacantes fundamentales, como el control biológico de ciertas plagas dado por depredadores y organismos parásitos (Giffard et al., 2022).

En la provincia de Mendoza el recurso hídrico es un factor limitante del desarrollo de la vegetación y los cultivos debido a las bajas precipitaciones (200 a 400 mm anuales) en la zona. Por lo tanto la agricultura es posible gracias al agua de riego proveniente del derretimiento de la nieve de la Cordillera de los Andes, por lo que el establecimiento de especies vegetales en zonas no irrigadas es exclusivo de especies adaptadas a dicha escasez (Uliarte et al., 2018).

Se considera vegetación espontánea a aquellas especies que emergen sin haber sido sembradas en un tiempo y lugar determinado. Evitando el uso de herbicidas y labranza, en viñedos mendocinos con riego por goteo, se ha logrado establecer con éxito cubiertas de vegetación espontánea con elevados niveles de cobertura del suelo. Las cubiertas vegetales espontáneas incluyen en su composición tanto especies exóticas como especies nativas, tolerantes a la sequía y adaptadas a las condiciones ambientales de la región dado que han evolucionado en su región de origen (Uliarte, 2013).

La cobertura de vegetación espontánea de cada lugar geográfico posee una composición específica propia, la cual permanece en equilibrio con el ambiente, especialmente con el clima y el suelo. Conocer dicha composición y sus ciclos fenológicos es importante para poder inferir en ella a través de las prácticas de manejo en caso de ser necesarias (Uliarte, 2013).

Actualmente las certificaciones de mayor renombre en la viticultura consideran como un requisito obligatorio la cobertura vegetal del suelo. Estas nuevas pautas apuntan a promover prácticas de manejo que conserven la cobertura vegetal sobre el suelo y potencien sus beneficios para el agroecosistema (Gillespie y Wratten, 2012; Zanettin et al., 2021). Una gran parte de los productores de vino ha desarrollado recientemente un creciente interés por producir vinos bajo condiciones más sostenibles al aplicar estas nuevas prácticas en sus viñedos, con el objetivo de desarrollar una mayor conciencia sobre los problemas ambientales y atraer el apoyo de los consumidores (Smart, 2010).

Hasta el momento, los trabajos publicados sobre los beneficios de la vegetación espontánea que se desarrolla en los interfilares de viñedos en tierras áridas de Argentina son escasos. Contar con más información científica al respecto permitiría el desarrollo de nuevas técnicas de adaptación y mitigación del cambio climático en la producción de vino, teniendo en cuenta las condiciones locales de cada región (Isbell et al., 2017; Méndez, 2015; Uliarte et al., 2009). La cuantificación y el monitoreo de los niveles de carbono entre los ecosistemas cultivados y la atmósfera crean la base para una mejor comprensión de los procesos esenciales que vinculan el cambio climático y la agricultura (Montanaro et al., 2018).

Al conservar y almacenar carbono, los ecosistemas contribuyen a mitigar el aumento de los peligros naturales asociados al calentamiento global (Abad et al., 2021; Zomer et al., 2016; Canadell y Raupach, 2008). Los cambios en las condiciones climáticas locales pueden llevar a la expansión de la viticultura a mayores altitudes y latitudes, lo que potencialmente va a impactar sobre los ecosistemas de zonas más altas y disminuir la vegetación natural presente reduciendo, de esta manera, los servicios ecosistémicos que esta brinda (Hannah et al., 2013). Durante eventos de lluvias de alta intensidad, como son los esperados para esta región del país (Rivera et al. 2020), la erosión generada podría reducir las reservas de carbono orgánico y la fertilidad del suelo (Giffard et al., 2022). Un suelo cubierto ejerce un control sobre esta erosión acelerada (Machado et al., 2019), evitando que se modifique la dinámica del carbono, lo cual también puede tener un impacto más amplio, como sería el aumento de la captura de carbono en el sistema (Brunori et al., 2013; Marks et al., 2022).

Sin embargo, el rol ecosistémico prestado por la vegetación espontánea en el interfilare puede verse afectado negativamente por ciertas prácticas de manejo agrícolas (Brunori et al., 2013). Aunque varios trabajos han destacado el papel esta vegetación presente en el interfilare, todavía existe una falta de información, especialmente sobre la cuantificación de los servicios ecosistémicos que aporta (Uliarte et al., 2019, Vento et al., en revisión).

En este trabajo, a partir del estudio de la cobertura de la vegetación espontánea de un viñedo en la región semiárida de Mendoza, Argentina, se obtuvo un valor de referencia que representa el servicio ecosistémico que la cubierta vegetal espontánea presta como sumidero de carbono. Se espera que los datos obtenidos y la información derivada de este trabajo contribuyan a conocer y entender aún más el rol de las cubiertas vegetales en los cultivos perennes de zonas áridas y semiáridas. Además, este estudio aporta información útil en los cálculos de huella de carbono y también para otros requisitos de certificaciones internacionales de organizaciones vitivinícolas. Asimismo, resulta relevante apoyar, a través del conocimiento, el cambio que se está dando en la agricultura, generando un soporte teórico más robusto para prácticas de manejo sustentables, al poner en valor la importancia de las cubiertas vegetales.

Las prácticas de promoción y conservación de la vegetación espontánea en la zona del interfilar que crece en un viñedo resultarán en agroecosistemas más sostenibles con importantes beneficios no solo para la biodiversidad, sino también como una contribución al medio ambiente y a la mitigación del cambio climático (Abad et al., 2021; Winter et al., 2018)

2. Hipótesis de trabajo y objetivos

2.1. Hipótesis de trabajo

La vegetación espontánea presente tanto en el interfilar como bajo la línea de plantación del cultivo de vid almacena carbono en su biomasa, lo que contribuye a mitigar el calentamiento global.

2.2. Objetivo general

Cuantificar la cantidad de carbono que almacena, en su biomasa aérea y subterránea, la cobertura vegetal espontánea del interfilar y bajo la línea de plantación de un viñedo en Gualtallary, Mendoza considerando las diferentes prácticas de manejo utilizadas.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar la cobertura vegetal espontánea presente en los puntos muestreados.
- Caracterizar la vegetación espontánea del sitio al identificar la riqueza específica, el origen y el ciclo de vida de estas.
- Determinar el peso seco de la biomasa aérea y subterránea de la vegetación espontánea presente en cada punto muestreado.

3. Materiales y métodos:

3.1. Área de estudio

El trabajo de campo se llevó a cabo en el distrito de Gualtallary, departamento de Tupungato, al noroeste de la provincia de Mendoza, Argentina (Fig.1). El mencionado departamento es uno de los de mayor expansión de la superficie cultivada de viñedos en los últimos 20 años (INV, 2022).

El área de estudio forma parte del Valle de Uco el cual, desde el punto de vista geomorfológico, es considerado una llanura o planicie pedemontana (Martinis et al., 2002) con suelos de origen aluvional y eólico.

Su clima es continental, mesotermal y semiárido, según la clasificación de Papadakis e índices de Knoche, De Martonne, Thornwaite y Blair. La temperatura media es próxima a los 15°C, con máxima y mínima absolutas de 38°C y -12°C, respectivamente, por lo que existe una gran amplitud térmica a lo largo del año como también durante el día. Presenta estaciones bien marcadas, la precipitación anual media es de 320 mm y se distribuye presentando una mayor frecuencia, intensidad y cantidad en los meses de verano. La radiación solar es intensa y el porcentaje de nubosidad es bajo (Fernández, 2016).

Las condiciones climáticas del lugar contribuyen a que sus suelos correspondan a la clasificación de Entisoles, siendo suelos inmaduros, mayormente arenosos, deficitarios en materia orgánica y, consecuentemente, no estructurados en general (Regairaz 1996). La vegetación característica presente en la zona se encuentra adaptada a estas condiciones de aridez y está representada por arbustos bajos como *Larrea divaricata*, *Larrea nítida*, *Bulnesia retama* entre otras especies xerófitas (Cara, 2012; Fernández, 2016).

El área seleccionada donde se llevó a cabo este estudio corresponde a la finca “El Espinillo”, perteneciente a las bodegas Chandon y Terrazas de los Andes. Ubicada a 1.600 msnm, sobre la cuenca del río Las Tunas, que es abastecido por el derretimiento de la nieve que precipita en alta montaña. La finca posee una superficie total de 42 hectáreas cultivadas con vid de distintas variedades (Chardonnay, Malbec, Pinot Noir y Sauvignon Blanc), dispuestas en espaldero. El sistema de riego utilizado es por goteo abastecido con agua subterránea. La finca se encuentra rodeada por monte nativo sin modificaciones antrópicas (Fig.1).

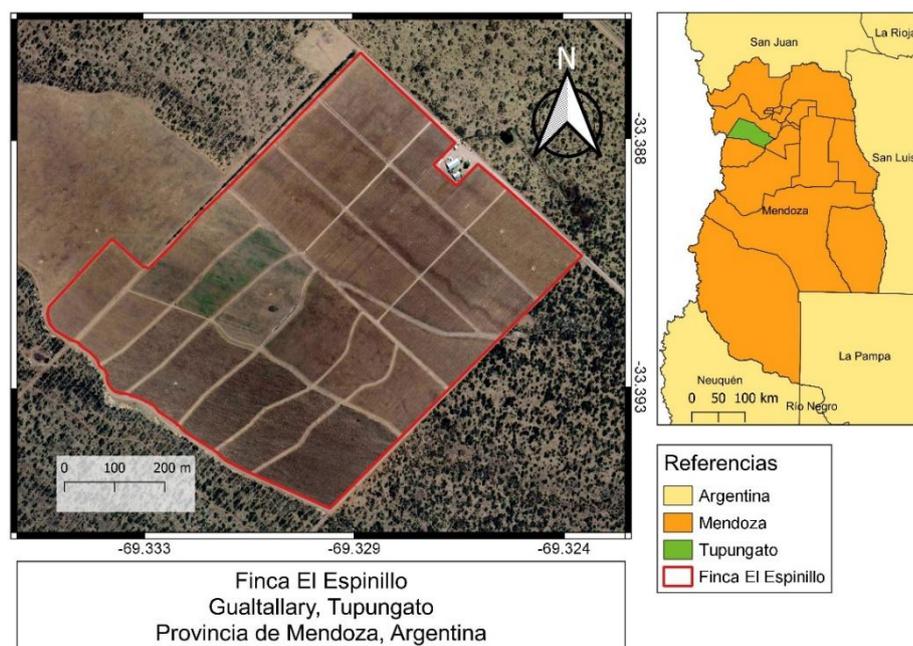


Figura 1. Mapa del área de estudio mostrando la ubicación de la finca El Espinillo en el departamento de Tupungato, Mendoza.

