



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
FACULTAD DE AGRONOMIA E INGENIERIA FORESTAL
DIRECCION DE INVESTIGACION Y POSTGRADO
MAGISTER EN RECURSOS NATURALES

ESTIMACIONES DE CONTENIDOS DE CARBONO Y DIVERSIDAD
FUNCIONAL EN VIÑAS BAJO MANEJO ORGÁNICO DE CHILE
CENTRAL

Tesis presentada como requisito para optar al grado de

Magister en Recursos Naturales

por:

Camila Bustamante Pizarro

Comité de Tesis
Profesor Guía: Eduardo Arellano
Profesores Informantes:
Claudia Rojas
Rosanna Ginocchio

Octubre 2021
Santiago-Chile

Agradecimientos

En primer lugar, al proyecto SUFICA y al Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES) la oportunidad de realizar esta investigación y a ANID PIA/BASAL FB0002 por el financiamiento

En segundo lugar, se agradece la oportunidad a la gerencia de sustentabilidad de Viña Emiliana S.A. dirigida por Sebastián Tramon y Patricia Guilisasti, por proporcionar el espacio, la información y gran disposición para realizar este estudio. También, agradecer todo el apoyo brindado por el laboratorio de la profesora Mónica Antilén del departamento de Química de la pontificia universidad católica y a Cristian Urdiales estudiante de postgrado por su tiempo y gran ayuda en el análisis de las muestras.

Agradezco al profesor Eduardo Arellano por su guía y por su comprensión dentro de todo el proceso de la realización de esta tesis, en especial en este momento de Pandemia donde las dificultades y las energías no fueron lo que esperábamos.

Finalmente, agradezco a todo el equipo y compañeros que de algún modo han colaborado en este trabajo; a la profesora Claudia Rojas de la Universidad de O'Higgins, Luz María de la Fuente, Nadia Rojas, Davis Vázquez, Tomas Schoffer, Jorge Jaña, y al resto del equipo que compone el Laboratorio de Restauración, Suelos y Metales (RESUME).

*Dedicado a mis padres,
por su apoyo incondicional en todo el proceso.*

Índice

Abstract	6
1. Introducción	7
1.1. Objetivos	12
2. Metodología.....	13
2.1. Área de estudio	13
2.2. Caracterización de los sitios evaluados.....	14
2.3. Muestreo de suelos	19
2.4. Análisis de Laboratorio	21
2.5. Contenido de Carbono orgánico en el suelo.....	23
2.6. Análisis estadístico.....	23
3. Resultados.....	25
3.1. Caracterización general de las variables fisicoquímicas de suelo:.....	25
3.2. Comparaciones variables físicoquímicas de suelo entre hileras	26
3.3. Estimación de contenidos de Carbono Orgánico del suelo:.....	28
3.4. Diversidad funcional microbiana.....	30
4. Discusión	37
4.1. Caracterización general del suelo.....	37
4.2. Contenidos de Carbono orgánico en el suelo.....	38
4.3. Parámetros biológicos y perfil fisiológico microbiano.....	40
5. Conclusiones	45
6. Resumen	46
7. Bibliografía.....	48
8. Anexos	60
Anexo 1: Resultados MicroResp por sitio.....	60
Anexo 2: Resultados estadísticos.....	61
Anexo 3. Gráficos de los resultados de respiración por fuente de carbono	67
Anexo 4. Esquema recolección de muestras en terreno.....	70
Anexo 5. Esquema tratamiento de muestras en laboratorio.....	70
Anexo 6. Mapas Sitios de muestreo de los sectores productivos	71

Índice de Tablas

Tabla 1. Ubicación de los sitios productivos y de referencia evaluados en el estudio.	14
Tabla 2. Caracterización de los sitios productivos.....	16
Tabla 3. Resumen manejo predial del suelo temporada 2018-2019 y 2019-2020.....	17
Tabla 4. Fuentes de Carbono utilizadas en el estudio.....	22
Tabla 5. Promedio y desviación estándar de variables físicas y químicas por sitio	27
Tabla 6. Resultados del contenido de carbono orgánico del suelo.....	28
Tabla 7. Promedio y desviación estándar de las variables biológicas RB, MSIR y H.	31

Índice de Figuras

Figura 1. Fotografía satelital de las localidades contempladas en el estudio.	15
Figura 2. Esquema del protocolo de muestreo en los sitios productivos..	20
Figura 3. Gráfico análisis de NMDS de parámetros físicos y químicos..	25
Figura 4. Gráficos contenidos de carbono orgánico en sitios productivos (tonC/ha)	28
Figura 5. Gráficos contenidos de carbono orgánico en sitios de referencia (tonC/ha).	30
Figura 6. Gráfico análisis de NMDS del perfil funcional microbiano.	31
Figura 7. Gráficos de variables biológicas evaluadas diferenciadas por sitio	33
Figura 8. Gráficos de respiración absoluta por fuente de carbono por sitio y sector.....	35

Estimaciones de contenidos de carbono y diversidad funcional en viñas bajo manejo orgánico de Chile central

Por: Camila Bustamante Pizarro

Afiliación

Abstract

Estimation of soil organic carbon and functional diversity in vineyards under organic management in Central Chile. Tesis, *Magister* en Recursos naturales, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 72 pp. The development of organic vineyards has been proposed as an alternative to reduce the environmental impacts of wine production, especially those associated to soil health. The aim of this study was to characterize the condition of these soils. Soil organic carbon (SOC), nutrient variability (i.e N, P, K), pH, electric conductivity and soil microorganism functional diversity by substrate using MicroResp^(TM) were measured. Soil samples were taken from in row and inter-rows from four organic vineyards and from adjacent semi natural sites for comparison. Results showed a trend of greater accumulation of SOC in the inter row sectors where cover crops are managed, finding on average 19% more carbon. Basal respiration and multiple substrate induced respiration (MSIR) did not show differences between the vineyards but it did between the semi natural sites. Regarding functional diversity there was no difference between the cultivated and semi natural sites, independent of the differences in the physical and chemical conditions found in the soils. Finally, it is believed that the parameters, especially the SOC content and the diversity of the microbial profile may be related to the agricultural practices carried out by organic vineyards, as well, and these practices probably contribute to maintaining and taking care of the good condition of the soil.

Key words: Soil Carbon estimation, organic vineyards, soil functional diversity

1. Introducción

El suelo es un sistema vivo, dinámico y de vital importancia en la conservación de los ecosistemas y la producción agrícola (Lorenz et al., 2019; Lal et al., 2018; FAO, 2017). El suelo cumple una serie de funciones complementarias a las productivas, como ser un soporte mecánico para las plantas, actuar de reservorio de agua, proporcionar hábitat natural de diversos organismos (microorganismos y animales) y ciclar nutrientes (Lal et al., 2018; Lal, 2014; Von Lützow y Kögel-Knabner, 2009). A su vez, el suelo juega un importante rol en las etapas del ciclo global de elementos como el carbono, siendo el reservorio principal del carbono terrestre (FAO, 2017). Es por esto que la conservación y cuidado del suelo aparece como un elemento clave entre las prácticas de manejo sustentables como acciones para promover la mitigación y adaptación al cambio climático (FAO, 2017; Muñoz-Rojas et al., 2018).

Los sistemas agrícolas bajo manejo más convencionales tienen el potencial de secuestrar CO₂ de la atmósfera a través de los cultivos y los manejos adecuados del suelo (Valkama et al., 2020; Huang et al., 2020; Smith et al., 2008). Estos manejos incluyen la incorporación de enmiendas orgánicas, el uso de cubiertas de suelo y la reducción de la labranza (Hung et al., 2020; Valkama et al., 2020; Amelung et al., 2020, Lal et al., 2018). En forma indirecta, las prácticas que reducen la erosión y que fomentan la diversificación de los cultivos y la conservación de la humedad del suelo, también promueven el almacenamiento o la conservación del carbono orgánico. Todas estas prácticas generan una mejor condición o calidad del suelo y una potencial adaptación al cambio climático, al aumentar la fertilidad natural, la actividad biológica y la capacidad de retención hídrica de los suelos (Amelung et al., 2020, Lal et al., 2018).

La salud o calidad del suelo se define como la capacidad del suelo para funcionar como un sistema vivo capaz de mantener la productividad vegetal y animal, mantener o mejorar la calidad del agua y el aire, y promover la salud de todos los componentes que dependen de este sistema (FAO, 2008; Doran y Parkin, 1994). Los suelos sanos mantienen una comunidad diversa de organismos que ayudan a controlar enfermedades, insectos y plantas; forman asociaciones simbióticas beneficiosas con las raíces de las plantas; reciclan nutrientes; mejoran la estructura con repercusiones en la capacidad para retener agua y nutrientes; y finalmente, mejoran la productividad de los cultivos (Karlen et al., 2001; Doran

y Parkin, 1994). Junto a este concepto siempre se debe tener presente que el suelo es un recurso vivo, dinámico, finito y no renovable (Brevik et al., 2017).

Dentro de las prácticas agrícolas sustentables, encontramos el manejo orgánico. Este manejo contempla el cuidado de distintas dimensiones productivas, procurando mantener el equilibrio y la salud del sistema, con el uso de residuos orgánicos (principalmente estiércol y compost) y aumentando el fomento de cubierta vegetales para evitar fertilizantes químicos (Corral-Fernández et al., 2013; Parras-Alcántara y Lozano-García).

En general, se plantean una serie de acciones de manejo que buscan promover el equilibrio entre el sistema suelo y la producción de los cultivos. Los beneficios de los manejos de tipo orgánico van de la mano con el aumento de la fertilidad y nutrición del suelo y plantas, el mantenimiento de una mayor biodiversidad a nivel de organismo, una menor dependencia de input externos y la mantención de la propiedades químicas y microbiológicas del suelo (Mader et al., 2002; Fuller et al. 2005; Baldi et al., 2010). Prácticas de manejo orgánico como la incorporación de materia orgánica a través de desechos orgánicos (MO) y el uso de cubiertas vegetales (cover crops) han sido utilizadas desde tiempos remotos, para aumentar la producción primaria en el agroecosistema (Pino, 2013) y se han considerado como prácticas sostenibles aplicadas debido al aumento potencial de carbono en el suelo (Basile-Doelsh et al., 2020; Nakajima et al., 2016; Cerdá et al., 2010). En el estudio de Morandé, et al. (2018), por ejemplo, se muestra que los viñedos cultivados con métodos orgánicos y biodinámicos almacenaron un 9,4% y 12,8% más de carbono orgánico en el suelo por hectárea, respectivamente, que un viñedo de control cultivado convencionalmente. Estos hallazgos sugieren una relación positiva entre las prácticas agrícolas regenerativas (dentro de estas la orgánica) y la capacidad de los suelos para retener carbono beneficioso bajo tierra (Amelung et al 2020; Rumpel et al, 2019).

El manejo de tipo orgánico también está asociado a prácticas de conservación y cuidado del suelo como el uso de cubiertas vegetales de entre hilera o “covercrop”. El uso de cultivos de cobertura tiene un efecto positivo en los sitios bajo producción de cultivos leñosos, incluyendo los viñedos, al aumentar el carbono orgánico del suelo (COS), mejorar la infiltración de agua y la estabilidad de los agregados, y reducir la erosión y la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera (Ovalle et al., 2007). Elementos que son parte de los objetivos de un manejo de tipo orgánico. Por otro lado, en sitios con manejo de cubiertas vegetales, se ha visto un aumento de la biodiversidad, tanto en el suelo como en

el sitio en general (Abad et al., 2021; Steenwerth et al., 2008). Específicamente en la vid, según lo recopilado por Abad et al., (2021), los cultivos de cobertura no constituyen por regla general una competencia importante para los nutrientes de las vides, por el contrario, los cultivos de cobertura de leguminosas generalmente aumentan el N en el suelo. Esto último siendo útil para el manejo orgánico dado que es una fuente importante para el aporte de nutrientes para los cultivos, junto con la incorporación de materia orgánica en los sitios. Sin embargo, el manejo integrado debe incorporar otras consideraciones como los excesos de nitrógeno o el uso excesivo de arado como control mecánico de malezas. Esto puede traer como consecuencia la compactación de los suelos y una restricción en la incorporación del carbono orgánico en el suelo (Singh et al., 2018).