El espacio entre dos filas de vid es llamado interfilar. En el mismo, se distinguen dos zonas bien marcadas, una central donde la vegetación crece libremente, sólo influenciada por el recorte de la vegetación y otra contigua a esta una zona, la cual es afectada por el paso del tractor (Fig. 2). Sobre la huella del tractor, el suelo se encuentra perturbado y compactado debido al peso de este, generando restricciones en el crecimiento vegetal (Fig.2).

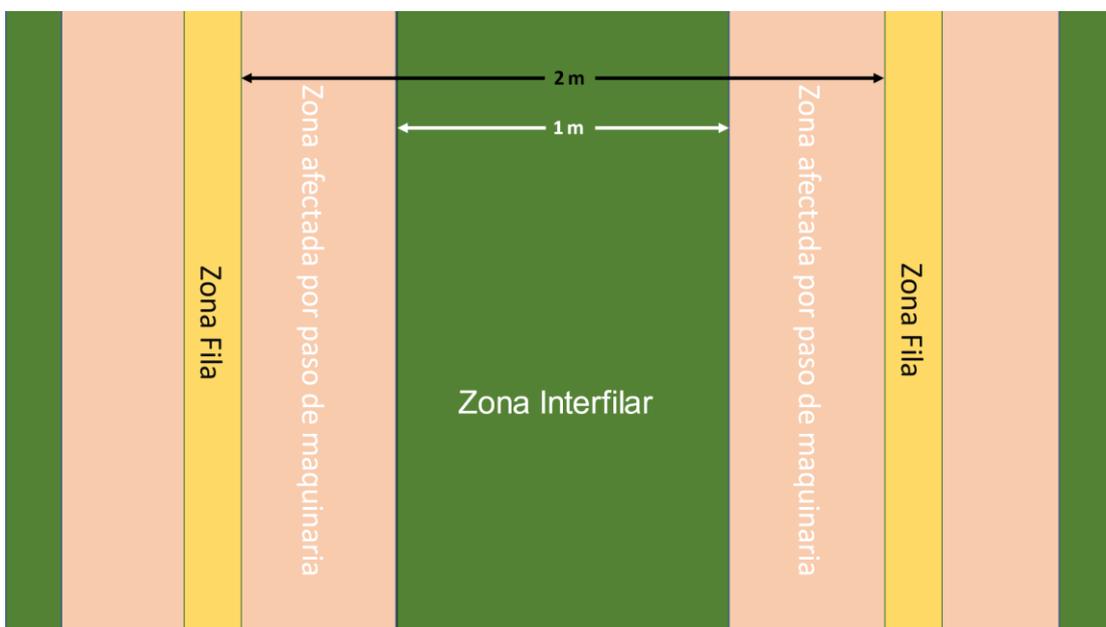


Figura 2. Representación esquemática de las distintas zonas ocupadas por la vegetación espontánea dentro del viñedo

En la finca El Espinillo, la vegetación presente en la zona del interfilar (Fig. 2-B) es recortada a 10 cm del suelo 1 o 2 veces al año, dependiendo de la altura de dicha vegetación con respecto a la vid, esta práctica se denomina “desmalezado” o “segado” de la vegetación. Para llevar a cabo esta tarea se utiliza un implemento denominado desmalezadora o segadora, que posee cuchillas paralelas al suelo cortando la vegetación sin afectar el suelo.

Por otro lado, debajo de la línea de goteo, en la zona denominada fila (Fig. 2-A), la vegetación es completamente removida 1 vez al año, para evitar la competencia por agua y nutrientes con la vid. Para llevar a cabo esta tarea, se utiliza un implemento llamado davicultor o intercepa, el cual entierra una cuchilla metálica en el suelo, removiendo por completo la vegetación presente entre dos plantas de vid. Vale agregar que la finca se encuentra en transición orgánica por lo que no se aplica herbicida hace 1 año.



Figura 3. Fotografías de la finca El Espinillo mostrando A. Zona de la Fila o línea de plantación B. Zona del Interfilar (Autor: Marco Vallebella).

3.2. Diseño Experimental

Para llevar a cabo el muestro se seleccionaron 11 sitios de muestro distribuidos aleatoriamente en la finca El Espinillo. Dichos sitios incluyeron tanto la zona del interfilar como la zona de la línea de plantación o fila. Se consideraron dos repeticiones para cada sitio en cada una de las zonas, lo cual contabilizó un total de 44 sitios muestreados, 22 en el interfilar y 22 en la fila (Fig. 4). Se decidió analizar por separado los datos del interfilar y de las filas, debido a las diferencias existentes en las prácticas de manejo agrícolas implementadas que condicionan el desarrollo de la vegetación.

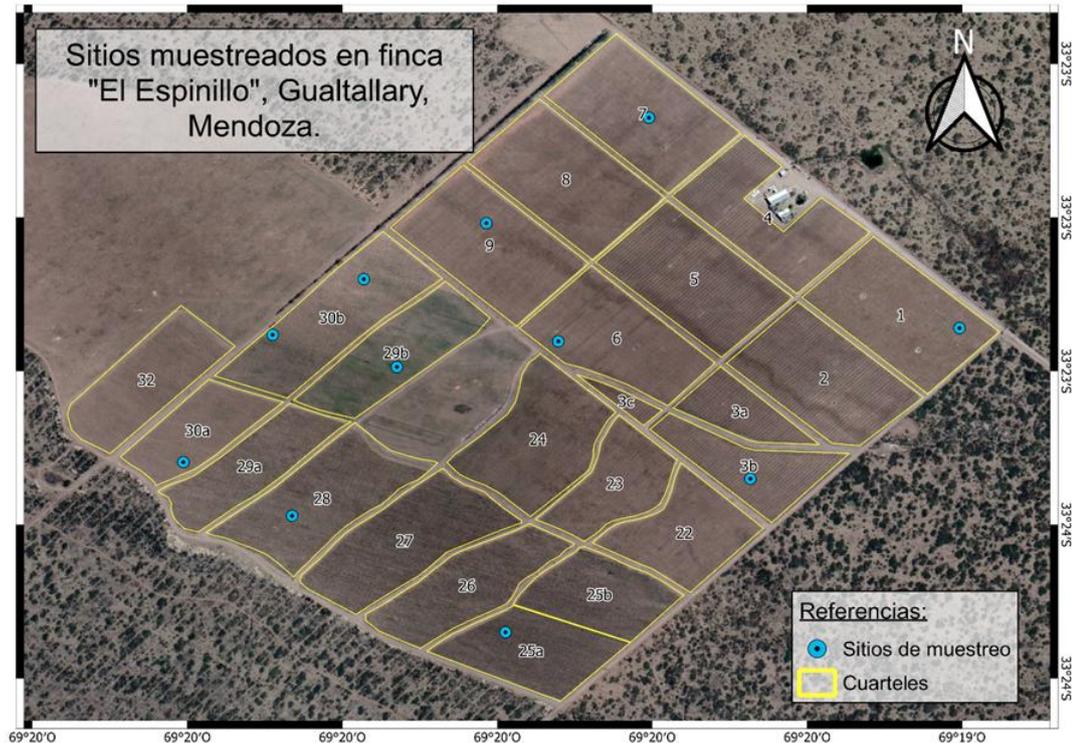


Figura 2. Distribución aleatoria de los puntos de muestreo en la finca El Espinillo.

Con el fin de delimitar la unidad de análisis deseada se utilizó un marco de madera de 0,6 x 0,6 m (Fig. 5). El mismo se encontraba subdividido en 9 cuadrantes para ajustar mejor el cálculo de cobertura estimada. Para describir las características más relevantes de la vegetación espontánea presente y obtener información de suma importancia a la hora de inferir en los resultados obtenidos de la cantidad de carbono retenido en la cobertura, se utilizó el método por observación directa propuesto por Braun-Blanquet (1964) y modificado por Van der Maarel (1979).

El muestreo se llevó a cabo en el mes de febrero del año 2022, lo cual corresponde a la estación de verano en el hemisferio sur. Esta estación del año presenta la mayor concentración de precipitaciones, favoreciendo un mayor desarrollo de la vegetación espontánea.



Figura 3. Marco de madera utilizado para delimitar la unidad de análisis en cada uno de los puntos. (Autor: Marco Vallebella)

3.3. Tareas de campo

La identificación de especies se realizó, mayormente a campo. Los especímenes que no pudieron ser identificados a campo fueron herborizados y llevados al Herbario Ruíz Leal (MERL) perteneciente al Instituto Argentino de Investigaciones en Zonas Áridas (IADIZA) para su identificación en laboratorio.

Procedimiento seguido a campo en cada uno de los sitios muestreados:

1. Identificación de las especies encontradas dentro de cada sitio de muestreo.
2. Cuantificación del número de individuos para cada especie vegetal presente en la parcela (abundancia).
3. Evaluación visual del porcentaje de superficie cubierta por cada especie vegetal en cada cuadrante, asignación de un valor (0%-100%) de superficie cubierta por cada especie.
4. Evaluación visual del porcentaje de superficie cubierta por el mantillo (restos vegetales en descomposición) en cada cuadrante, asignación de un valor (0%-100%).
5. Evaluación visual del porcentaje de superficie descubierta (suelo desnudo) en cada cuadrante, asignación un valor (0%-100%).

Todos los datos de cobertura y abundancia fueron registrados en una planilla de campo impresa en papel (Fig. 6). Los porcentajes de cobertura registrados en la planilla para un sitio a menudo superaron el 100% dado que se trata de la superposición de estratos, es decir, distintos estratos de cobertura dispuestos a diferentes alturas.

CARACTERIZACIÓN DE COBERTURA VEGETAL - CHANDON

>Finca: El Espinillo >___/___/___ >Rep: 1 - 2 >N°Punto:
 >Cuartel: >Hilera: >Claro:
 >Observadores: >Observaciones:

Especie	Abun.	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-A	FENOLOGIA

Figura 4. Planilla utilizada para el registro de datos a campo (Fuente propia, basada en Braun Blanquet (1964)).

Luego de contabilizar el número de individuos por especie y de estimar la cobertura vegetal, se procedió a recolectar manualmente la biomasa aérea y subterránea, utilizando una pala para ablandar y remover el suelo, evitando así romper las raíces durante su extracción.

Por último, se recolectó el mantillo presente dentro de la unidad de análisis, excluyendo aquellos restos de poda provenientes del cultivo de vid. Todo el material vegetal extraído del sitio de estudio se transportó en bolsas plásticas rotuladas, separando la parte vegetal viva (aérea y subterránea) del mantillo.

3.4. Tareas de laboratorio

Las muestras fueron transportadas el mismo día de su recolección a la unidad de Geobotánica y Fitogeografía del IADIZA. En laboratorio se separó la biomasa fresca, en su fracción aérea y subterránea utilizando tijeras y bisturíes. Los tres tipos de muestras recolectadas fueron colocadas en bolsas de papel individuales y rotuladas.

Las bolsas de papel se colocaron dentro de las estufas, donde permanecieron por 72 horas a 60°C, con el fin de eliminar el contenido de humedad de las muestras.



Figura 5. A. Estufa utilizada para la eliminación del contenido de humedad de las muestras B. Balanza electrónica utilizada para el pesado de las muestras. (Autor: Marco Vallebella)

Una vez eliminado el contenido de humedad de las muestras, se procedió a pesar las mismas en una balanza electrónica, donde se obtuvo el peso en gramos de biomasa seca de cada muestra.

3.5. Análisis de datos

Se estimó el valor de carbono acumulado en la biomasa seca de las muestras utilizando el factor de conversión de 0,5 y la formula: $\text{Carbono} = \text{Biomasa} * 0,5$. A su vez se estimó el CO_2 capturado de la atmósfera por dicha biomasa utilizando el factor de conversión de 3,67; por lo tanto, teniendo en cuenta el peso molecular del C y del CO_2 1ton de C equivale a 3,67 ton de CO_2 equivalentes (Segura y Kanninen, 1999).

Previo a llevar a cabo el análisis estadístico de los datos obtenidos, se realizaron las pruebas correspondientes para corroborar la normalidad de los datos usando el test de Shapiro-Wilk y se verificó la homocedasticidad de la varianza utilizando el test de Levene. Además, se comprobó la independencia de los datos mediante la prueba de Chi cuadrado y se realizaron todos los análisis considerando un $\alpha = 0,05$. Se procedió a efectuar un análisis no paramétrico de los datos haciendo uso del test Kruskal-Wallis, dado que la distribución de los datos resultó no ser normal.

Se caracterizó la composición y cobertura de la vegetación espontánea considerando su riqueza y cobertura. Asimismo, se analizó la acumulación de carbono de la vegetación espontánea con respecto a sus distintas fracciones (aérea, subterránea y mantillo). Finalmente, se exploraron las correlaciones entre el almacenamiento de carbono y la cobertura vegetal y de mantillo, utilizando el coeficiente de correlación Rho de Spearman debido a que los datos presentaban una distribución no paramétrica. Todos los análisis fueron realizados con el software de acceso libre y gratuito R (R Core 2021).

4. Resultados

4.1 Caracterización de la vegetación espontánea

4.1.1. Cobertura vegetal espontánea

Como se esperaba dadas las diferencias en los manejos agrícolas de ambas zonas, se encontraron diferencias significativas entre la cobertura total (suma de cobertura de vegetación espontánea y mantillo) presente en el interfiliar y en la zona de la fila (H: 32,27, $p < 0,0001$) (Fig. 8). Asimismo, se encontraron diferencias significativas entre la cobertura de mantillo (H: 30,17, $p < 0,0001$) y la cobertura de vegetación (H: 31,72, $p < 0,0001$) entre las zonas del interfiliar y la fila.

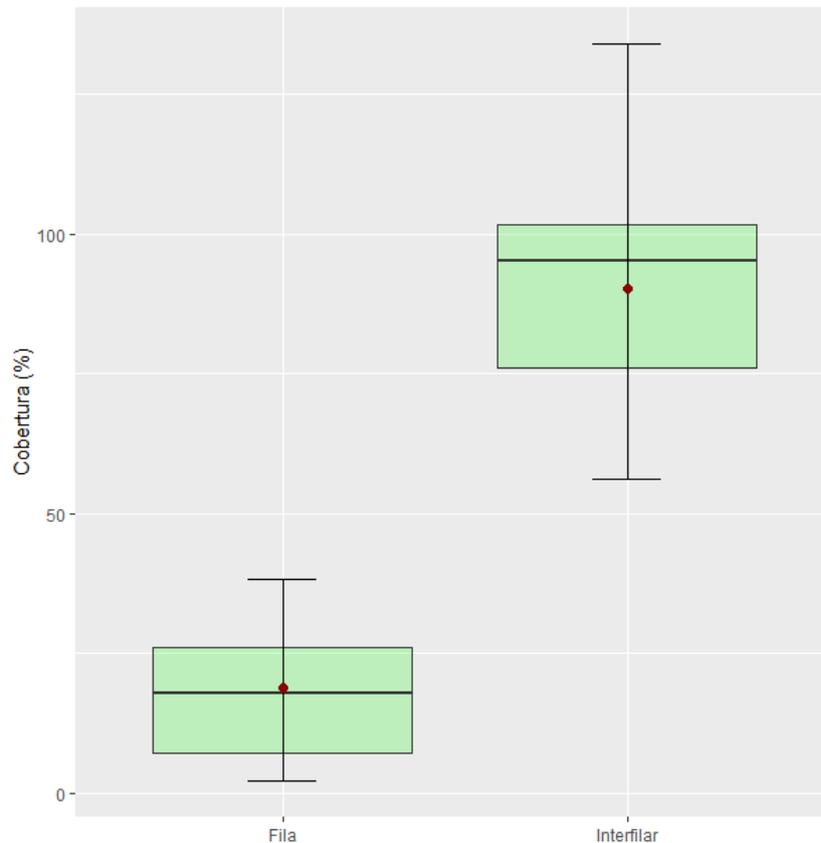


Figura 6. Diferencias en los porcentajes de la cobertura (vegetación espontánea y mantillo) presente en el Interfiliar y la fila. En cada caja se muestra la mediana (línea media horizontal), la varianza (barras verticales) y la media (círculos rojos).

La cobertura total (suma de mantillo y vegetación) mostró ser 4,8 veces mayor en el interfiliar con respecto a la fila, con una partición similar ($\pm 50\%$) en cuanto a la porción que correspondía a mantillo y a vegetación en ambos sitios (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentajes promedio de cobertura según las respectivas categorías analizadas en cada uno de los puntos muestreados.

	Fila	Interfiliar
Cobertura total	18,77% \pm 2,53%	90,27% \pm 4,30%
- Mantillo	9,39% \pm 1,35%	44,40% \pm 3,47%
- Vegetación	9,38% \pm 1,73%	45,87% \pm 3,27%
Descubierto	81,31% \pm 2,54%	44,83% \pm 4,03%

4.1.2. Composición florística

Para la finca El Espinillo, se encontró un total de 41 especies diferentes. Del total de especies relevadas e identificadas, 17 fueron exóticas y 23 fueron nativas. Además, se registró la presencia de una especie de musgo, la cual no pudo ser identificada. La zona del interfililar mostró una mayor riqueza de especies con respecto a la zona de la fila (Tabla 2).

Tabla 2. Número de especies encontradas en ambas zonas, según ciclo de vida.

	Interfililar	Fila
Anual	15	13
Bianual	5	4
Perenne	17	10
Total	37	27

La cobertura vegetal espontánea de la zona del interfililar de la finca mostró dominancia de unas pocas especies, en su mayoría de origen exótico. *Chenopodium álbum*, *Salsola kali*, *Thinopyrum ponticum* e *Hirschfeldia incana* fueron las especies con mayor cobertura vegetal, siendo todas ellas de origen exótico, también se destacó la presencia de la especie nativa *Cenchrus spinifex* (Fig. 9).

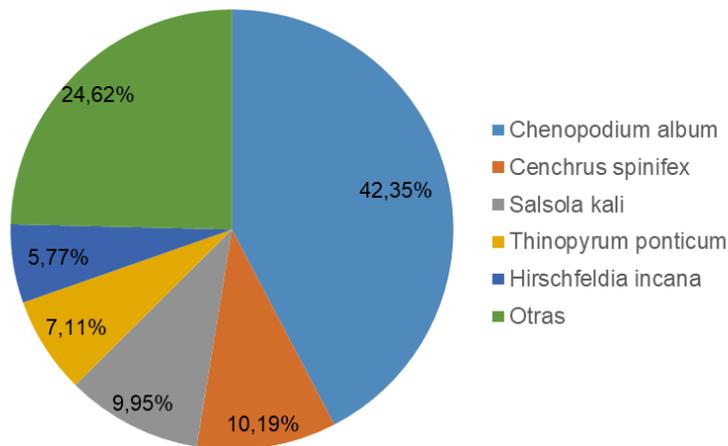


Figura 7. Porcentaje de cobertura vegetal de las especies más relevantes en la zona del interfililar del viñedo estudiado.

Para la zona de la fila, las especies más relevantes en cuanto al porcentaje de cobertura fueron *Chenopodium album*, *Polygonum convolvulus* e *Hirschfeldia incana*, de origen exótico. Por otro lado, se destacó la presencia de las especies nativas *Cenchrus spinifex* y *Solanum atriplicifolium*.

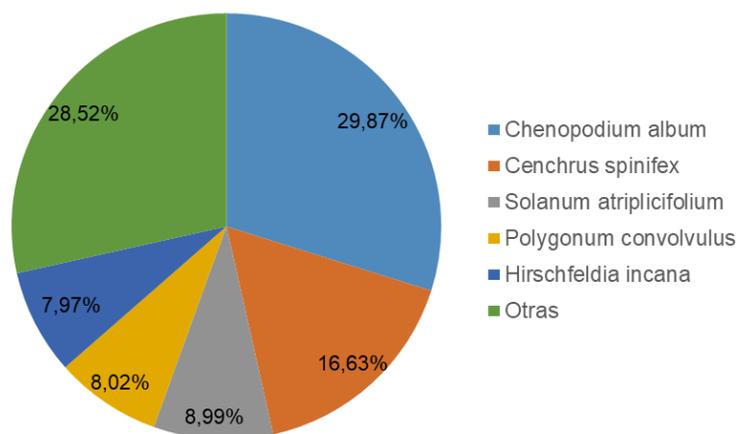


Figura 8. Porcentaje de cobertura vegetal de las especies más relevantes en la zona de la fila del viñedo estudiado.

Para ambas zonas, interfilar y fila, se observó que aproximadamente un 60% y 50% respectivamente, de la cobertura presente era aportada por especies anuales, seguidas de las perennes y por último las especies bianuales (Figs. 11, y.12). Las especies anuales tienen un periodo de vida relativamente corto, de tan solo una temporada, por lo que el carbono almacenado en sus estructuras será degradado y volverá a la atmósfera en menor tiempo con respecto a las especies bianuales o perennes que favorecerán que el carbono permanezca por más tiempo en el sistema antes de ser liberado a la atmósfera.