En la literatura se encuentran diferentes parámetros que miden propiedades fisicoquímicas, bioquímicas y biológicas del suelo, que han demostrado responder a cambios en las condiciones y de manejo en el suelo (Pascual et al., 2000; Kucharski et al., 2016). Sin embargo, la evaluación integrada del suelo es de difícil medición e interpretación directa (Zornoza et al., 2015). Es por esto que se han establecido una serie de indicadores que están asociados a las diversas funciones del suelo, que en su conjunto nos dan una idea de lo que está sucediendo dentro del perfil (Muñoz-Rojas, 2018; Brevik et al., 2017; Zornoza et al., 2015). Uno de los parámetros o indicadores que está más relacionado a la condición del suelo, la fertilidad y la calidad productiva es el contenido de carbono orgánico (Takoung et al., 2016). Esto debido a que la presencia de carbono orgánico en el suelo se ha relacionado directamente con la funcionalidad de los ecosistemas, como por ejemplo el ciclado de nutrientes y la mantención de la humedad (Brevik et al., 2015; Keesstra et al., 2016; Smith et al., 2016). Adicionalmente, mejora parámetros específicos como lo son los agregados del suelo, influyendo directamente en el control de la erosión, la fertilidad y, en última instancia, la producción de alimentos (Aguilera et al., 2013a; Hontoria et al., 2004; Lal, 2014).

El carbono orgánico del suelo (COS) se ha utilizado como un indicador importante en términos de calidad de suelo (Takoung et al., 2016). Sin embargo, en la práctica es muy difícil definir un valor crítico por debajo del cual el suelo pueda considerarse degradado (Singh et al., 2018). Esto último, debido a la alta variabilidad de los tipos de suelos y de condiciones climáticas encontradas en cada sitio particular, aspectos importantes que determinan la presencia de este elemento en el suelo (Lal, 2004 y Rodríguez et al., 2019). En condiciones semiáridas y mediterráneas caracterizadas por la sequedad estacional,

como las que existen en la zona central de nuestro país, existe dificultad de aumentar el COS por la rápida mineralización y las bajas tasas de humificación existentes en condiciones hipertérmicas (Alvarado-Fuentes et al., 2008 y Gervois et al., 2008). Adicionalmente, la gran variabilidad espacial encontrada en los suelos dentro de los ecosistemas hace aún más difícil establecer criterios claros con respecto a este elemento (Hijbeek et al., 2017).

En el caso de los sistemas bajo manejo orgánico, al tener incorporación de diversas fuentes de carbono naturales en el suelo, se estima que presentan mayores contenidos de este elemento almacenado al largo plazo y que es una alternativa sustentable de producción al generar una mejora en la salud de los suelos frente a manejos convencionales de producción (Baldi et al., 2020; Lori et al, 2017).

Por otro lado, como parte importante de la evaluación de la condición de suelo, se ha promovido la utilización de parámetros biológicos que complementen la riqueza de organismos del suelo y cuantifiquen los impactos de las prácticas de manejo sobre la biodiversidad (Bünemann et al., 2018; Muñoz-Rojas, 2018). Tradicionalmente se han utilizado el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC), la actividad enzimática, la estimación de la biomasa de carbono y nitrógeno microbiano, respiración del suelo y la identificación de organismos (macro, meso y microfauna, además de la microflora) presentes en el suelo (Pepper et al., 2004; Braman et al., 2016 y Kucharski et al., 2016). En forma más reciente, se ha incorporado el análisis genómico, con el fin de establecer un mejor entendimiento de las potenciales funciones, la composición y diversidad de grupos taxonómicos presentes en los suelos (Giraldo-Perez et al., 2021). En esta misma línea, la diversidad edáfica funcional podría usarse como indicador para describir los efectos del uso o manejo edáfico sobre la diversidad de las comunidades microbianas (Bei et al., 2018; Cheng-yu et al., 2018; Manoharan et al., 2017; Wood et al., 2015a).

La herramienta del MicroResp™ permite realizar el estudio de la diversidad funcional de las comunidades microbianas mediante la medición de tasas de respiración del suelo (Campbell et al., 2003). Este método puede brindar información sobre la abundancia microbiana, las preferencias por sustratos específicos de la comunidad presente y, en base a esta última información, la diversidad funcional microbiana (Creamer et al., 2016). El perfil microbiano obtenido bajo este método se ha utilizado para determinar diferencias en la diversidad funcional microbiana debido a cambios del uso del suelo (Moscatelli et al., 2018;

Creamer et al., 2016; Murugan et al., 2014; Brackin et al., 2013), la incorporación de prácticas de manejo como la fertilización mineral, la adición de materia orgánica y cambios de labranza (Martínez-García et al., 2018 ; Murugan et al., 2014; Pan et al., 2016 ; Van der Bom et al., 2018; Zhang et al., 2018). Por ejemplo, Moscatelli et al. (2018) encontraron que en sitios bajo manejo intensivo de labranza se prioriza la descomposición de grupos carboxilos, antes que otras fuentes de carbono, lo que podría en este caso indicar que este grupo de fuentes se asocia a perturbaciones. Las ventajas de esta aproximación se basan en que se evalúa la comunidad microbiana activa en los procesos de descomposición (Creamer et al., 2016). Además, es un método relativamente simple y rápido de realizar (Campbell et al., 2003).

En Chile, la industria vitivinícola ha experimentado un gran desarrollo y expansión en las últimas décadas, logrando a nivel nacional una superficie productiva de 137.000 ha (SAG 2020), de las cuales alrededor del 2,5% se encuentran bajo manejo orgánico (Vinos de Chile, 2018). Los viñedos orgánicos se han planteado como una alternativa comercial que permite disminuir los impactos del manejo convencional sobre el suelo, incorporando prácticas de manejo que apoyan su cuidado y salud. Esto se traduce en sistemas agrícolas más productivos, más resilientes y que logran reducir la huella de carbono, además de proporcionar un valor agregado a los productos de la industria (Pino, 2013; Reeve et al., 2005). En adición, se ha estudiado que tanto la salud como la composición del suelo pueden afectar directamente en la calidad y características de un vino (Van Leeuwen y Seguin, 2006; Bodin y Morlat 2006b), lo que dentro de la industria vitivinícola es una parte importante, denominada el “terroir”, el cual revela características individuales del vino (Bodin y Morlat, 2006a). Es por esto por lo que el estudio de los componentes del suelo con especial énfasis en el comportamiento de la materia orgánica son la base de la producción orgánica (Reeve et al., 2005).

En Chile, la Viña Emiliana es uno de los principales productores de vino orgánico, con una superficie total de 769,26 hectáreas plantadas y certificadas como orgánicas, las que producen una diversidad de variedades de vinos blancos y tintos distribuidos entre las regiones de Coquimbo y el Maule (Reporte de sustentabilidad Emiliana, 2019). De ellas, 686,93 hectáreas se encuentran en plena producción y 82,33 hectáreas están en desarrollo (Reporte de sustentabilidad Emiliana, 2019). Su producción orgánica, se basa en el uso de los principios de la biodinámica y las exigencias de manejo asociado a las certificaciones orgánicas internacionales.

Es de interés de Viña Emiliana mitigar los impactos de las emisiones de gases efecto invernadero y de sus sistemas de manejo y promover el desarrollo de agroecosistemas sustentables, potenciando los niveles de carbono en el suelo y promoviendo la salud de sus suelos.

En este estudio, se evaluarán parámetros físicos, químicos y biológicos de cuatro cuarteles adultos representativos de predios productivos de viña Emiliana ubicados en las regiones de Valparaíso y O'Higgins, Chile central, cultivados bajo manejo orgánico. Específicamente, se busca generar una línea base de características del suelo y establecer correlaciones con propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en áreas seminaturales o de referencia. La hipótesis planteada dentro de este estudio es que sitios bajo manejos orgánicos mejoran las propiedades del suelo, principalmente en lo que se refiere a la acumulación de carbono orgánico y la funcionalidad microbiológica de los suelos. Dadas las características, geográficas y productivas de los predios a evaluar, se espera encontrar altos contenidos de carbono orgánico acumulado en el suelo, especialmente en los sitios ubicados más al sur y en los sectores donde se concentran los cultivos de cobertera. Las variables biológicas relacionadas con la funcionalidad y la abundancia microbiana de los suelos de las viñas evaluadas serán diferentes entre sí y entre los sitios naturales. Se espera que en los sitios productivos existan una mayor actividad microbiana en los sectores menos perturbados y en donde se concentra la inyección de fertilizantes y agua, en este caso sobre la hilera productiva.

1.1. Objetivos

El objetivo general del presente estudio es caracterizar los suelos, con énfasis en el carbono orgánico, de viñedos bajo manejo orgánico, de la zona central de Chile, específicamente ubicadas en las regiones de Valparaíso y O'Higgins, diferenciando las zonas de manejos (hilera y entre hilera).

Los objetivos específicos son:

- Caracterizar los suelos de viñas orgánicas y comparar la variabilidad de parámetros físicos, químicos y biológicos de suelo en la hilera y la entre hilera de cultivo.
- Determinar los valores de contenido de carbono orgánico en los sitios bajo manejo y compararlos con los contenidos de sitios de referencia

- Comparar la actividad microbiológica funcional del suelo entre viñedos bajo manejo orgánico y sitios seminaturales no manejados.

2. Metodología

2.1. Área de estudio

El área de estudio se emplazó dentro de la zona central de Chile, caracterizada por tener un clima de tipo mediterráneo con estaciones marcadas, con lluvias concentradas en los meses de invierno y una vegetación nativa de tipo esclerófila. Esta zona, se caracteriza por mantener vegetación de tipo arbórea en las laderas de los cerros con especies predominantes como el Litre (*Lithraea caustica*) y el Quillay (*Quillaja saponaria*) (Quintanilla et al., 2012).

En este trabajo, específicamente, se evaluaron cuatro cuarteles bajo manejo orgánico pertenecientes a Viña Emiliana S.A., dedicados a la producción vitivinícola, emplazadas de norte a sur en las localidades de Casablanca (Comuna de Casablanca, Región de Valparaíso), Totihue (comuna de Requínoa, Región de O'Higgins), Los Robles (comuna de Placilla, Región de O'Higgins) y Las Palmeras (comuna de Nancagua, Región de O'Higgins) (Figura 1). Además, tres sitios de referencia cercanos a las localidades productivas (Figura 2).

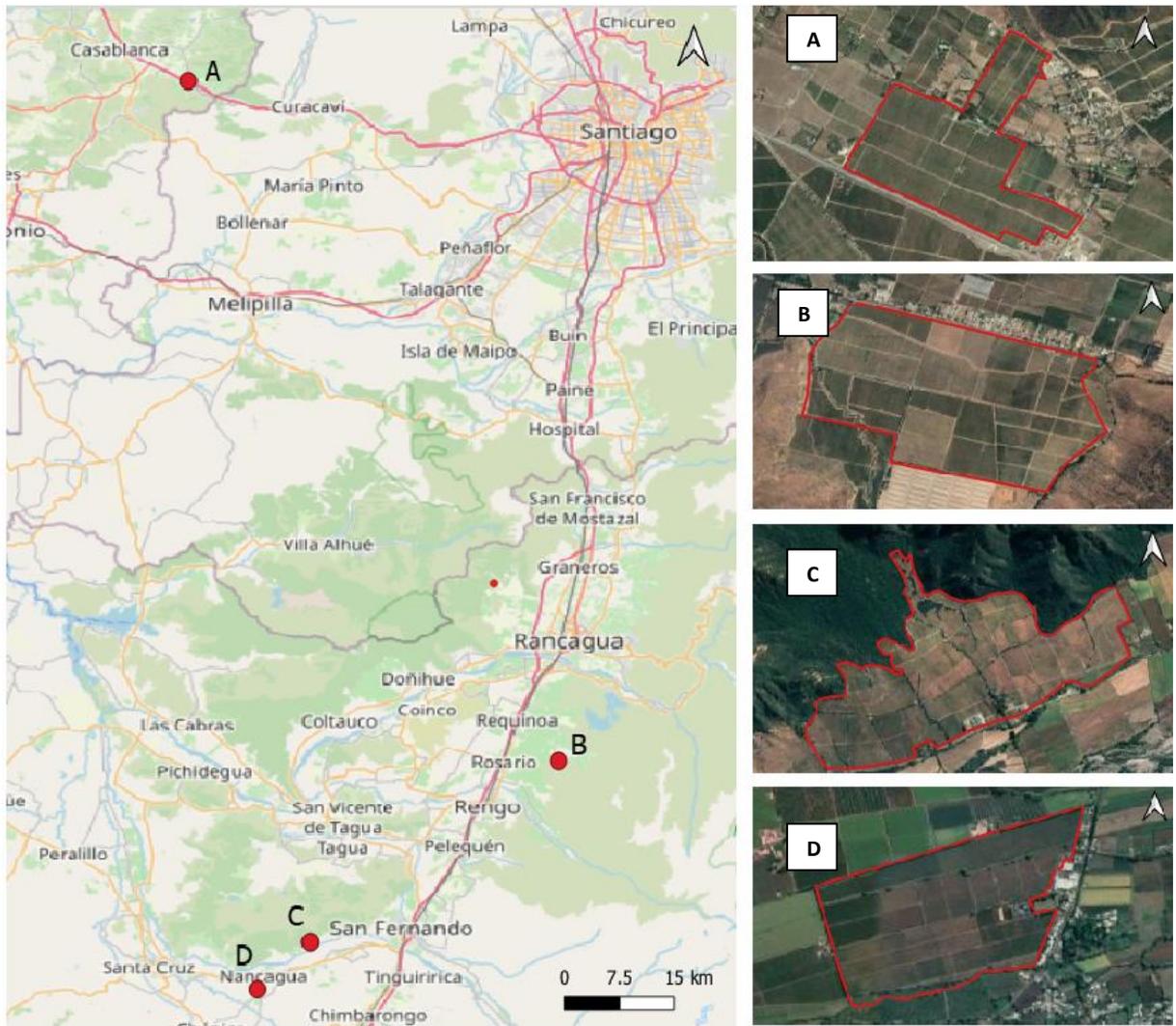


Figura 1. Ubicación espacial de las localidades contempladas en el estudio. En A) predio de Casablanca, en B) predio de Totihue y C) y B) Predios de San Fernando.

2.2. Caracterización de los sitios evaluados.

Dentro de cada predio, en adelante sitio, se seleccionó un cuartel representativo para evaluación del suelo y la toma de muestras (tabla 1). Los cuarteles elegidos fueron aquellos con características similares en cuanto a pendiente y manejo de suelo, y que además representaran al promedio en cuanto a características edáficas del sitio. Como parte del estudio, además de los sitios productivos, se caracterizaron tres sitios de referencia bajo vegetación nativa y de baja perturbación antrópica, próximos a los cuarteles productivos estudiados (figura 2). Se tuvo como criterio de selección para los sitios de vegetación

seminatural que contaran con vegetación nativa de tipo arbórea, y que se encontrara a no más de 5 km de los cuarteles productivos evaluados. En la localidad Los Robles solo se tomó solo un sitio de referencia dala la cercanía del sector productivo Las Palmeras.



Figura 2. Fotografía satelital de los cuarteles y sectores no productivos contemplados en el estudio. En rojo se delimitan los cuarteles evaluados en cada predio de la viña, y en verde los sitios no productivos de referencia de la localidad (Elaborado a partir de imágenes satelitales de Google Earth 2020).

Con respecto a las características específicas de cada cuartel, estos presentan diferentes variedades productivas (Chardonnay, Carmenare y Cabernet Sauvignon) y años bajo manejo (tabla 2). Se tuvo como criterio para identificar los efectos del manejo orgánicos, que los cuarteles contaran con una edad mínima de 9 años bajo manejo orgánico. En cuanto

a las series de suelo encontradas en los sitios cultivados estas fueron la serie Pimpinela para el sitio TT, la serie Yáquil para el sitio LP, la Serie Chépica para LR y la serie Tapihue para CB. Cada una de estas series tiene características específicas en el perfil del suelo, lo que muestra las diferencias en cuanto a la formación y condiciones que tiene cada sector.

Todos los cuarteles de los predios evaluados, en adelante sitios, están bajo los esquemas de manejo orgánica de Viña Emiliana, el cual cuenta con la incorporación de enmiendas orgánicas (compost y guano), la utilización de cubiertas vegetales con mezclas de leguminosas, brassicas y gramíneas entre las hileras del cultivo (entre las vides) y el uso de maquinaria agrícola para la incorporación de residuos de poda, el control de malezas, la cosecha y aplicación de productos (tabla 2).

Tabla 1. Caracterización de los cuarteles seleccionado.

Predio	CB	LR	LP	TT
Localidad	Casablanca	Los Robles	Las Palmeras	Totihue
Cuartel	3	3	1	39
Coordenadas (UTM)	285274.71 m E 6305825.01 m S	304970.52 m E 6168672.46 m S	297933.08 m E 6161033.67 m S	338519.64 m E 6198338.38 m S
Superficie (ha)	7,54	3,13	11,53	5,98
Variedad	Chardonnay	Carmenare	Carmenare	Cabernet Sauvignon
Marco plantación	2,5 x 1,25	2,0 x 1,2	2,5 x 1,5	2,5 x 1,5
Fecha plantación	2004	2006	2002	2010
Rendimiento (ton/ha)	16.18	4.13	18.52	14.84
Seria de suelo	Tapihue	Yáquil	Chépica	Pimpinela
Tipo de suelo	Franco arenoso	Franco	Franco	Franco

A modo general, el manejo entre los cuarteles sigue un esquema similar entre los distintos predios, con algunos ajustes en el uso de maquinaria según la localidad. La fertilización del viñedo se realiza a través de enmiendas orgánicas de aplicación directa al suelo o foliares, combinado con guanos, compost y la adición de las cortas de los cultivos de cobertura de la entre hilera (tabla 2). Por otro lado, el manejo de las cubiertas vegetales entre las líneas productivas se realiza hilera por medio rotando por años la hilera cultivada, con la excepción de Casablanca que queda limitado a la disponibilidad de agua. Se realizan manejos de labranza en todos los sectores de entre hilera, rastreando la tierra y luego de cortar el cultivo

de la entre hilera junto con incorporar al suelo con rastra. Las hileras no cultivadas son sesgadas 3 veces en la temporada para control mecánico de malezas. El control de malezas también se realiza con maquinaria tapando y abriendo el suelo con maquinaria de labranza (arados). En la tabla 2 se presenta un resumen de las prácticas y manejos dentro de cada sector con respecto a la fertilización, cultivos entre hilera y los trabajos de maquinaria en el sitio productivo.

Tabla 2. Resumen del manejo predial del suelo en los cuarteles de estudio para las temporadas 2018-2019 y 2019-2020.

Predio	Fertilización al suelo (ha)	Cultivo entre hilera (ha)	Trabajo de entre hilera	Control de malezas sobre hilera
CB	12000 kg guano vacuno, 50 UN K, producto enekappa, 17 UN N producto enekappa	2018: Siembra hilera por medio de: 60 kg Vicia (<i>Vicia atropurpurea</i>) y 100 kg de avena (<i>Avena sativa</i>). 2019: no se realizó siembra	Manejo Octubre: rastreado hilera por medio. Las otras hileras fueron segadas 3 veces durante la temporada	3 tapados, 3 aberturas
TT	8000 kg guano vacuno, 46,5 UN MgO, producto magnesil, 20 lts potencia amino, 30 lts stop salt	2018: Siembra hila por medio de: 60 kg Vicia (<i>Vicia atropurpurea</i>) y 100 kg de avena (<i>Avena sativa</i>). 2019: no se realizó siembra	Manejo Octubre: rastreado hilera por medio. Las otras hileras fueron segadas 3 veces durante la temporada	4 labores
LR	5000 kg compost, 15 UN N, producto itapollina, 100 UN K ₂ O, producto hortisul	2018 y 2019: Siembra hilera por medio de mezcla: 40 kgs Vicia (<i>Vicia atropurpurea</i>), 60 kg Avena (<i>Avena sativa</i>), 8 kg trébol rojo (<i>Trifolium pratense</i>) y 5 kgs Mostaza blanca (<i>Sinapis alba</i>)	Manejo Octubre: corte de abono verde, tapado y rastreado del cultivo. La hilera no cultivada fue segada 3 veces durante la temporada	2 tapados, 3 aberturas

LP	9000 kg compost, 60 UN K2O, 20 lt potenza amino	2018 y 2019: Siembra hilera por medio de mezcla: 30 kgs vicia (<i>Vicia atropurpurea</i>), 60 kg avena (<i>Avena sativa</i>), 25 kg Pisum sativum, 5 kg nabo (<i>Brassica rapa</i>) y 5 kg mostaza blanca (<i>Sinapis alba</i>)	Manejo Octubre: corte de abono verde y tapado, posterior rastreado del cultivo. La hilera no cultivada fue segada 3 veces durante la temporada	3 tapados, 3 aberturas
----	---	--	--	---------------------------

Datos entregados por la viña.

Por otro lado, los sitios no productivos bajo uso forestal nativo seminatural (degradado por intervención antrópica), o sitios de “referencia” en adelante, contemplados en este estudio se encuentran aledaños a los sitios productivos (Tabla 3 e Imagen 1). Estos sitios se caracterizaron por la presencia de especies arbóreas nativas, donde las especies predominantes encontradas fueron el Litre (*Lithraea caustica*) y el Quillay (*Quillaja saponaria*). Una de las características relevantes en los sitios, es que todos presentaron evidencia y/o presencia de ganado y extracción de individuos; además, el sitio de Casablanca presentó una menor densidad de árboles e indicios de un incendio reciente.



Imagen 1. Fotografías de los sitios no productivos de referencia. De izquierda a derecha sitio Los Robles, Totihue y Casablanca.

Con respecto a los suelos de cada sitio de referencia, se encontraron las series Asociación Bellavista asociados a suelos volcánicos en posición de cerros de alta pendiente para el sitio RTT, la serie Asociación La Lajuel con suelos de texturas francas para RLR y la asociación Tapihue, representada por suelos franco-arenosos para RCB.

Tabla 3. Ubicación de los sitios de referencia del presente estudio, por localidad.

Predio/Sitio	Codigo	Región	Localidad	Coordenadas*
Sitios de Referencia	RCB	Región de Valparaíso	Casablanca	285700.06 m E 6307240.69 m S
Sitios de Referencia	RTT	Región de O'Higgins	Totihue	341483.85 m E 6200881.41 m S
Sitios de Referencia	RLR	Región O'Higgins	San Fernando	305234.28 m E 6169220.18 m S

2.3. Muestreo de suelos

Para la caracterización de los cuarteles, se tomaron muestras de suelo en la primavera del año 2019 (noviembre y diciembre). Las muestras fueron colectadas a una profundidad de 0-20 cm con barreno de acero inoxidable, diferenciando sectores de hilera (SH) y entre hilera (EH) en cada sitio, siguiendo un protocolo similar al establecido en Vega-Ávila et al. (2018) y Seguel et al. (2015). Específicamente, el muestreo consistió en seleccionar 5 hileras dentro del cuartel a evaluar, cuidando que las distancias entre estas fueran similares (figura 3a). En cada hilera (SH) se escogieron 5 puntos aleatorios para conformar una muestra compuesta. El mismo procedimiento se realizó en el sector de la entre hilera (EH), obteniendo un total de 10 muestras de suelo por sitio (figura 3b).

Una vez obtenida la muestra compuesta de las 5 submuestras, esta fue homogenizada en terreno y separada en 2 lotes, las cuales fueron dispuestas en bolsas plásticas debidamente rotuladas. Un lote fue usado para realizar los análisis de parámetros fisicoquímicos, el que se mantuvo a temperatura ambiente, y el segundo lote fue usado para realizar los análisis biológicos, el cual fue almacenada en frío. Todas las muestras de suelo fueron llevadas al laboratorio de Suelo y Leñosas de la facultad de Agronomía e ingeniería Forestal donde fueron tamizadas a 2mm y almacenadas a 4°C, para su posterior caracterización (anexos 6 y 7).

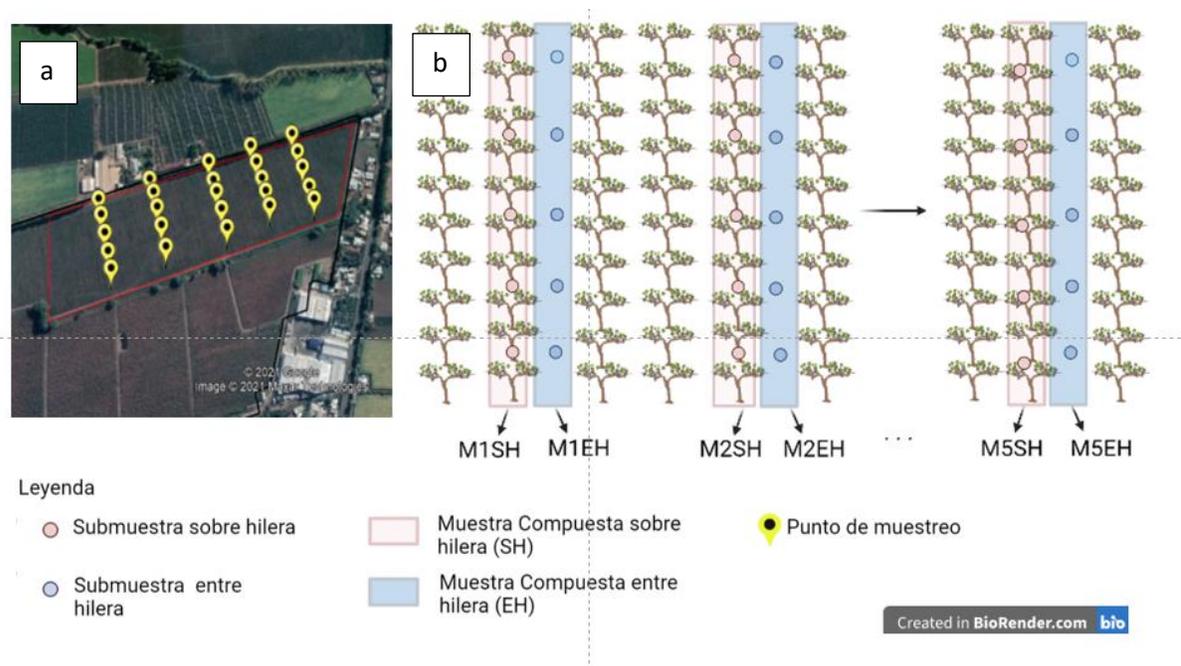


Figura 3. Esquema del protocolo de muestreo en los sitios productivos. En a) Imagen satelital de los puntos de muestro (predio LP) y en b) Esquema gráfico de la toma de muestras en terreno (elaboración propia creado en BioRender e imágenes satelitales de Google Earth 2021).