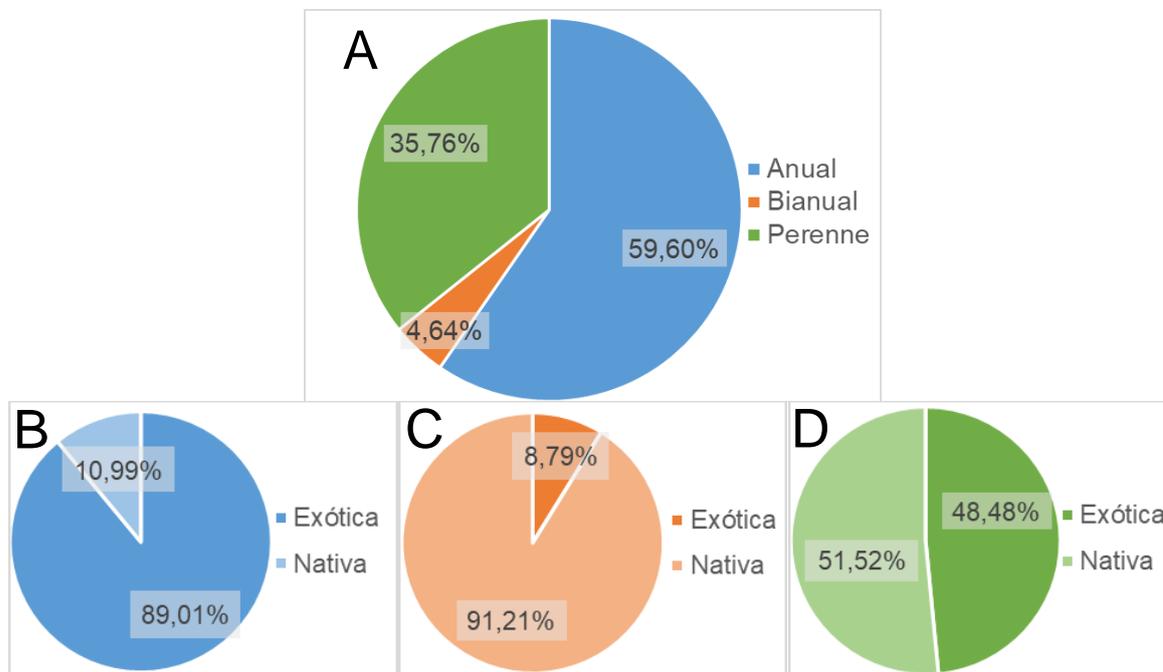


Figura 9. A. Porcentaje de cobertura según el ciclo de vida de las especies encontradas en la zona del interfilar del sitio estudiado. B. Porcentaje de cobertura según el origen para las especies anuales C. Porcentaje de cobertura según el origen para las especies bianuales D. Porcentaje de cobertura según el origen para las especies perennes.

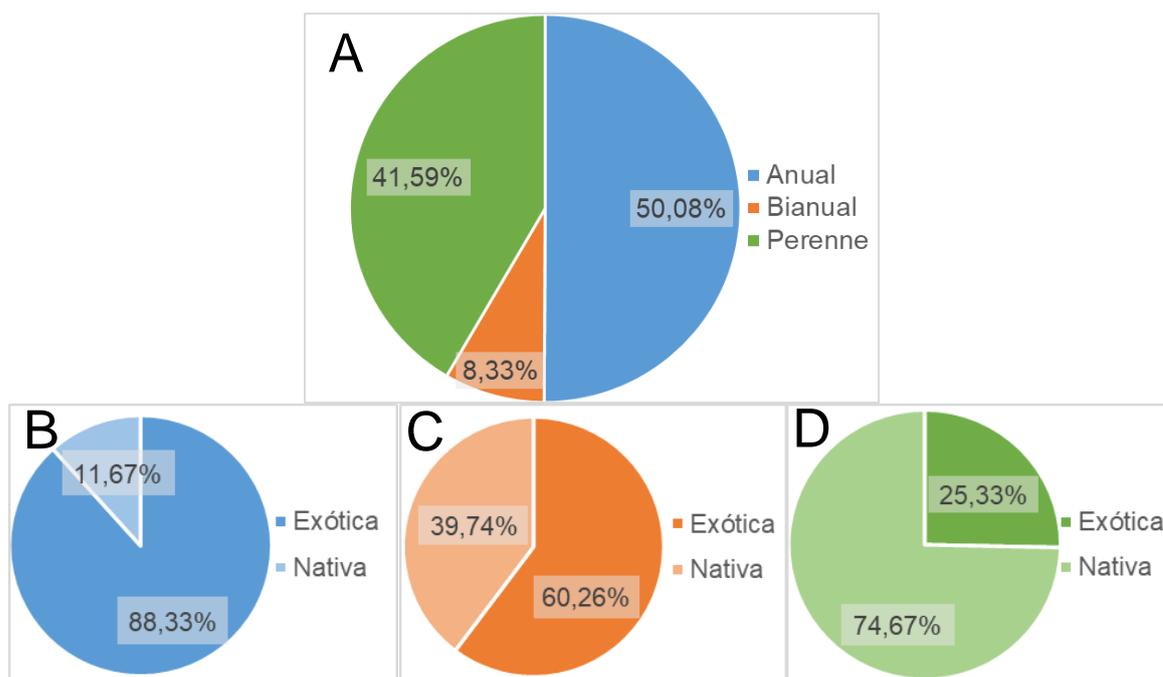


Figura 10. A. Porcentaje de cobertura según el ciclo de vida de las especies encontradas en la zona de la fila del sitio estudiado. B. Porcentaje de cobertura según el origen para las especies anuales. C. Porcentaje de cobertura según el origen para las especies bianuales. D. Porcentaje de cobertura según el origen para las especies perennes.

En la zona de la fila, la presencia de especies nativas que forman parte de la cobertura vegetal espontánea de la finca estudiada fue, en proporción, más significativa que en la zona del interfililar (Fig. 13). Si bien en ambas zonas el porcentaje de cobertura aportado por especies exóticas fue mayor, el número de especies encontradas fue mayor para el caso de las nativas (Tabla 3).

Tabla 3. Número de especies identificadas según su origen, encontradas en las zonas del interfililar y la fila de la finca "El Espinillo".

	Interfililar	Fila
Exótica	15	13
Nativa	22	14
Total	37	27

Las especies perennes mostraron mayor porcentaje de cobertura de especies nativas (Figs. 11, y 12). También poseen el mayor número de especies para la zona del interfililar (Tabla 2). Sin embargo, su porcentaje de cobertura con respecto a las especies anuales fue bajo. Esta situación puede deberse a los efectos del manejo y su influencia en la selección de especies anuales que invierten sus recursos en la producción de semillas (Hall et al., 2020), como es el caso de *Chenopodium album*.

Cabe destacar que la especie nativa perenne más relevante en cuanto a porcentaje de cobertura fue *Cenchrus spinifex* de la familia Poaceae. Esta especie es comúnmente llamada "roseta" por la forma de su fruto, el cual posee un involucro espinoso que cubre las espiguillas y se adhiere a la ropa lo que no solo lo hace molesto a la hora de realizar tareas en el viñedo, sino que también favorece su dispersión.

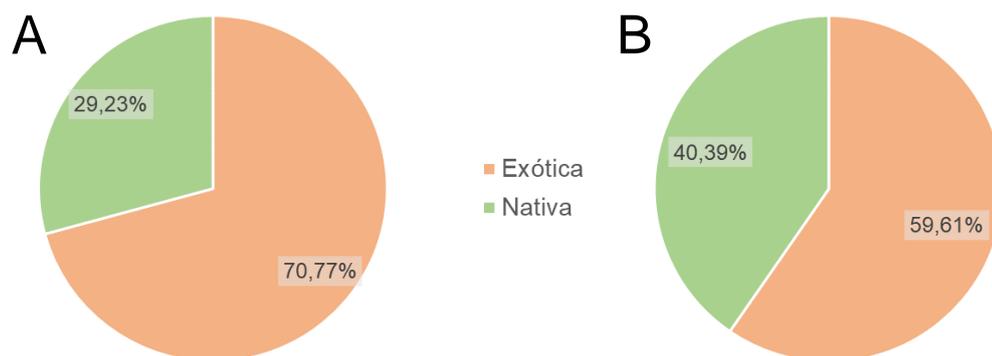


Figura 11. A. Porcentaje de cobertura según el origen de las especies encontradas en la zona del interfiliar del viñedo estudiado B. Porcentaje de cobertura según el origen de las especies encontradas en la zona de la fila del viñedo estudiado.

4.2. Almacenamiento de carbono en la biomasa vegetal

La estimación del balance de carbono en los agroecosistemas es una de las principales preocupaciones en estudios ecológicos de la vegetación en el contexto del cambio climático global (Montanaro et al., 2018). La cobertura vegetal en un viñedo posee un marcado efecto en el balance total de carbono de un viñedo (Marks et al., 2022).

En el viñedo estudiado se observaron diferencias significativas entre el carbono almacenado en la zona del interfiliar y la zona de la fila ($H: 66,22, p < 0,0001$), siendo superior en el interfiliar (Fig.14). Este resultado era esperado debido a las prácticas de remoción que se llevan a cabo en la zona de la fila lo cual implica una remoción periódica de la biomasa de la vegetación presente entre las plantas de vid.

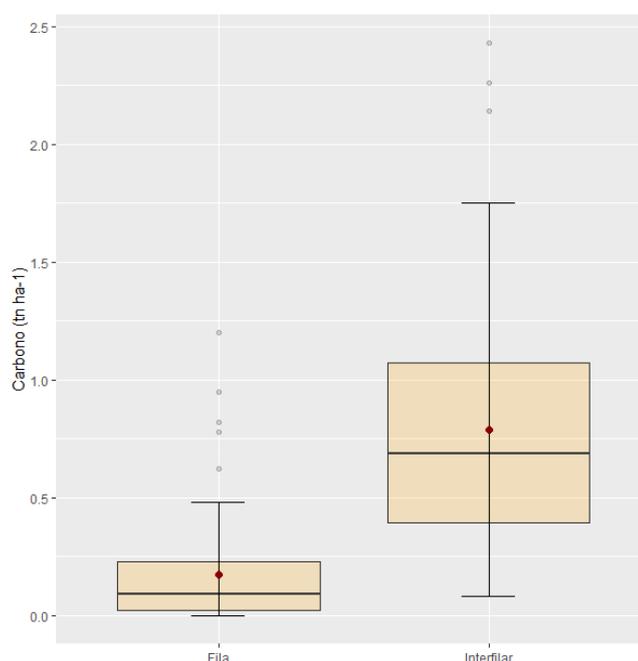


Figura 12. Valores de carbono almacenados en el interfiliar y fila del viñedo estudiado. En cada caja se muestra la mediana (línea media horizontal), la varianza (barras verticales) y la media (círculos rojos).