Para determinar la densidad aparente (DA), se tomaron muestras adicionales de suelo. Para ello, se escogió un punto en cada hilera (siempre evitando el efecto borde) y se tomó una muestra con un martillo y un cilindro de 10 cm de profundidad siguiendo lo indicado en el método del Cilindro (Sadzawka 2006). Las muestras de suelo fueron posteriormente secadas en horno a 45° C por tres días y se calculó su densidad aparente (g/cm^3 dividiendo el peso seco de la muestra (g) por el volumen conocido (cm^3) del cilindro.

La toma de muestras de los sitios de referencia fue realizada en enero del 2020. Se tomaron 5 muestras compuestas de 5 submuestras a 0-20 cm de profundidad. Cada muestra se formó tomando un punto central que estuviera bajo dosel y luego se formó un cuadrante tomando cuatro puntos a 3 metros de distancia del punto central (Vega-Ávila et al., 2018). Una vez obtenida una muestra compuesta esta fue homogenizada y separada en 2 lotes. Cada lote fue dispuesto en bolsas plásticas debidamente rotuladas, obteniendo una muestra para el análisis de parámetros fisicoquímicos, que se mantuvo a temperatura ambiente, y una muestra para el análisis biológico que fue almacenada en frío. Una vez en

el laboratorio todas las muestras fueron tamizadas a 2mm y almacenadas a 4°C, para su posterior caracterización.

2.4. Análisis de Laboratorio

Parámetros Físicos y químicos:

La textura se determinó mediante el método descrito por Bouyoucos (Sandoval *et al.*, 2011), donde, con un hidrómetro estándar graduado en g/L y con un termómetro en grados centígrados, se realizaron mediciones de la densidad de suspensión de la solución de suelo, dispersante ((NaPO₃)₆) y agua destilada. Para la determinación de pH y CE, las muestras de suelo fueron procesadas en el laboratorio RESUME siguiendo los protocolos de Métodos de Análisis Recomendados para los Suelos de Chile (Sadzawka *et al.*, 2006). Se tomó la solución de suelo de concentración 1:2.5 para el pH y de 1:5 para la CE. El carbono orgánico (%) (COS) se analizó en el Departamento de Química de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Para el procedimiento se utilizó una mezcla de dicromato y ácido sulfúrico para realizar una combustión húmeda de la materia orgánica; posteriormente, se midió colorimétricamente el cromato reducido, siguiendo la metodología de Walkley y Black (1934) descrita en Sadzawka *et al.* (2004). Finalmente, para obtener macro y micronutrientes, se envió una porción de muestra al laboratorio de servicios Agroanálisis UC, donde se determinaron los contenidos de nitrógeno (N), fósforo (P Olsen) y potasio (K) disponibles, S extractable y los porcentajes de carbono y nitrógeno totales (%) siguiendo los protocolos descritos en SW846-3051 (Sludge, Soil, Sediment Oil) Técnica ICP.

Parámetros Biológicos:

La estructura funcional una comunidad o perfil fisiológico a nivel comunitario (CLPP) se puede considerar como una alternativa para la estimación de la diversidad, debido a que además de apoyar el desarrollo de la identificación taxonómica, se basa en las características metabólicas de los microorganismos. El CLPP es consecuencia de la diversidad genética taxo-específica, de los efectos ambientales sobre la expresión genética y de las interacciones ecológicas con otros taxa (Zak y col., 1994), dado que estudiamos la funcionalidad del sistema mirando las distintas actividades del conjunto de organismos. En los últimos años se ha utilizado en ecología microbiana el análisis funcional como indicador de la diversidad y estructura de las comunidades microbianas, a través del uso de diferentes

fuentes de carbono estableciendo así el perfil metabólico de los microorganismos y su comportamiento, considerando indicadores como la respiración basal, la respiración inducida por múltiples sustratos (MSIR) y el índice de diversidad de Shannon

La caracterización del perfil fisiológico a nivel comunitario (CLPP) del suelo se realizó a través del sistema MicroResp™ (Campbell et al. 2003; Creamer et al., 2016). Para esto, los suelos se tamizaron a 2 mm, se agregaron a las placas de pozos profundos y se incubaron 4 horas siguiendo el manual técnico MicroResp™ (Cameron, 2007). Se usaron 10 sustratos para producir las tasas de respiración: glucosa (GLU), fructosa (FRU) y arabinosa (ARA) como azúcares simples; arginina (ARG) y cisteína (CYS) como aminoácidos; ácido oxálico (OXA), ácido alfa-cetoglutarico (AKG), ácido cítrico (CIT) y ácido málico (MAL) como ácidos carboxílicos; y n-acetil-glucosamina (NAG) como amida (tabla 5). Estos sustratos fueron seleccionados debido a su relevancia biológica en la agricultura al ser componentes de exudados de raíces y microbios (Murugan et al., 2014). Además de las fuentes de carbono, se agregó una medición con agua destilada (WAT) para obtener el valor de la respiración basal (RB). Los datos de absorbancia se convirtieron a concentración de CO₂ mediante una curva de calibración y luego se convirtieron en tasas de respiración (µg CO₂ -C g⁻¹ suelo seco h⁻¹) utilizando la fórmula proporcionada en el manual técnico del MicroResp™ (Cameron, 2007).

Tabla 4. Fuentes de Carbono utilizadas en el estudio.

Grupo	Fuente de Carbono	Identificación
Ác. Carboxílico	Ác. Oxálico	OXA
	Alfa ketoglutarato	AKG
	Ác. Cítrico	CIT
	Ác. Málico	MAL
Azucares	Arabinosa	ARA
	Fructosa	FRU
	Glucosa	GLU
Aminoácidos	Arginina	ARG
	Cisteína	CYS
	Lisina	LYS
	N-Acetil-alfa-D-glucosamina	NAG
Agua	Agua	WAT

Como componente biológico se utilizará la respiración basal (RB), la cual reflejará la cantidad de biomasa microbiana presente. La respiración inducida por múltiples sustratos (MSIR) se calculó como la suma de todas las actividades de respiración por muestra, representando la capacidad funcional microbiana total (Moscatelli et al., 2018; Yu et al., 2016). Finalmente, como parte de la evaluación de la diversidad funcional microbiana se calculó el índice de diversidad de Shannon, definido por Shannon y Weaver (1949) como:

$$H' = - \sum p_i * \ln$$

donde p_i es la relación entre la tasa de respiración de cada sustrato C y la suma de todos los sustratos. El índice de diversidad de Shannon está relacionado con la entropía de un sistema y cuando se aplica como una medida de la entropía de las funciones microbianas, puede expresar la heterogeneidad orgánica del suelo o de las capacidades de los organismos para usar los diferentes sustratos (Marinari et al., 2013; Loinaz et al., 2008).

2.5. Contenido de Carbono orgánico en el suelo

Para calcular el contenido de carbono orgánico del suelo por hectárea a 20 cm de profundidad se utilizó el porcentaje de carbono orgánico obtenido de las muestras junto a la densidad aparente (FAO, 2017). Para comparar los valores de carbono por sector fue necesario mantener una unidad de medida que nos permitiera estandarizar los contenidos. Para esto se ocupó el stock de carbono orgánico presente en cada predio, en base a la siguiente ecuación (Batjes, 1996 citado por Valkama, 2020):

$$SOC \text{ stock } (Mg/ha) = \sum SOC \text{ mg/mg} * DA \text{ (mg/m}^3) * VOL \text{ (m}^3/ha)$$

Donde SOC es el % de Carbono orgánico, DA es la densidad aparente del sitio y VOL el volumen de suelo de una hectárea a los 20 cm.

2.6. Análisis estadístico

Para los parámetros químicos y físicos, se verificó la distribución normal de los datos mediante una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas con una prueba de Levene (Hernández, 2021). Solo se cumplió la normalidad para los datos de pH y K disponible. En los casos en que no se cumplió con la normalidad de los datos se

utilizó la prueba de comparación no paramétrica de Wilcoxon y Kruskal-Wallis (Quispe et al., 2019). Para comparación de todos los parámetros físicos y químicos se usó un intervalo de confianza del 95% ($\alpha=0,05$). La caracterización general de los sitios, se inició con un análisis exploratorio de ordenamiento no supervisado NMDS para las variables físicas y químicas (N, P y K disponible; MO; pH; CE; C y N total; textura y DA). Esto con el fin de representar de manera espacial la distribución de los datos, buscando establecer patrones entre los sitios, para finalmente comparar los resultados mediante un Permanova con la prueba “ADONIS” del paquete *vegan* del programa RStudio, para determinar la influencia de los sitios, los sectores y la interacción entre estos en respuesta a las variables de suelo (Nell, s.f.). Mismo procedimiento se llevó a cabo con una aproximación de análisis de componentes principales (PCA) (Nell, s.f.), obteniendo resultados similares (anexo 3).

Para los datos obtenidos de contenido de carbono en el suelo, se establecieron dos formas de comparación, dado que los datos no presentaron normalidad según la prueba de Shapiro. Primero, se realizó una prueba de comparación entre la hilera y la entre hilera por cada sitio y el efecto total de los sitios con la prueba no paramétrica de Wilcox ($\alpha=0,05$). Y, por otro lado, se generó una transformación de los datos, de tipo logarítmica en base 10 y se compararon los datos bajo la prueba de t-Student ($\alpha=0,05$). Los resultados de estos tratamientos resultaron similares (anexo 3).

El tratamiento de los parámetros biológicos evaluados (respiración basal, suma de sustratos y el índice de Shannon) siguió el mismo criterio que lo realizado en los parámetros fisicoquímicos en cuanto a la normalidad y homocedasticidad de los datos. Dado que los indicadores no cumplieron con el criterio de normalidad, se realizó una comparación simple con las pruebas no paramétricas de Wilcox y Kruskal-Wallis entre sitios y sectores, teniendo como criterio un intervalo de confianza del 95% ($\alpha=0,05$). Finalmente, además de comprar estos parámetros e índices, se realizaron comparaciones por cada una de las fuentes de carbono utilizadas esto para los resultados tanto de tasas relativas como absolutas. Las fuentes de carbono también se agruparon en base a su clasificación y se compararon en base a pruebas no paramétricas de Wilcox y Kruskal-wallis. Todos los análisis estadísticos se realizaron en base al uso del programa estadístico RStudio (RStudio 4.0)

3. Resultados

3.1. Caracterización general de las variables fisicoquímicas de suelo:

El análisis PERMANOVA referente a este conjunto de datos muestran que existen diferencias significativas en cuanto a sitios ($R^2=0,61$ y $p=0,001$), sectores ($R^2=0,05$ y $p=0,005$) y a la interacción entre estos ($R^2=0,07$ y $p=0,017$) cuando se analizan las variables físicas y químicas del suelo (anexo 3). Estos resultados nos indican que existe influencia de las características específicas de las localidades en la respuesta de las variables evaluadas. Las variables físico químicas evaluadas muestran que exististe diferencias de textura y la densidad aparente. Por otro lado, también existen diferencias en cuanto a los sectores y la interacción entre sitio y sector.

La figura 3 muestra el ordenamiento según el análisis de NMDS de los sitios evaluados (CB, LP, LR y TT) con relación a las variables físicas y químicas de suelo (textura, da, N, P y K disponible, C y N totales, S extractable, Ph, CE, COS y MO) que presenta cada uno. Los resultados de este análisis nos muestran que los sitios mantienen tendencias particulares en cuanto a su distribución espacial, además. Específicamente, el sitio CB (en celeste) se aleja del resto de los predios con respecto al eje de coordenadas 2 y presenta una alta variabilidad dentro del mismo (intrapredial). Esto último representado por baja agrupación entre sus puntos de muestreo.

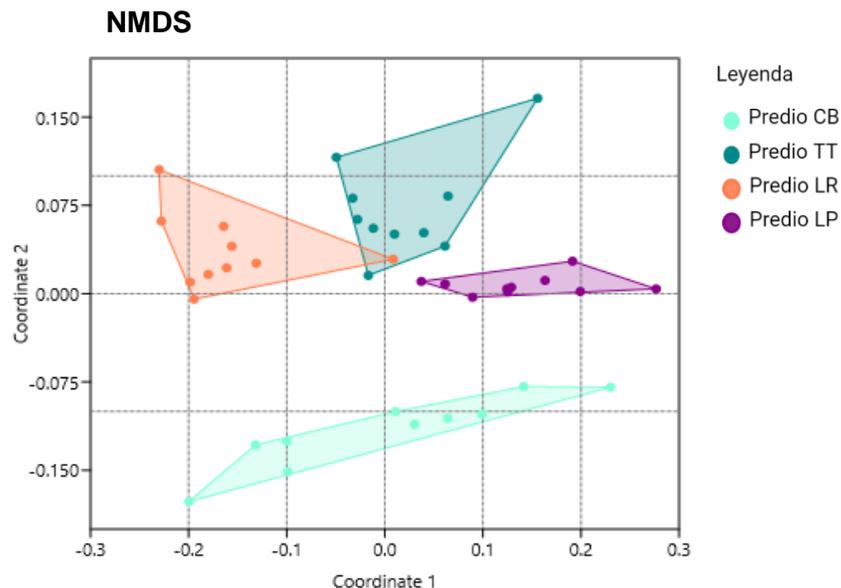


Figura 4. Gráfico análisis de NMDS de variabilidad espacial de parámetros físicos y químicos. Los puntos representan los promedios de las variables por sitio y los colores diferencian los predios CB, LR, LP y TT.

3.2. Comparaciones variables fisicoquímicas de suelo entre hileras

Los valores promedio de las variables químicas de pH, Conductividad eléctrica (CE), contenidos de materia orgánica y fertilidad general (N, P y K disponible) por cuartel y sector de muestreo entre la hilera y la entre hilera, en cada sitio evaluado, se presentan en la tabla 5. Las comparaciones de los manejos por hilera muestran diferencias significativas en variables físicas y químicas específicas para cada sitio. El pH presentó diferencias entre los sectores de hilera y entre hilera en el sitio LP ($p=0.01$) y en la conductividad eléctrica en el predio CB ($p=0.05$). Los niveles de N, P y K disponible se encontraron en mayor proporción en los sectores de la entre hilera (EH) en todos los cuarteles evaluados, sin embargo, solo hubo diferencias significativas entre sectores para N y P disponible en el predio Las Palmeras (LP) ($p= 0.03$ y $p= 0.04$) y K disponible en el predio Casablanca (CB) ($p=0.01$). La materia orgánica (MO) y el carbono orgánico (COS) tienen diferencias significativas ($p= 0.04$ y $p= 0.03$) en el predio de LP, no así en el resto de los sitios. Se observaron diferencias significativas entre SH y EH en el carbono total en todos los sitios ($p<0.05$). Los sitios TT y LP presentan los valores más altos de C y N total (2,48% y 0.21% respectivamente), siendo esto concordante con los resultados obtenidos de materia orgánica. Por otro lado, de los parámetros físicos, el único sitio que presentó diferencias significativas en la densidad aparente fue el predio Las Palmeras ($p=0.02$).

Tabla 5. Promedio y desviación estándar (entre paréntesis) de las variables físicas y químicas por sitio (CB, LP, LR, TT) y sector (SH y EH); el p<0.05 (en negrita) implica diferencias significativas entre sectores en un mismo cuartel.

Parametros Suelo	Sector	CB			LP			LR			TT		
		SH	EH	p-value	SH	EH	p-value	SH	EH	p-value	SH	EH	p-value
Químicos													
pH susp	-	6.11 (±0.45)	5.89 (±0.13)	0.65	6.42 (±0.2)	5.96 (±0.17)	0.01	6.42 (±0.13)	6.41 (±0.21)	0.91	5.97 (±0.22)	5.77 (±0.26)	0.20
CE	mS/cm	0.13(± 0.05)	0.18 (± 0.02)	0.05	0.11 (±0.03)	0.10 (±0.01)	0.32	0.1 (±0.02)	0.1 (±0.01)	1	0.23 (±0.12)	0.13 (±0.02)	0.07
COS	%	0.95 (± 0.11)	1.31 (± 0.43)	0.11	1.97 (±0.28)	2.36 (±0.16)	0.04	1.11 (±0.33)	1.4 (±0.3)	0.20	2.09 (±0.16)	2.11 (±0.11)	0.91
MO	%	1.85 (± 0.38)	2.26 (± 0.01)	0.34	3.43 (±0.41)	4.04 (±0.33)	0.03	2.02 (±0.51)	2.59 (±0.49)	0.09	3.59 (±0.28)	3.63 (±0.01)	0.59
N disp	mg/kg	20.6 (± 13)	30.2 (±15.6)	0.88	12.8 (±4.09)	18.6 (±4.28)	0.03	23.6 (±12.4)	30 (±8.49)	0.54	44.4 (±0.28)	35.2 (±10.7)	1
P Olsen	mg/kg	63.2 (± 17.4)	70.0 (± 9.67)	0.46	56.2 (±10.5)	73.6 (±7.7)	0.04	24.6 (±6.8)	35.2 (±11.3)	0.17	29.8 (±3.4)	36.8 (±3.4)	0.04
K disp	mg/kg	256 (± 57.1)	498.4 (±120)	0.01	521.6 (±80)	558.(±64.6)	0.30	204.4 (±25.8)	232.2 (±80)	0.99	379 (±81)	383 (±46.5)	0.84
S ext	mg/kg	24.6 (±20.4)	33.7 (±7.22)	0.45	14.9 (±6.87)	19.6 (±15.1)	0.84	18.28 (±5.37)	15.6 (±1.85)	0.46	72.8 (±73)	21.2 (±5.41)	0.03
N total	%	0.15 (±0.02)	0.18 (±0.04)	0.51	0.17 (±0.01)	0.21 (±0.01)	0.09	0.11 (±0.01)	0.15 (±0.04)	0.42	0.21 (±0.02)	0.20 (±0.01)	1
C total	%	1.36 (±0.18)	1.7 (±0.41)	0.04	1.94 (±0.18)	2.42 (±0.19)	0.01	1.12 (±0.14)	1.61 (±0.55)	0.02	2.12 (±0.15)	1.97 (±0.06)	0.04
C/N	-	8.82 (±0.6)	9.43 (±0.64)	0.29	11.24 (±0.45)	11.7 (±0.27)	0.05	10.01 (±0.5)	10.77 (±0.9)	0.20	10.3 (±0.37)	10.1 (±0.29)	0.59
Físicos													
DA	g/cm3	1.6 (±0.07)	1.62 (±0.08)	0.73	1.48 (±0.11)	1.62 (±0.04)	0.02	1.32 (±0.04)	1.42 (±0.11)	0.16	1.36 (±0.09)	1.5 (±0.16)	0.08
Arcilla	%	8.98 (±4.53)	5.99 (±1.36)	0.36	21.38 (±4.11)	19.9 (±0.89)	0.48	10.85 (±2.29)	12.38 (±2.85)	0.20	24.5 (±1.12)	26.5 (±2.85)	0.69
Limo	%	14.3 (±4.55)	15.97 (±2.85)	0.67	44.83 (±8.06)	47.9 (±4.09)	1	31.29 (±3.44)	30.59 (±3.55)	0.63	41.18 (±4.94)	32.6 (±5.76)	0.91
Arena	%	76.4 (±4.41)	78.04 (±3.24)	0.75	33.8 (±4.61)	32.1 (±3.27)	0.91	57.86 (±5.18)	57.04 (±5.57)	0.63	34.33 (±4.57)	40.8 (±7.29)	0.91

COS: Carbono orgánico, CE: Conductividad eléctrica, MO: Materia orgánica, N: Nitrógeno, P: Fosforo, K: Potasio, C: Carbono, DA: Densidad aparente

3.3. Estimación de contenidos de Carbono Orgánico del suelo:

Los contenidos de carbono orgánico en el suelo en los sitios bajo manejo orgánico a 20 cm de profundidad estuvieron entre 23 tonC ha⁻¹ y 80 tonC ha⁻¹, presentando una alta variabilidad entre los sitios, esto último muy importante en el sector EH de CB (Figura 5 y Tabla 6). El sitio de las Palmeras (LP) presenta los rangos más altos de carbono en el suelo con un promedio de 57,7 tonC ha⁻¹ en SH y 75,4 tonC ha⁻¹ en EH.

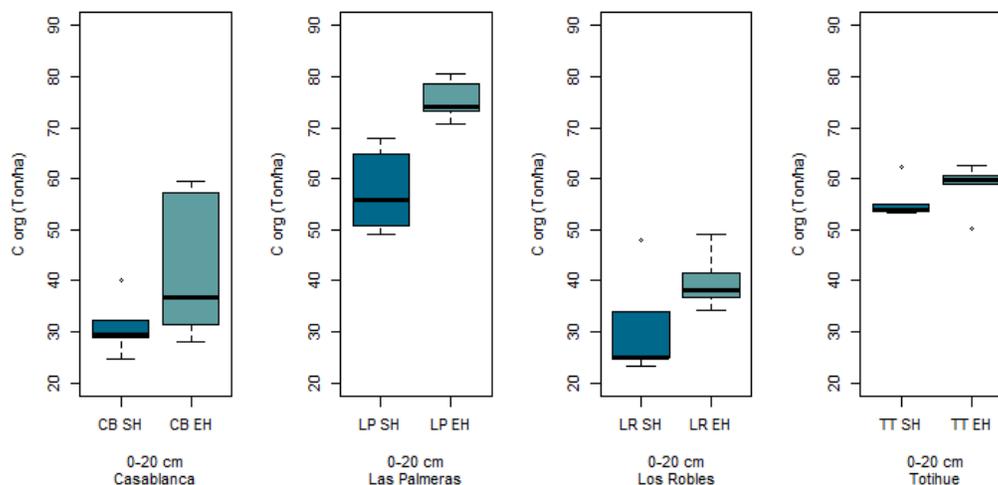


Figura 5. Gráficos de cajas del Stock de carbono orgánico en toneladas por hectárea (ton/ha) por sitios (predios) y sector (SH y EH) evaluado. Las líneas negras ubicadas dentro de las cajas representan la mediana de los datos.

Con respecto al promedio y distribución de los datos, se puede observar que existe una tendencia de mayor acumulación de carbono orgánico en los sectores de la EH en todos los sitios evaluados. Solo se encontraron diferencias significativas entre SH y EH en el predio LP ($P < 0.05$) (Figura 5 y tabla 6)

Tabla 6. Resultados promedio del contenido de carbono orgánico en el suelo a los 20 cm y su desviación estándar (paréntesis) de los predios CB, LP, LR y TT en sobre hilera (SH) y entre hilera (EH) y los sitios de referencia seminatural asociados a la localidad (R). Las diferencias significativas se indican con un * ($p > 0,05$).

Sitio	Contenido de Carbono del suelo (tonC*ha-1)		
	SH	EH	R

CB	31.04 (± 5.67)	42.56 (± 14.78)	84.86 (± 10.3)
LP	57.70 (± 8.34)	75.46 (± 4.03)	86.14 (± 15.9)
LR	31.04 (± 10.41)	39.9 (± 5.8)	86.14 (± 15.9)
TT	55.54 (± 3.78)	58.4 (± 4.84)	100.1 (± 16.32)
Promedio	43.83 (± 14.83)	54.08 (± 16.5)	90.36 (± 15.18)
Diferencias			
Sitio	SH x EH	SH x R	EH x R
CB	ns	*	*
LP	*	*	*
LR	ns	*	*
TT	ns	*	*
Promedio	*	*	*

ns: sin diferencias significativas bajo la prueba de Wilcoxon con Alpha=0.05

Con respecto a las diferencias en los contenidos de carbono encontrados en las muestras a 20 cm de profundidad entre los sitios productivos y los sitios de referencia, se observa mayor presencia de carbono en los sitios no cultivados (R), los que son significativamente diferentes ($p < 0.05$) a las concentraciones encontradas en los sitios cultivados. Cabe destacar, que no se vieron diferencias significativas en el stock de COS entre los sitios de referencia, mostrando que, a lo largo del gradiente, los sitios no cultivados tienden a ser más similares (figura 5).