Según los análisis realizados, se obtuvo que, en promedio, los sitios muestreados en el interfiliar poseían 170,10 g de biomasa seca (2,36 tnC/ha), 75,38 g (1,05 tnC/ha) en la

fracción aérea, 36 g (0,50 tnC/ha) en la fracción subterránea y 58,72 g (0,82 tnC/ha) en la fracción de mantillo (Fig.14). Esto equivale a 2,36 tnC/ha almacenadas en la biomasa del interfilas, lo cual corresponde a un total de 8,67 tn de CO₂ capturado de la atmósfera y retenido en las estructuras vivas y muertas de la vegetación espontánea (Tabla 3).

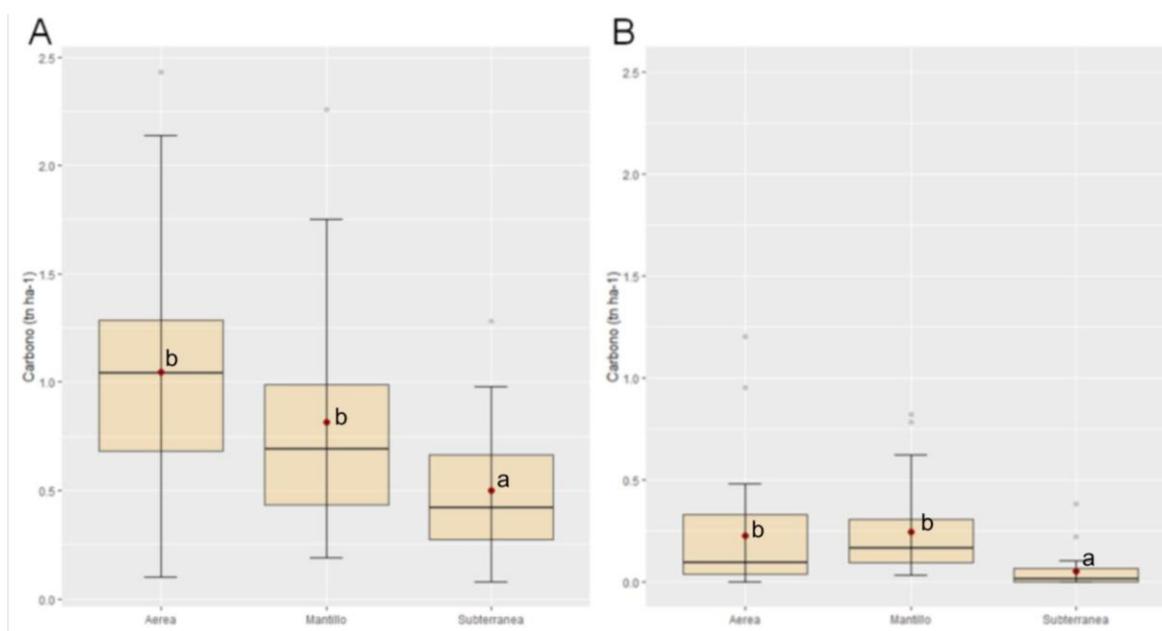


Figura 13. A. Carbono almacenado en las distintas fracciones de la biomasa en el interfilas. B. Carbono almacenado en las distintas fracciones de la biomasa en la zona de la fila. En cada caja se muestra la mediana (línea media horizontal), la varianza (barras verticales), la media (círculos rojos) y las letras en minúscula diferentes entre sí indican medias significativamente diferentes.

En la zona del interfilas se encontraron diferencias significativas en el almacenamiento de carbono de las distintas fracciones de biomasa (H: 13,95, p=0,0009). La fracción aérea fue la más relevante en cuanto a la cantidad de carbono acumulado, seguida del mantillo y por último de la fracción subterránea (Fig.15A).

En el caso de la fila, se obtuvo que el peso promedio de la biomasa seca por punto muestreado fue de 37,37 g (1,56 tnC/ha), 16,26 g (0,68 tnC/ha) en la fracción aérea, 3,61 g (0,15 tnC/ha) en la fracción subterránea y 17,50 g (0,73 tnC/ha) en la fracción de mantillo (Fig. 15). Se obtuvo que en la fila la biomasa almacena un total de 1,56 tnC, lo que equivale a 5,69 tn CO₂ capturadas de la atmósfera (Tabla 4).

De acuerdo con los resultados hallados, existen diferencias significativas en el almacenamiento de carbono de las distintas fracciones de biomasa (H=21,18, p<0,0001) para la zona de la fila. A diferencia de la zona del interfilas, en la fila encontramos un mayor valor de carbono promedio almacenado en la fracción del mantillo con respecto a la fracción aérea (Fig.15B).

Tabla 4. Peso promedio de biomasa seca para cada fracción encontrados en las zonas del interfilas y fila, valores estimados de carbono almacenados en cada fracción y valores estimados de CO₂ capturados de la atmósfera.

Fracción	Interfilas			Fila		
	biomasa (g)	tnC/ha	tnCO ₂ /ha	biomasa (g)	tnC/ha	tnCO ₂ /ha
Aérea	75,38	1,05	3,85	16,26	0,68	2,50
Subterránea	58,72	0,5	1,84	17,50	0,15	0,55
Mantillo	36,00	0,82	3,01	3,61	0,73	2,68
Total	170,10	2,36	8,66	37,36	1,56	5,73

4.3. Análisis de correlación entre carbono almacenado y porcentaje de cobertura

A través del análisis de correlación de Spearman, se encontró un mayor coeficiente de correlación entre la cobertura de la vegetación y el carbono almacenado en la fracción aérea para la zona del interfilare del viñedo estudiado (Fig.16). Del mismo modo el coeficiente de correlación entre el carbono total almacenado y el total de la cobertura vegetal fue significativo y positivo.

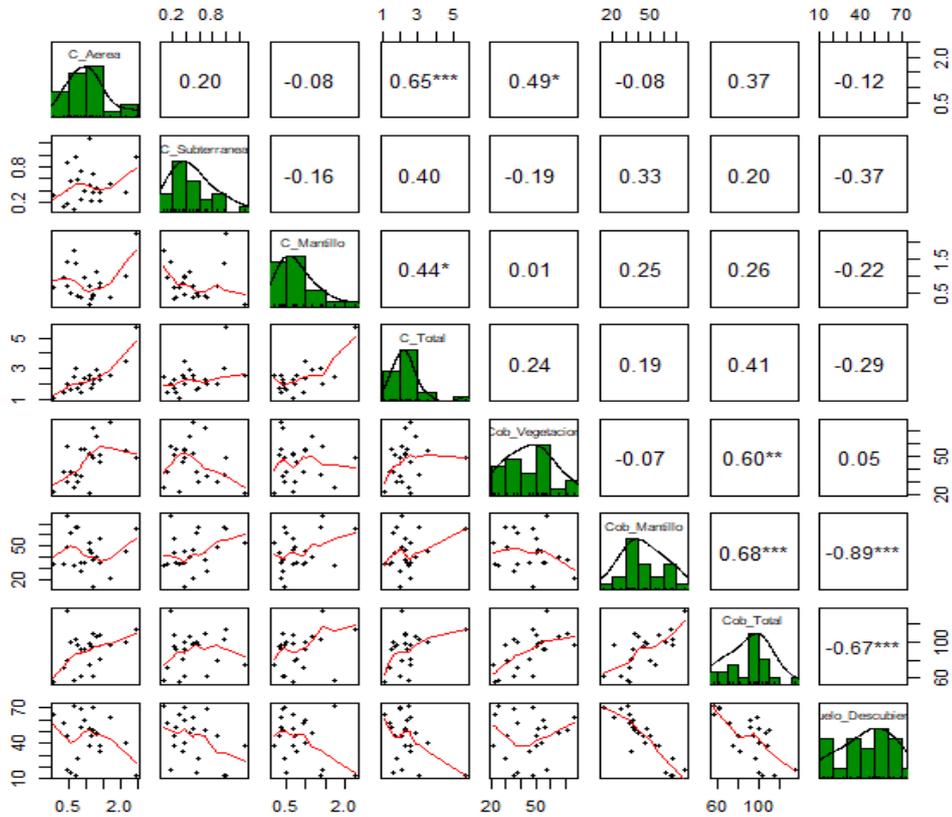


Figura 14. Correlación entre la cobertura del suelo y el carbono almacenado en la biomasa del interfilare. Los asteriscos indican el grado de correlación entre las variables.

Para la zona de la fila, se observó a través del análisis de correlación de Spearman que existe una correlación significativa para el carbono total almacenado y la cobertura total de la vegetación espontánea y el mantillo.

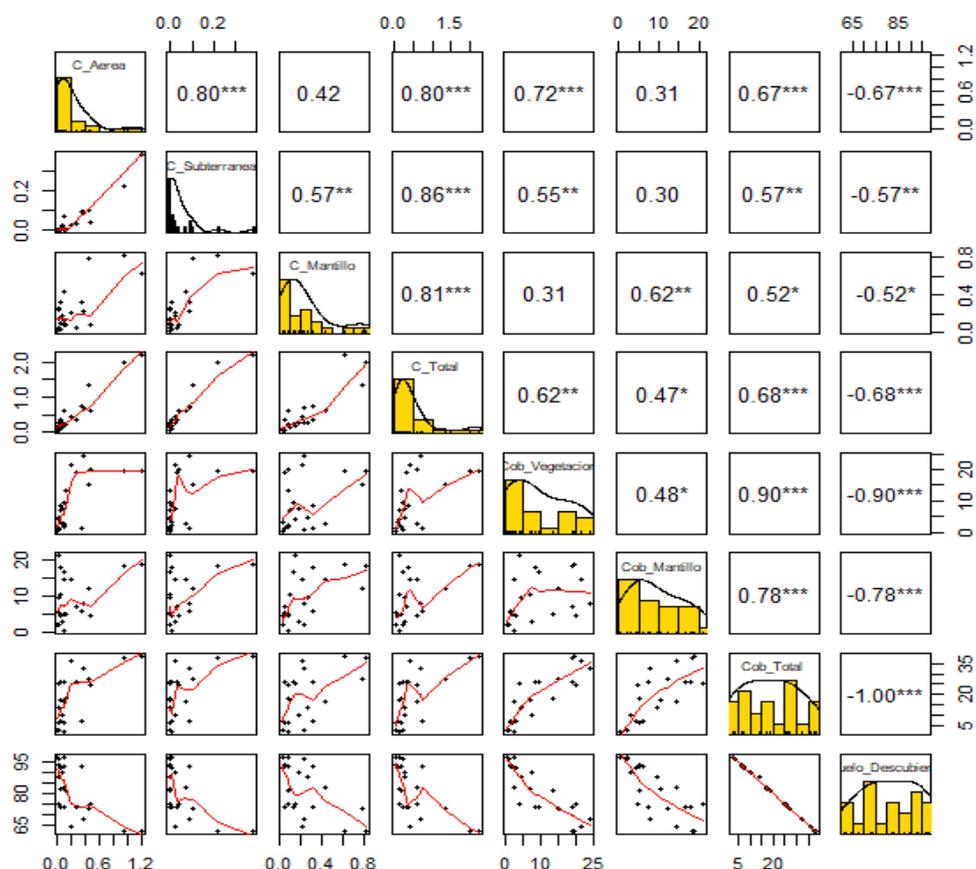


Figura 15. Correlación entre la cobertura del suelo y el carbono almacenado en la biomasa de la fila. Los asteriscos indican el grado de correlación entre las variables.