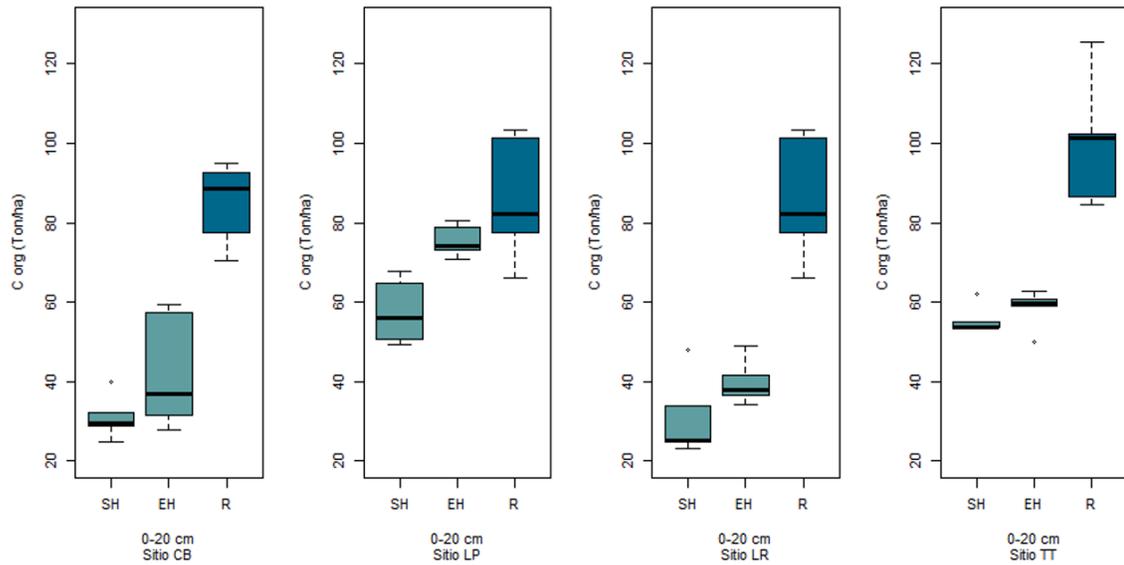


Figura 6. Gráficos de cajas del contenido de carbono orgánico en toneladas por hectárea (ton/ha) en los predios diferenciando hilera (SH), sobre hilera (EH) y sitio de referencia correspondiente (R). Las líneas negras ubicadas dentro de las cajas representan la mediana de los datos.

3.4. Diversidad funcional microbiana

La figura 7 muestra el ordenamiento de los sitios según el análisis de NMDS con relación a la respuesta de respiración por tipo de fuente para todos los suelos evaluados y los parámetros biológicos sintetizados (CB, LP, LR y TT). Podemos observar que en general los sitios tienden a agruparse en la zona central del gráfico, sin diferencias entre ellos. El análisis PERMANOVA indica que existen diferencias significativas solo para el factor sitio ($R^2=0.23$ y $p=0.001$). En relación a esto, las comparaciones post hoc indican que existen diferencia entre CB y los sectores LP y TT.

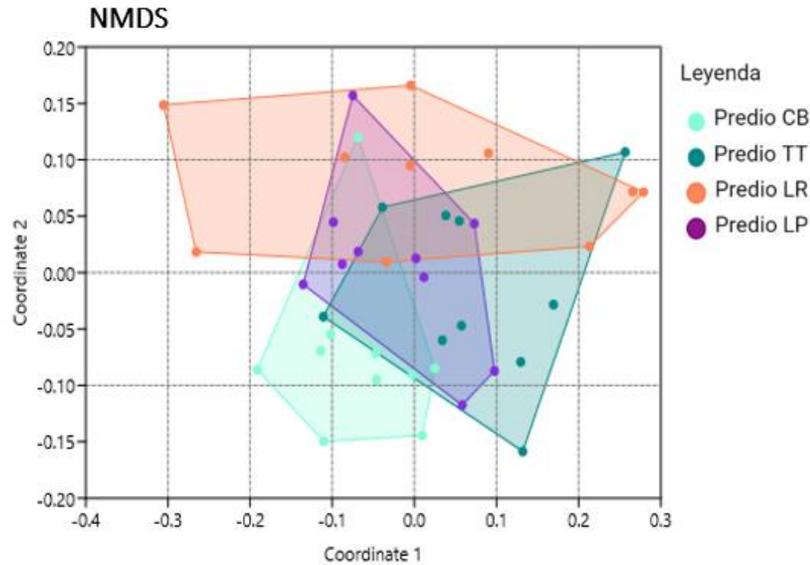


Figura 7. Gráfico análisis de NMS del perfil funcional microbiano. Los puntos representan los promedios de respiración de las fuentes de carbono ocupadas en Microresp y los colores diferencian los predios.

La tabla 7 muestra las diferencias entre hileras, de los indicadores biológicos RB, MSIR y H', los cuales no presentaron diferencias significativas entre los sectores en ninguno de los sitios evaluados (tabla 7). Con respecto a los resultados de respiración por tipo de fuente, solo se encontró diferencias significativas entre SH y EH en la respiración del ácido cítrico en el sitio TT ($p= 0.03$). El resto de las fuentes no presentó diferencias entre los sectores SH y EH (anexo 1).

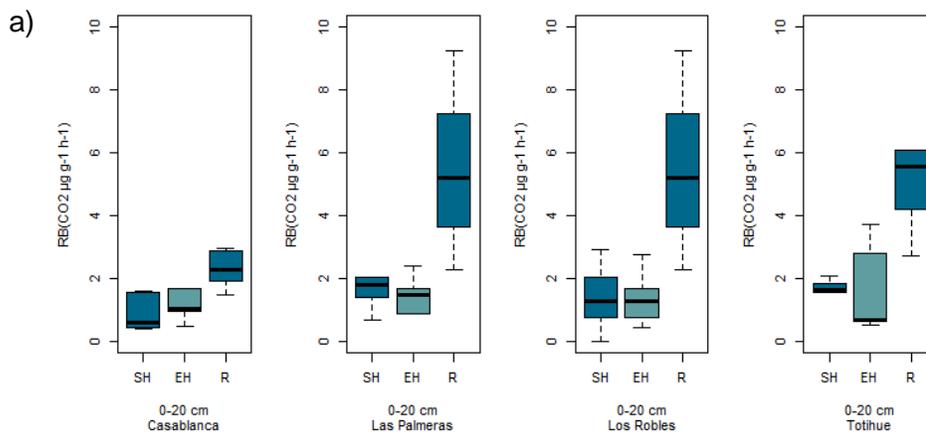
Con respecto a los índices biológicos del suelo, la menor biomasa microbiana y capacidad funcional se encontró en el predio CB, dado que presenta la menor tasa de respiración basal y de la suma de sustratos. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los sitios cultivados ($P>0.05$). Ningún sitio presentó diferencias entre los sectores de hilera y entre hilera en la respiración basal, la suma de sustratos y el índice de Shannon. Finalmente, no se encontraron diferencias significativas entre el promedio general de los sitios en estos parámetros (anexo 2).

Tabla 7. Promedio de las variables biológicas RB, MSIR y H para los sitios productivos. Las diferencias significativas por sitio se presentan cuando $p<0.05$.

Análisis	RB	MSIR	H'
----------	----	------	----

Sitio	Sector	$(\mu\text{g CO}_2\text{-C g}^{-1} \text{ h}^{-1})$		$(\mu\text{g CO}_2\text{-C g}^{-1} \text{ h}^{-1})$		Media	P
		Media	P	Media	P		
CB	SH	0.91 (± 0.60)	0.25	26.73 (± 5.84)	0.75	2.05 (± 0.13)	0.46
	EH	1.38 (± 0.92)		27.91 (± 6.92)		2.10 (± 0.19)	
LP	SH	1.79 (± 0.88)	0.65	32.84 (± 6.13)	0.17	2.08 (± 0.11)	0.75
	EH	1.45 (± 0.63)		39.26 (± 8.33)		2.08 (± 0.19)	
LR	SH	1.39 (± 1.29)	0.09	43.83 (± 16.3)	0.08	1.97 (± 0.23)	0.46
	EH	1.37 (± 0.90)		61.51 (± 18.2)		2.03 (± 0.21)	
TT	SH	1.72 (± 0.22)	0.06	47.85 (± 18.8)	0.6	1.98 (± 0.20)	0.91
	EH	1.65 (± 1.49)		44.27 (± 10.8)		1.96 (± 0.20)	

Las comparaciones entre los sitios, sin considerar los sectores de SH y EH no mostraron diferencias significativas en las variables RB y H. Solo hubo diferencias en MSIR cuando se comparan CB y LR, presentando un p-value = 0.04 (anexo 2). Al comprar el sitio cultivado con sitio seminatural de vegetación leñosa, los resultados nos muestran que hay una mayor respiración basal (RB) y una ocupación mayor de las fuentes (MSIR) en los sitios no cultivados (figura 7a y 7b). Las pruebas estadísticas indicaron diferencias significativas entre los sitios cultivados y los sectores productivos en LP, LR y TT; sin embargo, el sitio de Casablanca no presento diferencias significativas en respiración basal con el sitio de referencia (anexo 2). Por otro lado, no se vieron diferencias significativas en la diversidad representado por el índice de Shannon (H') en ninguno de los sitios de referencia y los cultivados (figura7).



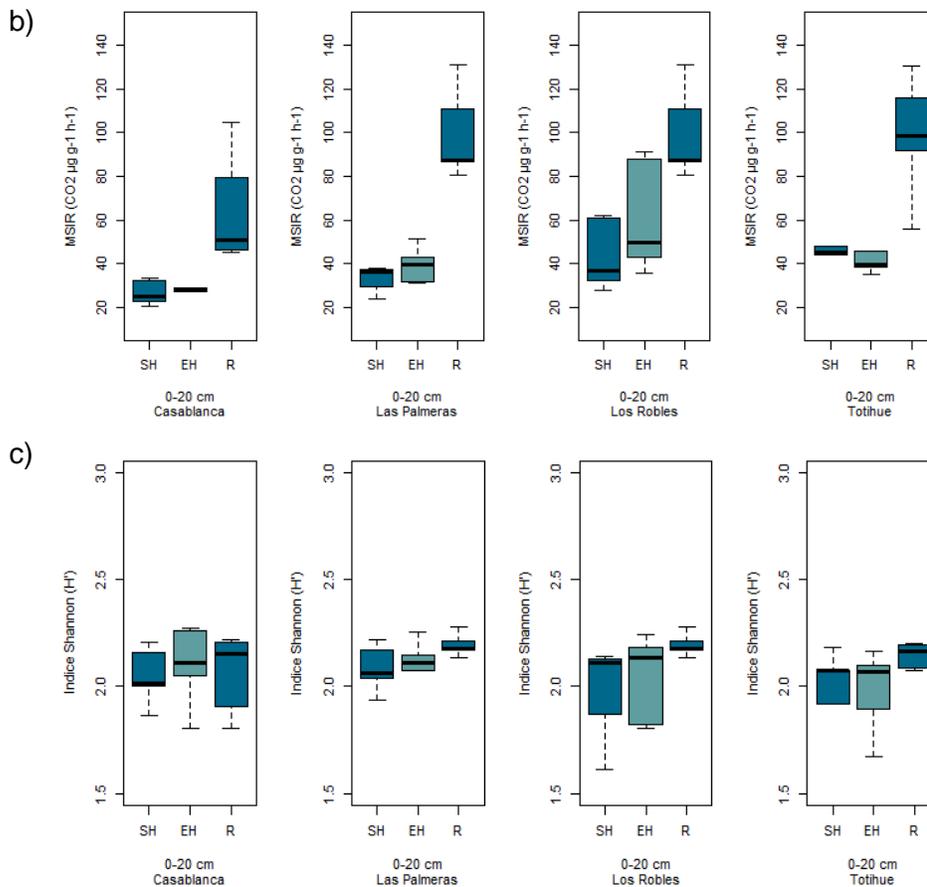
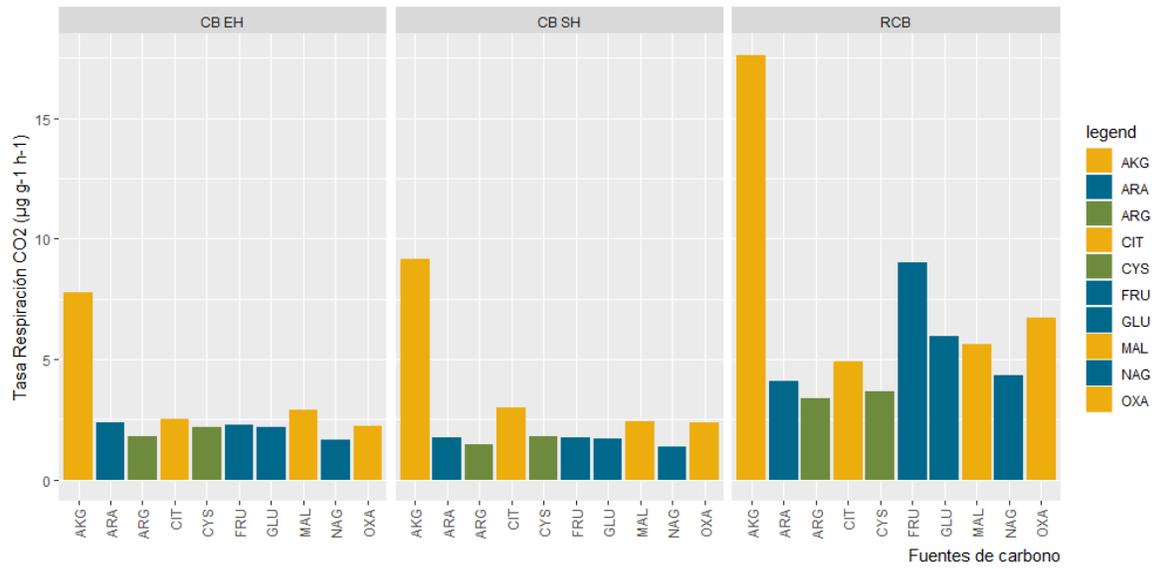


Figura 8. Variables biológicas diferenciadas por sitio (CB, LP, LR y TT) y sector (SH, EH y sitio de referencia seminatural (R)). En a) la respiración basal (RB), en b) la respiración inducida por sustrato múltiple (MSIR) y en c) el índice de Shannon, para cada sitio (línea horizontal dentro de la caja muestra la mediana).

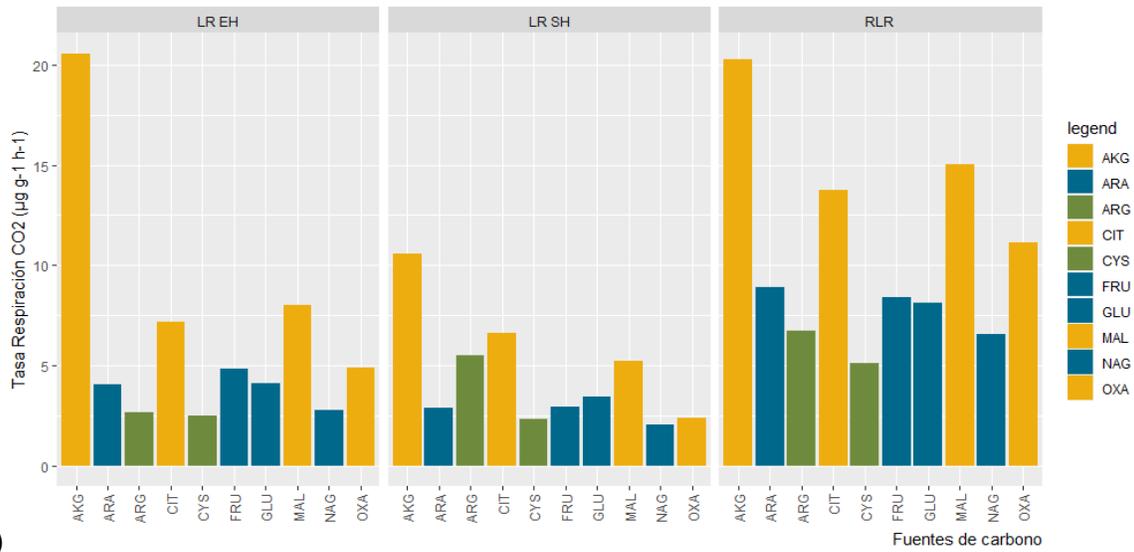
Los resultados por tipo de fuente de carbono en los sitios cultivados y de referencia se presentan en la figura 8. Estos datos nos revelan existe preferencia generalizada por los ácidos Carboxílicos (AKG, OXA, MAL, CIT), seguidos por los azúcares (GLU, FRU) y por último los grupos de aminoácidos (NAG, CYS, ARG) en todos los sitios. Esto determina un patrón de utilización de ácidos carboxilos>azúcares>aminoácidos.

El conjunto de datos muestra que la fuente alfa-quetoglutarato es la más utilizada en todos los sitios, esto percible tanto en los datos de abundancia relativa como en la abundancia absoluta. En la porción relativa, los sitios tienden a comportarse de forma similar y no se vieron diferencias con los sitios de referencia, pero si existe una baja en el uso específico de AKG en sitios menos perturbados.

a)



b)



c)

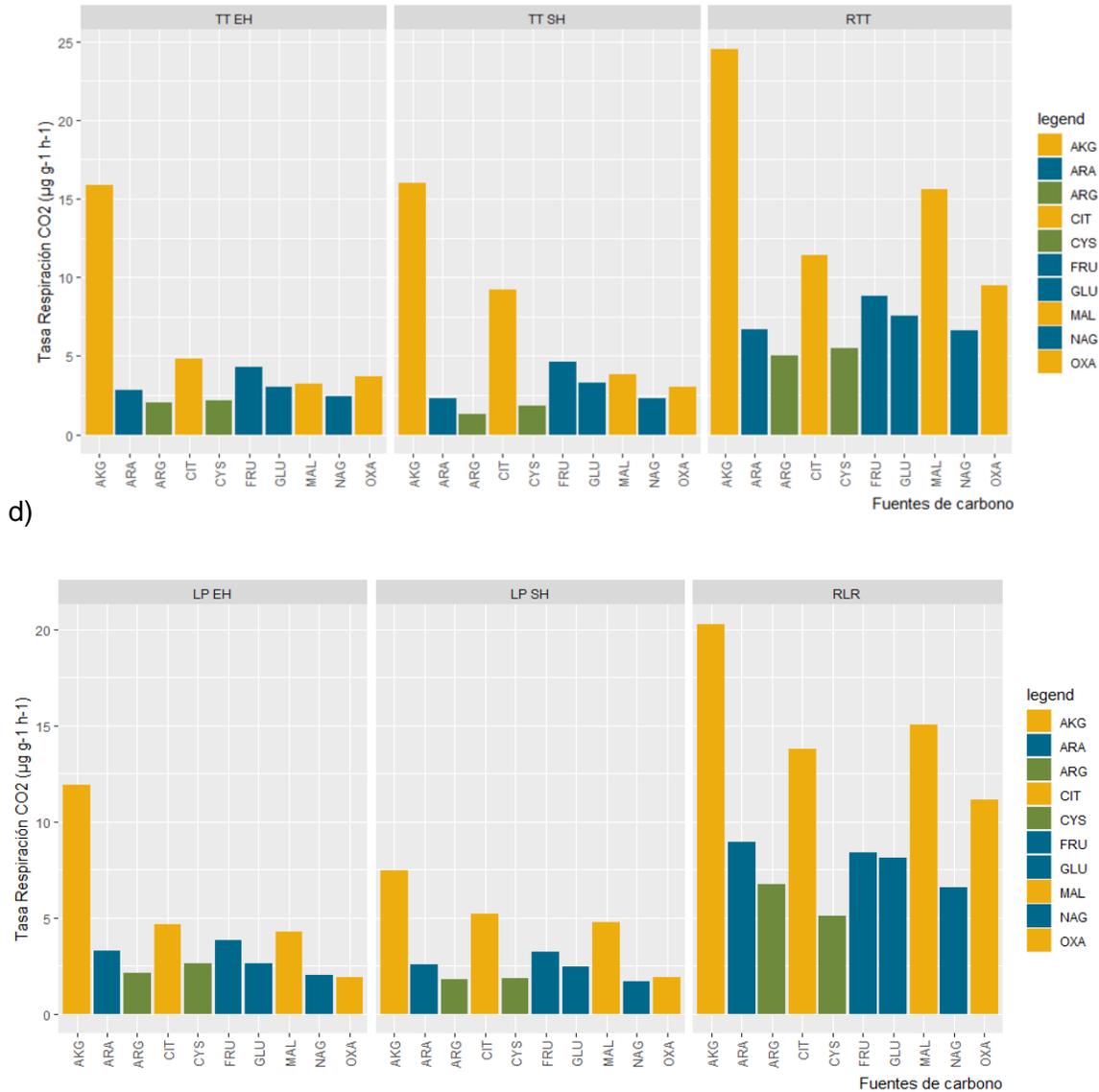


Figura 9. Gráficos de barra de la respiración por cada fuente de carbono evaluada para cada sitio productivo (CB, LP, LR, TT) y sector (SH, EH y sitio de referencia R). Se diferencian en amarillo las fuentes del grupo ácido carboxílico, en azul las azúcares y en verde los grupos amino.

Con respecto a las abundancias relativas por sitio, estas no presentaron diferencias entre los sitios cultivados y de referencia (anexo 5 y 6). Cuando se evaluó el promedio de los sitios cultivados (Sin distinción de EH y SH dada la inexistencia de diferencias significativas) y de los sitios de referencia seminaturales, tampoco se encontraron diferencias significativas (figura 10b).

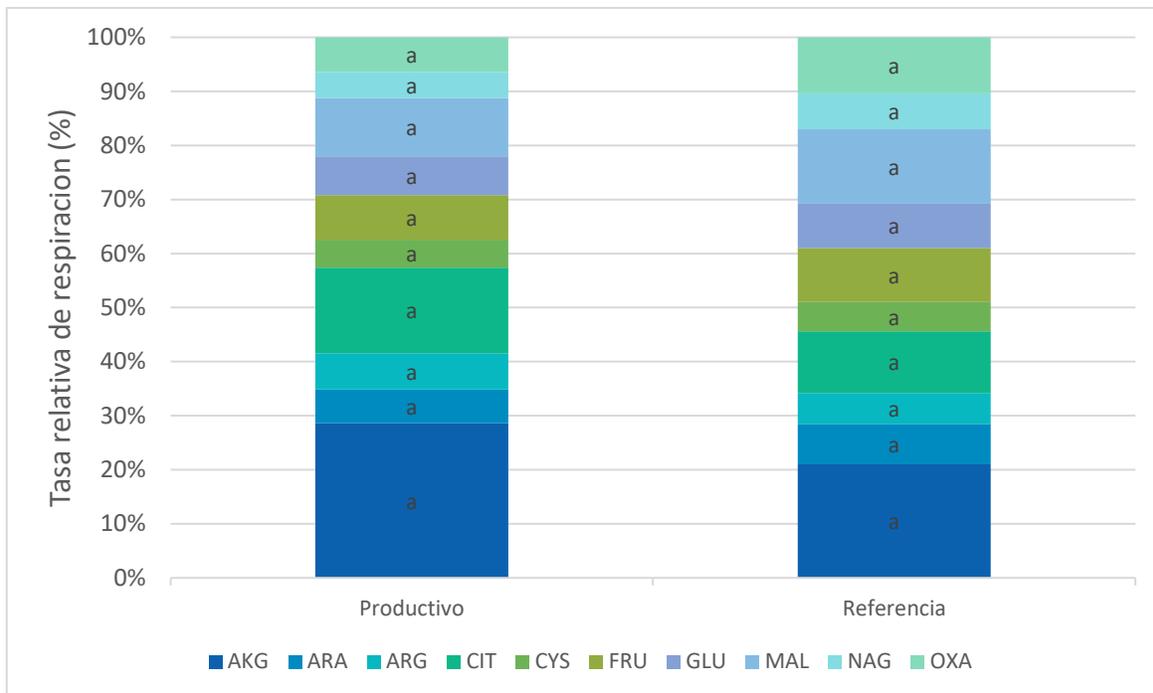


Figura 10. Gráfico de las tasas relativas de respiración por fuente de carbono. Letras distintas indican diferencias significativas entre los porcentajes de ocupación (Alpha= 0.05).

4. Discusión

4.1. Caracterización general del suelo

Los manejos orgánicos, se ha visto, que mejoran condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, dado que se busca y potencia la incorporación de material vegetal (compost, residuos de poda, etc.) en el perfil de suelo, aumentando así elementos importantes para la salud del suelo, como el carbono orgánico (Tamburini et al., 2020; Singh et al., 2018; Pfiffner y Balmer, 2011).. Los resultados de nuestro estudio muestran que existen diferencias entre los parámetros físicos y químicos de los suelos evaluados y que presentan una variabilidad según ubicación (sitio), tipo de suelo y manejos; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los parámetros biológicos medidos, lo que podría estar indicando que los manejos y prácticas adoptadas dentro de los sitios tienen una gran influencia con respecto a esta variable (Probst et al., 2008).

Las diferencias físicas y químicas encontradas fueron las esperadas, dada las diferencias entre las zonas geográficas donde se ubican los sitios. Se encontraron diferencias principalmente en la textura y los contenidos de nitrógeno y carbono orgánico. De los parámetros físicos podemos destacar el sitio de Casablanca, con mayores contenidos de arena y densidad aparente (76% y 1.6 g/cm³ respectivamente) y TT con los mayores contenidos de arcilla (25%) y menor densidad aparente (1.4 g/cm³) en promedio. Dentro de los resultados del análisis de variabilidad el predio de CB fue el principal gatillador de las diferencias significativas entre los sitios, dado que se encuentra en condiciones edafoclimáticas muy diferentes al resto de los predios. De los parámetros químicos, los rangos de materia orgánica se mantuvieron entre 1.8% y 4%, encontrando los mayores porcentajes en los sitios LP y TT. Con respecto a este último, se espera que fuera mayor dado que el manejo de tipo orgánico que se efectúan actualmente en los sitios evaluados y el uso de cubiertas vegetales en base a leguminosas y gramíneas las cuales portan protección al suelo y acumulación de carbono a través de raíces y la fijación de nitrógeno (Rodríguez et al. 2019; Tuomisto et al., 2012; Luo et al., 2010).