Se encontró una correlación positiva entre la cobertura total y el carbono almacenado, es decir que a mayor suelo cubierto tanto por vegetación como por mantillo y en su conjunto, mayor será el carbono almacenado en esa superficie. La correlación entre el carbono total y la cobertura vegetal fue más fuerte que la del carbono total con el mantillo. Este resultado indica una mayor influencia de la vegetación en el carbono total almacenado en la fila.

4.4. Acumulación de carbono en el viñedo

En una hectárea de viñedo en estudio, la zona del interfilas muestreada es representativa del 50% de la superficie, dado que una parte está afectada por el trayecto que realiza el tractor y la otra corresponde a la zona de la fila o línea de plantación. Por lo tanto, en una hectárea de viñedo se almacenan 1,18 tnC y se capturan 4,34 tn CO₂ de la atmósfera considerando la vegetación espontánea y el mantillo del interfilas.

Para la zona de la fila, la superficie muestreada es representativa del 20% de una hectárea de viñedo. Por lo que se encontró que en una hectárea de viñedo en la finca El Espinillo se almacenan 0,31 tnC y se capturan 1,14 tn CO₂ por la vegetación espontánea presente en la zona de la fila.

La suma de ambas zonas muestreadas, fila e interfilas, es representativa del 70% de la superficie total de las hectáreas cultivadas, dado que la parte restante está afectada por el paso del tractor. Considerando esta información, las estimaciones realizadas indican que en una hectárea de viñedo se almacenan 1,49 tnC y se capturan 5,47 tn CO₂ por la vegetación espontánea en las zonas de la fila y el interfilas.

Este estudio destaca la importancia de mantener la vegetación espontánea en un viñedo en cuanto al aporte al ecosistema que realiza mediante relevante cantidad de carbono acumulado tanto en el mantillo, como en la biomasa de la vegetación presente (Tabla 4).

5. Discusión

Poseer el suelo cubierto con vegetación dentro de un viñedo favorece la biodiversidad, mejora las características del suelo y altera variables ambientales del entorno, brindando numerosos beneficios al ecosistema y al cultivo (Uliarte et al., 2018). La intensidad del manejo agrícola afecta directamente a la cobertura y diversidad vegetal presentes en un determinado cultivo (Almagro et al., 2015).

En la zona de la fila de la finca evaluada se remueve la vegetación espontánea por completo. Esta práctica impacta directamente en el porcentaje de cobertura presente (Tabla 1). Esto es así para evitar la competencia entre la vegetación espontánea y la planta de vid en la línea de plantación del cultivo. Existe evidencia que afirma que la cobertura vegetal también puede ocasionar pérdidas de rendimiento y vigor en el cultivo de vid (Celette et al., 2008; Griesser et al., 2022). Asimismo Uliarte et al., (2009) hallaron una mejoría en la calidad enológica en uvas tintas producto del establecimiento de coberturas vegetales. En este contexto, realizar un balance entre los múltiples beneficios a corto y largo plazo aparejados con la cobertura vegetal, y los decaimientos que se puedan llegar a dar es indispensable para adaptar las prácticas agrícolas con el fin de potenciar los beneficios y minimizar las pérdidas. En las zonas áridas y semiáridas de la provincia de Mendoza, los viticultores perciben un aumento de los beneficios ambientales al implementar prácticas de manejo que incluyen la vegetación en la zona del interfilar, especialmente con especies perennes (Fruitos et al., 2019).

En un meta-análisis llevado a cabo por Winter et al. (2018), se demostró que el uso de cobertura vegetal espontánea presente en los interfilares de viñedos incrementa la biodiversidad del cultivo. También aumenta la provisión de servicios ecosistémicos por encima de cualquier otro manejo.

Los resultados en cuanto a la composición de la cobertura vegetal mostraron una gran dominancia de ciertas especies tanto para la fila como para el interfilar lo que podría estar dado por la presión que los diferentes manejos agrícolas ejercen sobre la composición específica del agroecosistema (Armengot et al., 2016; Hall et al., 2020). Ciertas prácticas agrícolas, como el desmalezado, los manejos que implican movimiento del suelo y el uso de herbicidas, seleccionan especies con ciertas capacidades reproductivas lo que afecta el banco de semillas del lugar (Gago et al., 2007). A esto se suma que las especies favorecidas por estos manejos son más competitivas y alcanzan mayor altura (Armengot et al., 2016).

En el caso de la finca El Espinillo, la presencia y predominancia de estas especies podría estar determinadas por el manejo actual y pasado de la cobertura vegetal espontánea.

Thomas et al. (2004) informaron que la mayoría de las especies perennes estaban asociadas con labranzas reducidas o sin labranza en absoluto, mientras que las especies anuales estaban asociadas con labranzas convencionales. Del mismo modo, Travlos et al. (2018) indicaron que la abundancia media de las especies perennes casi se duplicó con el tiempo bajo una labranza reducida. Coincidiendo con lo expuesto por Travlos y Thomas, en la finca el Espinillo las especies anuales obtuvieron el mayor valor de cobertura evidenciando la influencia de la labranza.

Las especies nativas en zonas áridas, como en el caso de la finca estudiada, presentan una ventaja comparativa con respecto a las exóticas por su adaptación al clima del lugar. Estas especies poseen adaptaciones que les confieren un menor consumo de agua total, lo que a su vez resulta positivo para el cultivo (Uliarte, 2013). Están asociadas también a una mayor presencia de insectos benéficos (polinizadores, depredadores de plagas, etc.) en el viñedo (Fruitos et al., 2019).

El origen y la composición de la vegetación espontánea que crece en el viñedo es una medida del grado de intervención antrópica en los agroecosistemas (Dussi et al., 2015; Méndez, 2015). El manejo de la vegetación espontánea en los cultivos afecta la diversidad y abundancia de especies, alterando la estructura de la comunidad (Travlos et al., 2018). En

este trabajo, se encontró un mayor número de especies nativas que exóticas en la zona del interfilas y de la fila, lo que puede estar influenciado por el aporte de semillas proveniente de los alrededores de la finca, que es monte nativo. Esta idea está soportada por trabajos realizados en cultivos de vid de diferentes lugares en los cuales se destaca o menciona el aporte de las semillas de plantas nativas (Mania et al., 2015; Nascimbene et al., 2016).

Las prácticas de recorte de la vegetación que no eliminan completamente la vegetación espontánea en el espacio entre hileras pueden favorecer la preservación y reproducción de plantas nativas (Dussi et al., 2015). Aunque las prácticas de manejo actuales o pasadas del viñedo ocasionan disturbios que podrían estar favoreciendo a especies como *Chenopodium album* que cubre el mayor porcentaje de suelo (Fig.10).

En zonas áridas como las de la provincia de Mendoza, el agua es un recurso limitado y podría producirse una competencia entre los cultivos y la vegetación espontánea. Sin embargo, un estudio realizado por Steenwerth et al. (2016) en California, Estados Unidos, sugiere que los cultivos de cobertura y las prácticas de siembra directa pueden implementarse con un efecto competitivo limitado o insignificante en viñedos bien establecidos e irrigados. El análisis de diferentes cultivos de cobertura en un viñedo realizado por Uliarte et al. (2009) concluyó que la selección de especies para el cultivo de cobertura tiene una relación directa con el clima local, el entorno y las condiciones de manejo.

En el contexto de cambio climático, se busca a través de prácticas ambientalmente amigables, potenciar la acumulación y mantenimiento de carbono en los sistemas agrícolas. En este sentido, el aporte que realiza la vegetación espontánea al balance de carbono del viñedo es relevante para mantener el equilibrio con el ambiente (Griesser et al., 2022; Zanotelli, 2019). Por lo tanto, resulta necesario estimar dicho aporte a la hora de plantear las estrategias de manejo. Dado que, el balance de carbono total de un viñedo es muy variable, tanto en el tiempo como en el espacio (Zanotelli, 2019), es imprescindible estimar valores locales y actualizados para cada región vitícola. En este trabajo se confirma la relación positiva que existe entre el porcentaje de suelo cubierto por vegetación espontánea y el carbono almacenado por el sistema (Fig.14).

Las prácticas agrícolas en viñedos pueden afectar las funciones del suelo como el almacenamiento de carbono (Guzmán et al., 2019). Promover el establecimiento de coberturas vegetales espontáneas o sembradas, puede servir como una vía de mitigación del cambio climático a través del almacenamiento de carbono en los suelos y la biomasa, neutralizando las emisiones de gases de efecto invernadero (Almagro et al., 2015; Novara et al., 2018). En un estudio llevado a cabo en Australia, Marks et al. (2022) concluyeron que el manejo con cobertura vegetal aumentaba en un 22,7% el carbono orgánico del suelo. En Italia, Brunori et al. (2013) registraron un mayor incremento en el contenido de carbono orgánico del suelo, específicamente, se observó que el viñedo con cobertura vegetal analizado exhibió un aumento del 39,72% en el carbono orgánico total en los primeros 0,20 m del suelo en comparación con un viñedo con manejo convencional.

De este modo, el aumento en el carbono orgánico del suelo impacta positivamente en el balance de carbono del viñedo y esto a su vez implica un incremento en la actividad microbiana y de los beneficios que los microorganismos del suelo otorgan al cultivo (Marks et al., 2022).

Sin importar el tipo de manejo de la vegetación del interfilas y la fila, el balance de carbono de un cultivo de vid es generalmente positivo, almacenando carbono tanto en su biomasa aérea como subterránea (Brunori et al., 2013; Marras et al., 2015). Sin embargo, la cantidad de carbono capturado por las plantas de vid dentro de un viñedo puede variar tanto espacial como temporalmente. Las principales causas de estas variaciones son: las condiciones climáticas, el tipo de poda, el tipo de suelo y el estrés hídrico (Vendrame et al., 2019; Zanotelli, 2019).

El análisis del balance de carbono dinámico de un viñedo en Italia a nivel de suelo y ecosistema demostró que la cobertura de pasto que crece entre las hileras desempeñaba un

papel destacado en la captación anual de CO₂ (Tezza et al., 2018). Los resultados sobre el manejo de la vegetación publicados en trabajos previos informaron que la captura de carbono mostró una respuesta positiva debido a las prácticas de manejo de la vegetación en varios cultivos, contribuyendo a la regulación del CO₂ atmosférico (Montanaro et al., 2018; Winter et al., 2018).

Un agroecosistema de viñedo sostenible implica un equilibrio entre la cobertura vegetal espontánea junto con el crecimiento y la productividad de la vid, al mismo tiempo que se reduce el efecto de factores negativos como plagas, enfermedades, malezas (Provost & Pedneault, 2016) y erosión, y a la vez se mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

6. Conclusión

En el presente trabajo se logró cuantificar y estimar el carbono almacenado por la vegetación espontánea presente en un cultivo de vid del Valle de Uco en la provincia de Mendoza.

Los resultados analizados indicaron una mayor cobertura vegetal en la zona del interfilas respecto de la zona de la fila o línea de plantación. Este resultado fue asociado a las prácticas de manejo diferenciales que reciben cada una de las zonas analizadas.

La composición de la vegetación espontánea se vio influenciada por las prácticas de manejo, obteniéndose diferencias en cuanto a la cobertura, abundancia y composición de especies entre el interfilas y la fila o línea de plantación.

Para la zona del interfilas, de las 37 especies identificadas, *Chenopodium album*, *Salsola kali*, *Thinopyrum ponticum*, *Hirschfeldia incana* y *Cenchrus spinifex* fueron las especies con mayor porcentaje de cobertura (75%). Las especies exóticas representaron el 71% de la cobertura vegetal presente en el agrosistema, aunque las especies nativas tuvieron un mayor número en el interfilas.

Para la zona de la fila, de las 27 especies encontradas, *Chenopodium album*, *Polygonum convolvulus*, *Hirschfeldia incana*, *Cenchrus spinifex* y *Solanum atriplicifolium* representaron el 71% de la cobertura. Esta marcada dominancia de ciertas especies tanto en el interfilas como en la línea de plantación es, posiblemente, el resultado de la presión ejercida por las diferentes prácticas de manejo agrícola implementadas en la finca estudiada.

El carbono acumulado fue mayor en la zona del interfilas que almacena $1,18 \text{ tnC ha}^{-1}$ y retiene $4,34 \text{ tn CO}_2 \text{ ha}^{-1}$ de la atmósfera, mientras que en la zona de la fila se almacenan $0,31 \text{ tnC ha}^{-1}$ y se retienen $1,14 \text{ tn CO}_2 \text{ ha}^{-1}$. La mayor cantidad de carbono se acumuló en la biomasa área de la vegetación presente tanto en el interfilas como en la línea de plantación.

La vegetación espontánea y el mantillo distribuidos en una hectárea de viñedo almacenan $1,49 \text{ tnC ha}^{-1}$ y retienen $5,47 \text{ tn CO}_2 \text{ ha}^{-1}$ considerando la zona de la fila y del interfilas. La cobertura vegetal espontánea en la finca de estudio resulta ser una alternativa de manejo ecológicamente favorable en cuanto a su capacidad de fijar carbono. El manejo de la cobertura vegetal del viñedo resulta ser un aspecto determinante en la capacidad de acumulación de carbono del sistema. La cantidad de carbono acumulado en la biomasa de la vegetación espontánea se encuentra estrechamente relacionada al porcentaje de suelo que este cubierto por la misma.

Las prácticas que implican un mantenimiento parcial de la vegetación espontánea representan una alternativa positiva para la captura de carbono en un cultivo de vid. El recorte de la vegetación o segado permite que una importante parte de la biomasa vegetal permanezca en el sistema y la cobertura siga cumpliendo su rol en la salud del suelo como así también brindando sus beneficios ecosistémicos.

Resulta necesario el desarrollo de investigaciones futuras que apunten a conocer el balance total de carbono de un viñedo en zonas áridas y semi-áridas, considerando el aporte realizado por la cobertura vegetal, el suelo y el cultivo. Esta información es necesaria para entender en profundidad el impacto que las prácticas de manejo ejercen sobre el medio ambiente en el que se instala un agroecosistema.

Este estudio es una contribución para profundizar el conocimiento de los beneficios ecosistémicos brindados por la cobertura vegetal en un viñedo. Además, aporta información para la implementación de prácticas de manejo en agroecosistemas donde se busca un mayor equilibrio con el ambiente.

7. Bibliografía

Abad, J., de Mendoza, I. H., Marín, D., Orcaray, L., Santesteban, L. G. 2021. Cover crops in viticulture. A systematic review (1): Implications on soil characteristics and biodiversity in vineyard. *Oeno One*, 55(1), 295-312.

Almagro, M., de Vente, J., Boix-Fayos, C., Garcia-Franco, N., Aguilar, J., González, D., Solé-Benet, A., & Martínez-Mena, M. (2015). Sustainable land management practices as providers of several ecosystem services under rainfed Mediterranean agroecosystems. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9535-2>

Altieri, M. A. (1999). Applying Agroecology to Enhance the Productivity of Peasant Farming Systems in Latin America. *Environment, Development and Sustainability*, 1(3), 197-217. <https://doi.org/10.1023/A:1010078923050>

Armengot, L., Blanco-Moreno, J. M., Bàrberi, P., Bocci, G., Carlesi, S., Aendekerk, R., Berner, A., Celette, F., Grosse, M., Huiting, H., Kranzler, A., Luik, A., Mäder, P., Peigné, J., Stoll, E., Delfosse, P., Sukkel, W., Surböck, A., Westaway, S., & Sans, F. X. (2016). Tillage as a driver of change in weed communities: A functional perspective. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 222, 276-285. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.021>

Braun-Blanquet, J. (1964) *Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde*. 3rd Edition, Springer-Verlag, Berlin, (Pp. 1-63).

Brignardello, A. (2017). ¿Cómo entender la organización de la producción en el agro actual? vinculación agroindustrial y producción de calidad en la vitivinicultura mendocina en las primeras décadas del siglo XXI. *Mundo agrario: Revista de estudios rurales*, 18(37), NA-NA.

Brunori, E., Farina, R., & Biasi, R. (2013). Vineyards as alternative carbon sinks in peri urban areas vignobles comme alternative “puit de carbon dans les zone peri urbanies”.

Canadell, J.G., Raupach, M.R., 2008. Managing forests for climate change mitigation. *Science* 320(5882), 1456–1457

Cara, L. 2012. Estudio Geomorfológico del sector central del Departamento de Tupungato, aplicando técnicas geomáticas. Provincia de Mendoza, Argentina. Trabajo Final para optar al título de Licenciado en Ciencias Geológicas. Universidad Nacional de San Juan. 99p.

Celette, F., Gaudin, R., & Gary, C. (2008). Spatial and temporal changes to the water regime of a Mediterranean vineyard due to the adoption of cover cropping. *European Journal of Agronomy*, 29(4), 153-162. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.04.007>

Dastgheib, F., & Frampton, C. (2000). Weed management practices in apple orchards and vineyards in the South Island of New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 28(1), 53-58. <https://doi.org/10.1080/01140671.2000.9514122>

Dussi, M. C., Flores, L., & Fernández, C. (2015). Estudio de la vegetación funcional en distintos agroecosistemas frutícolas. V Congreso Latinoamericano de Agroecología - SOCLA (7 al 9 de octubre de 2015, La Plata). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52515>

FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. 2022. Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022. Adaptación de las políticas alimentarias y agrícolas para hacer las dietas saludables más asequibles. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0640es>

Fernández, D., & Julieta, M. (2016). Evaluación del riesgo de erosión hídrica, su distribución espacial y el efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo, en la cuenca hidrográfica del Río Tunuyán Superior (Mendoza) (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias).

Fruitos, A., Portela, J., del Barrio, L., Mazzitelli, E., Marcucci, B., Giusti, R., Alemanno, V., Chaar, J., Lopez García, G., Gonzalez, M., Aquindo, N., & Debandi, G. (2019). Modelos de manejo del espacio interfilar en viñedos: Percepciones acerca de su valor como proveedores de servicios ecosistémicos Inter-row management models in vineyards: perceptions about their value as ecosystem service providers. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 51, 261-272.

Gago, P., Cabaleiro, C., & García, J. (2007). Preliminary study of the effect of soil management systems on the adventitious flora of a vineyard in northwestern Spain. *Crop Protection - CROP PROT*, 26, 584-591. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.05.012>

Giffard, B., Winter, S., Guidoni, S., Nicolai, A., Castaldini, M., Cluzeau, D., Coll, P., Cortet, J., Le Cadre, E., D'Errico, G., Forneck, A., Elena, G., Griesser, M., Guernion, M., Lagomarsino, A., Landi, S., Bissonnais, Y., Mania, E., Mocali, S., & Leyer, I. (2022). Vineyard Management and Its Impacts on Soil Biodiversity, Functions, and Ecosystem Services. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 850272. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.850272>

Gillespie, M., Wratten, S.D., 2012. The importance of viticultural landscape features and ecosystem service enhancement for native butterflies in New Zealand vineyards. *Journal of Insect Conservation* 16(1), 13–23.

Griesser, M., Steiner, M., Pingel, M., Uzman, D., Preda, C., Giffard, B., Tolle, P., Memedemin, D., Forneck, A., Reineke, A., Leyer, I., & Bacher, S. (2022). General trends of different inter-row vegetation management affecting vine vigor and grape quality across European vineyards. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 338. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108073>

Guzmán, G., Cabezas Luque, J., Sánchez-Cuesta, R., Lora, A., Bauer, T., Strauss, P., Winter, S., Zaller, J., & Gómez, J. (2019). A field evaluation of the impact of temporary cover crops on soil properties and vegetation communities in southern Spain vineyards. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 272, 135-145. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.11.010>

Hall, R., Kriechbaum, M., Kratschmer, S., Penke, N., Jung, V., Chollet, S., Guernion, M., Nicolai, A., Burel, F., Fertil, A., Lora, A., Sánchez-Cuesta, R., Guzmán, G., Gómez, J., Popescu, D., Hoble, A., Bunea, C.-I., Zaller, J., & Winter, S. (2020). Vegetation management intensity and landscape diversity alter plant species richness, functional traits and community composition across European vineyards. *Agricultural Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2019.102706>

Hannah, L., Roehrdanz, P. R., Ikegami, M., Shepard, A. V., Shaw, M. R., Tabor, G., ... & Hijmans, R. J. (2013). Climate change, wine, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(17), 6907-6912.

Instituto de Estudios sobre la Realidad Argentina y Latinoamericana (IERAL) (2021). Informe anual 2021. Perspectivas 2022. Economía de Mendoza. http://www.economiademendoza.com/an/anuarios/an_21.pdf

INV (INSTITUTO NACIONAL DE VITIVINICULTURA). 2022. Informe anual de superficie. 2021. <https://www.argentina.gob.ar/inv/vinos/estadisticas/superficie/anuario>.

Isbell, F., Adler, P. R., Eisenhauer, N., Fornara, D., Kimmel, K., Kremen, C., Letourneau, D. K., Liebman, M., Polley, H. W., Quijas, S., & Scherer-Lorenzen, M. (2017). Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems. *Journal of Ecology*, 105(4), 871-879. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12789>

Kazakou, E., Fried, G., Richarte, J., Gimenez, O., Violle, C., & Metay, A. (2016). A plant trait-based response-and-effect framework to assess vineyard inter-row soil management. *Botany Letters*, 163(4), 373-388. <https://doi.org/10.1080/23818107.2016.1232205>

Lal, R. (2013). Enhancing ecosystem services with no-till. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 28(2), 102-114. <https://doi.org/10.1017/S1742170512000452>

Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. *Science*, 333(6042), 616-620. <https://doi.org/10.1126/science.1204531>

Machado, J., Villegas-Palacio, C., Loaiza, J. C., & Castañeda, D. A. (2019). Soil natural capital vulnerability to environmental change. A regional scale approach for tropical soils in the Colombian Andes. *Ecological Indicators*, 96, 116-126. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.08.060>

Mania, E., Isocrono, D., Pedullà, M. L., & Guidoni, S. (2015). Plant diversity in an intensively cultivated vineyard agro-ecosystem (Langhe, North-West Italy). *South African Journal of Enology and Viticulture*, 36(3), 378-388.

Marks, J. N. J., Lines, T., Penfold, C., & Cavagnaro, T. R. (2022). Cover crops and carbon stocks: How under-vine management influences SOC inputs and turnover in two vineyards. *Science of The Total Environment*, 831, 154800. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154800>

Marras, S., Masia, S., Duce, P., Spano, D., & Sirca, C. (2015). Carbon footprint assessment on a mature vineyard. *Agricultural and Forest Meteorology*, 214-215, 350-356. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.08.270>

MARTINIS, N. et al. 2002. Proyecto: Evaluación hidrogeológica de la cuenca del Valle de Uco. Tomo 1, 2 y 3. Publicación Interna IT N° 15-CRA. Instituto Nacional del Agua. Centro Regional Andino. 520pp.

Méndez, E. (2015). *Lamio amplexicaulis-Urticetum urentis* ass. Nov. En viñedos de Mendoza, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 50(1), 107-113.

Mezzatesta, D. S., Berli, F. J., Arancibia, C., Buscema, F., Piccoli, P. N. 2022. Impact of contrasting soils in a high-altitude vineyard of *Vitis vinifera* L. cv. Malbec: root morphology and distribution, vegetative and reproductive expressions, and berry skin phenolics. *International Viticulture and Enology Society*, 56(2), 149–163.

Michler, J. D., Baylis, K., Arends-Kuenning, M., & Mazvimavi, K. (2019). Conservation agriculture and climate resilience. *Journal of Environmental Economics and Management*, 93, 148-169. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2018.11.008>

Montanaro, G., Nuzzo, V., Xiloyannis, C., & Dichio, B. (2018). Climate change mitigation and adaptation in agriculture: The case of olive. *Journal of Water and Climate Change*, 9, jwc2018023. <https://doi.org/10.2166/wcc.2018.023>

Nascimbene, J., Zottini, M., Ivan, D., Casagrande, V., & Marini, L. (2016). Do vineyards in contrasting landscapes contribute to conserve plant species of dry calcareous grasslands? *Science of The Total Environment*, 545-546, 244-249. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.051>

Novara, A., Mario, M., Antonino, S., Rodrigo-Comino, J., Carrubba, A., Sarno, M., Giacomo, V., & Gristina, L. (2018). Real cover crops contribution to soil organic carbon sequestration in sloping vineyard. *Science of The Total Environment*, 652. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.247>

OIV (Organisation internationale de la Vigne et du Vin), 2021. Thematic focus: The word organic vineyard. <https://www.oiv.int/public/medias/8514/en-focus-the-world-organic-vineyard.pdf>

Paiola, A., Assandri, G., Brambilla, M., Zottini, M., Pedrini, P., & Nascimbene, J. (2020). Exploring the potential of vineyards for biodiversity conservation and delivery of biodiversity-mediated ecosystem services: A global-scale systematic review. *Science of The Total Environment*, 706, 135839. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135839>

Pardini, A. (2002). Cover crop species and their management in vineyards and olive groves. *Advances in Horticultural Science [Rivista Dell'ortoflorofutticoltura Italiana]*. 16 (N.3-4), 2002, 1000-1010. <https://doi.org/10.1400/14122>

Prosdocimi, M., & Cerdà, A. (2016). Soil water erosion on Mediterranean vineyards: A review. *CATENA*, 141, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.02.010>

Provost, C., & Pedneault, K. (2016). The organic vineyard as a balanced ecosystem: Improved organic grape management and impacts on wine quality. *Scientia Horticulturae*, 208, 43-56. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.04.024>

Regairaz, M. E., Soria, D. Abraham, M. E. & Rodríguez Martínez, F. (1996). Clasificación Taxonómica de suelos Mendoza. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. [MENDOZA - IMAGENES \(mendoza-conicet.gob.ar\)](https://www.mendoza-conicet.gob.ar)

Reyes-Palomino, S. E., Cano Ccoa, D. M., Reyes-Palomino, S. E., & Cano Ccoa, D. M. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(1), 53-64. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.328>

R Development Core team., 2021. R, a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Austria. <http://www.R-project.org>

Riera, F.S., Brümmer, B., 2022. Environmental efficiency of wine grape production in Mendoza, Argentina. *Agricultural Water Management* 262, 107376.

Rivera JA, E Naranjo Tamayo, M Viale 2020 Water resources change in central-western Argentina under the Paris Agreement warming targets. *Front Clim* 2:587126.

Segura y Kanninen, 1999. Valoración del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privados en el área de conservación Cordillera Volcánica Central, Costa Rica. (Magister Scientiae dissertation, Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza).

Smart, R. E. (2010). A Lump of Coal, a Bunch of Grapes *Journal of Wine Research*, 21(2-3), 107-111. <https://doi.org/10.1080/09571264.2010.530092>

Steenwerth, K.L., Calderón-Orellana, A., Hanifin, R.C., Storm, C., McElrone, A.J., 2016. Effects of various vineyard floor management techniques on weed community shifts and grapevine water relations. *American Journal of Enology and Viticulture* 67(2), 153–162.

Tezza, L., Vendrame, N., & Pitacco, A. (2018). Disentangling the carbon budget of a vineyard: The role of soil management. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 272, 52-62. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.11.002>

Thomas, A.G., Derksen, D.A., Blackshaw, R.E., Van Acker, R.C., Légère, A., Watson, P. R., Turnbull, G.C., 2004. A multistudy approach to understanding weed population shifts in medium-to long-term tillage systems. *Weed Science* 52(5), 874–880.

Travlos, I. S., Cheimona, N., Roussis, I., & Bilalis, D. J. (2018). Weed-Species Abundance and Diversity Indices in Relation to Tillage Systems and Fertilization. *Frontiers in Environmental Science*, 6. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2018.00011>

Uliarte, E. (2013). Especies herbáceas nativas: aportes para su cultivo como coberturas vegetales en estudios de intercambio gaseoso, eficiencia hídrica y potencial alelopático de lixiviados.

Uliarte, E., Monte, R. F., Parera, C., Catania, C. D., & Monte, S. M. (2009). Influencia del manejo de suelo mediante coberturas vegetales establecidas en el desarrollo vegetativo, producción y características de vinos en viñedos bajo riego superficial (Cv. Malbec). *Le Bulletin de l'OIV*, 82, 205-227.

Uliarte, E., Ferrari, F., Martinez, L., Dagatti, C., Ambrogetti, A., & Montoya, M. (2018). Viticultura sustentable en los valles irrigados de Mendoza: Evaluación de prácticas agroecológicas para incrementar la resiliencia de agro-ecosistemas frágiles. (pp. 213-236).

Van der Maarel, E., 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio* 39, 97–114.

Vendrame, N., Tezza, L., & Pitacco, A. (2019). Study of the Carbon Budget of a Temperate-Climate Vineyard: Inter-Annual Variability of CO₂ Flux. *American Journal of Enology and Viticulture*, 70(1), 34-41. <https://doi.org/10.5344/ajev.2018.18006>

Vento, B.; Ginebra, M.; Vallebella, M.; Bonjour, L.; Ontivero, M., Duplancic, A.; Mezzatesta, D. y Martínez-Carretero, E. Assessing the contribution of the spontaneous vegetation to carbon storage and biodiversity in a vineyard of Argentina. En revisión.

Winter, S., Bauer, T., Strauss, P., Kratschmer, S., Paredes, D., Popescu, D., Landa, B., Guzmán, G., Gómez, J. A., Guernion, M., Zaller, J. G., & Batáry, P. (2018). Effects of vegetation management intensity on biodiversity and ecosystem services in vineyards: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 55(5), 2484-2495. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13124>

Zanettin, G., Bullo, A., Pozzebon, A., Burgio, G., Duso, C., 2021. Influence of vineyard inter-row groundcover vegetation management on arthropod assemblages in the vineyards of North-Eastern Italy. *Insects* 12(4), 1–28.

Zanotelli, D. (2019). Carbon sequestration in orchards and vineyards. *Italus Hortus*, 25, 13-28. <https://doi.org/10.26353/j.itahort/2018.3.1328>

Zomer, R.J., Neufeldt, H., Xu, J., Ahrends, A., Bossio, D., Trabucco, A., van Noordwijk, M. Wang, M., 2016. Global tree cover and biomass carbon on agricultural land: the contribution of agroforestry to global and national carbon budgets. *Science Reports* 6, 29987.