Por otro lado, mirando lo que fue la evaluación de la hilera vs la entre hilera, se encontró que el nitrógeno disponible (N disp.), el fósforo (P-Olsen) y el carbono total (C total) fueron mayores en los sectores de la entre hilera. El nitrógeno disponible, específicamente, fue mayor en 3 de los 4 predios en el sector de la entre hilera y el C total fue mayor en todos los sitios evaluados. En un estudio realizado en la zona mediterránea de Chile donde se

evaluaron propiedades fisicoquímicas de suelos de viñedos bajo manejo convencional, mostró que las mayores diferencias y cambios desfavorables en las condiciones fisicoquímicas del suelo fueron encontradas en el sector superficial de la EH (Seguel et al, 2015), resultados similares a los reportados por Vega-Ávila et al. (2018) en un viñedo de la zona semiárida de argentina. Estos autores mencionan que las diferencias observadas aquí podrían deberse al manejo convencional de cultivos y el manejo de la entre hilera. Sin embargo, nuestros resultados muestran que elementos como el nitrógeno y el carbono son significativamente mayores en el sector de la EH lo que lo que indica que las acciones de manejo de la entre hilera que realizan las Viñas orgánicas podrían beneficiar algunos parámetros químicos del suelo. En la recopilación presentada por Abad et al. (2021) y los estudios de Mcgourty y Reganold (2016) y Ovalle et al. (2013) se pueden observar que en viñas donde existe este uso de cubiertas vegetales con leguminosas se observan mayores contenidos de nitrógeno y una mantención de elementos como el fósforo (P-Olsen), lo que podría explicar las diferencias encontradas en los sectores productivos de hilera y entre hilera del presente estudio.

4.2. Contenidos de Carbono orgánico en el suelo.

Con respecto al contenido de carbono orgánico, los resultados promedios se encontraron entre 31 y 75 tonC ha⁻¹, donde los sitios con mayor acumulación fueron LP y TT con 57,7 y 55,5 tonC ha⁻¹ promedio en el sector de la hilera y 75 y 58,4 tonC ha⁻¹ en la entre hilera respectivamente. En otros estudios donde se evalúan contenidos de carbono orgánico en el suelo en viñas de climas mediterráneos a una profundidad de entre 20 y 30 cm mostraron resultados similares (Rodriguez-Murillo, 2001 y Morande et al., 2018). Además en Brunori et al. (2016) reportan un contenido de 44 y 75 tonC ha⁻¹ promedio a 20 cm de profundidad en suelos de viñedos donde se comparan sistemas convencionales y manejo orgánico en zonas mediterráneas de Europa.

Los sitios CB y LR, presentaron menor promedio de acumulación de carbono que los otros sitios, incluso estando por debajo de lo reportado en otros estudios, no representando a los sistemas de tipo orgánico de climas mediterráneos. Podemos asociar, los bajos contenidos de COS en estos sitios con el tipo de textura que presentan. En ambos existe un alto porcentaje de arena dentro de su composición, con un promedio de 77% y 57% de arena respectivamente, en comparación con LP y TT (Sharestha y Lal, 2011). Por otro lado, estos sitios CB y LR en particular tienen una alta variabilidad en el carbono en EH y SH respectivamente. Estos datos son congruentes con otros estudios relacionados al carbono

orgánico del suelo, donde se documenta la gran variabilidad espacial del elemento en el suelo (Singh y Whelan, 2020; Wiesmeier et al., 2019; Singh et al., 2018 y Singh et al., 2017). Adicionalmente, el sitio CB presenta diferencias significativas entre los sitios, dado se encuentra en condiciones edafoclimáticas muy diferentes al resto, lo cual podría explicar la diferencia. Las condiciones de clima tipo semiárido y distinto origen pedogénico son factores influyentes dentro de los porcentajes de acumulación y degradación de carbono orgánico en el suelo (Alvarado-Fuentes et al., 2008; Dilustro et al., 2005; Loyal and Taylor, 1994).

Cuando miramos los resultados sobre el contenido de carbono orgánico en los sectores de la hilera y la entre hilera, esta evaluación nos muestra que existe una tendencia de mayor acumulación de carbono en la entre hilera en comparación con la hilera. En promedio, el contenido de la entre hilera fue 20% mayor, cuando se miran los datos sin distinción de sitio. Esta tendencia se puede asociar a los manejos orgánicos, junto a los cultivos de cobertera y la adición de residuos orgánicos en la entre hilera que se estarían implementando dentro de los predios evaluados (Tamburini et al., 2020; García et al., 2018, Vicente-Vicente et al., 2019). En 2 de los 4 los cuatro sitios se realizaron siembras de cultivos de cobertera entre las hileras de cultivos en la temporada 2019-2020 y se implementaron en todos sitios en la temporada 2018-2019 (tabla 2). Los cultivos de cubierta entre las líneas de cultivos son una estrategia que se ha estudiado como una forma efectiva para aumentar los niveles de COS en el suelo en zonas mediterráneas y es ampliamente ocupada en viñedos (Abad et al., 2021; Valkama et al., 2020; Adetuji et al., 2020; García et al., 2018 y Vicente-Vicente et al., 2016). Por otro lado, estudios de largo plazo han reportado que el aumento de los aportes de C al suelo a través de enmiendas generalmente resulta en el aumento de los contenidos totales, mejorando a su vez otros indicadores agronómicos como la estabilidad de agregados, el contenido de humedad del suelo, los contenidos de nitrógeno, el ciclaje de nutriente y la actividad microbiana en el suelo (Tamburini et al., 2020; Huang et al., 2020; Ruiz-Colmenero et al., 2013; Kallenbach y Grandy, 2011).

Sin embargo y a pesar de tener esta tendencia de acumulación entre los sectores de EH y SH, solo en el sitio LP se encontraron diferencias significativas para la hilera y entre hilera. En este estudio los sitios productivos, cuentan con incorporación de materia orgánica y uso de cultivos de entre hilera. Sin embargo, no se realizan prácticas de labranza de conservación. Se sabe, que las labores y movimiento de suelo están asociadas a pérdida de carbono orgánico, ya que rompe los agregados del suelo aumentando la aireación del

perfil (García-Franco et al., 2014), dejando más disponibles los elementos almacenados, creando mejores condiciones para la acción de microorganismos y con esto la mineralización del carbono (Alvarado-Fuentes et al., 2008; Plaza-Bonilla et al., 2013; Chen et al., 2018).

Otro punto importante que mencionar, es que dentro de los sitios de estudio existen diferencias no solo intrínsecas de suelo y clima, sino de condición de manejo. Si bien todos los sitios se encuentran bajo manejo orgánico, no todos tienen igual cantidad de aplicación de productos ya sea en fertilización, enmiendas, densidad de cubiertas vegetales e intensidad de laboreo dentro de la temporada, lo que podría estar influenciando los resultados sobre las diferencias entre los sitios y los parámetros medidos (tabla 2).

Los sitios no cultivados bajo vegetación nativa usados de referencia (R) tuvieron un contenido de carbono en el suelo mayor que los sitios cultivados en los primeros 20 cm, variando en promedio entre 84,8 y 100 tonC ha⁻¹. Resultados similares se obtuvieron en los estudios de Vega-Ávila et al. (2018) y Seguel et al. (2015) donde se compararon sitios productivos bajo manejo de viñas convencionales con sitios de vegetación nativa. Los resultados de Vega-Ávila et al. (2018) evidencian que existen diferencias entre los contenidos de carbono según la estación del año en que se realiza el muestreo (condiciones secas y lluviosas), lo que lleva a pensar que estos datos podrían eventualmente cambiar si se realizan muestreo en otras épocas del año (invierno). Podemos decir, en este caso, que los resultados de la temporada evaluada sugieren que los cambios en uso del suelo y las prácticas de manejo agrícola son factores de pérdida de carbono, mientras que los sitios con vegetación arbórea nativa presentan una mayor acumulación de este elemento, al menos en superficie (Seguel et al., 2015). Por otro lado, también es posible que los sitios de referencia den a conocer un posible potencial de captura o almacenamiento de C orgánico en el suelo; se puede ver que el sector productivo podría almacenar mucho más carbono del que presenta actualmente (Zhang et al., 2020).

4.3. Parámetros biológicos y perfil fisiológico microbiano.

Las variables biológicas de respiración basal (RB), capacidad funcional (MSIR) y diversidad (índice de Shannon) no presentaron diferencias significativas entre sitios o entre zonas de manejo (SH y EH). Probst et al. (2008), al comparar viñas bajo manejo orgánico y convencional encontraron que la respuesta biológica es mayor y más homogénea dentro de los sitios de manejo orgánico, y que las variables tiempo de manejo e historia previa del uso de la tierra son factores importantes al hacer comparaciones entre sitios.

Podemos observar que la variable tiempo o años de manejo no fue influyente en nuestra repuesta, dado que los resultados entre sitios no presentaron diferencias, a pesar de existir diferencias en los años de manejo orgánico (tabla 2) entre ellos. En Rutgers y et al. (2016) se menciona que para las variables biológicas lo más influyente es el manejo del suelo. Con esto, podríamos asumir que los manejos realizados dentro de los sitios permiten mantener una población y funcionalidad de microorganismos relativamente similar entre los sitios y sectores de hilera y entre hilera. Es también reportado en Nadal (2016), que la incorporación de residuos orgánicos (principalmente compost) tiene influencia en la cantidad y calidad de los microorganismos presentes, ya que estos vienen con una carga microbiana de base, lo que podría estar favoreciendo a la diversidad funcional (tipo de organismos presentes) dentro de los sitios.

Con respecto a la respiración basal (RB), en los sitios cultivados, esta varió entre $0,91 \mu\text{g CO}_2\text{-C g}^{-1} \text{h}^{-1}$ y $1,79 \mu\text{g CO}_2\text{-C g}^{-1} \text{h}^{-1}$ encontrando los valores más altos en el sitio LP, en el sector EH, y los más bajos en CB en el sector de la SH. Sin embargo, las diferencias entre los sitios fueron significativas. En el estudio de Probst et al. (2008) se encontraron parámetros de respiración basales similares en sitios bajo condiciones de manejo orgánico, pero en comparación con otros trabajos estos datos son un poco bajos (Creamer et al., 2016; Bongiorno et al., 2020). Sabemos que estas variables son muy sensibles a los manejos agrícolas, dado que estos generalmente interfieren con los mecanismos de acción y el hábitat de los microorganismos, comprometiendo su sobrevivencia (INFOAM, 2005; Pfiffner y Balmer, 2011). En sistemas de manejo orgánico se ha visto que hay mejora de la abundancia y la actividad microbiana total de los suelos (Lori et al., 2017; INFOAM, 2005) y que cuando se combinan con prácticas de conservación de suelo, esto es aún mayor (Muhammad et al., 2021; Coleman y Wall, 2015; Torres et al., 2015; Zhen et al., 2014 y Geisseler y Scow, 2014).

Hay que considerar, dado los bajos valores en comparación a otros estudios, las perturbaciones que sufre el suelo bajo manejo agrícola, en especial en cuanto al uso de labranza, la cual puede modificar la diversidad microbiana (taxonómica y funcional), porque altera y desequilibra la abundancia y el reparto de las poblaciones presentes en el suelo (Bongiorno et al., 2020; Shade et al., 2012). Lo que sucede con el uso de la labranza es que al romper los agregados y generar condiciones menos favorables de hábitat, genera una disminución de la biodiversidad, dado que limita las especies que podemos encontrar en los sitios. Se ha visto, que la disminución de los agregados, y con esto de los macroporos

del suelo, favorecen a las poblaciones de bacterias en el suelo y se merman las comunidades de hongos que pueden establecerse dentro del sistema (Muhammad et al., 2021). Podemos agregar que, la labranza, además, disminuye las reservas de carbono del suelo, lo cual genera a la larga una disminución de microorganismos por falta de fuentes de energía disponible en el suelo (Bending et al., 2002).

Además de la respiración basal, la incorporación de la medición de respiración de diversas fuentes de carbono se utiliza para medir el perfil fisiológico comunitario microbiano, lo que da una visión sobre la funcionalidad del sistema (Cheng-yu et al., 2018; Manoharan et al., 2017; Creamer et al., 2016; Wu et al., 2014). Los resultados sobre la respiración de cada una de las fuentes de carbono están fuertemente marcados por el consumo de los ácidos carboxílicos, puntualmente al ácido alfa-cetoglutarico (figura 9) en todos los sitios. Estos resultados se pueden observar cuando se ven tanto la respuesta de respiración absoluta como relativa, es decir, en los datos promedio de respiración como en los datos de proporción en porcentaje (anexo 2). Estos resultados son similares a los encontrados en el estudio de Bongiorno et al. (2020), Moscatelli et al. (2018) y Lagomarsino, et al. (2011) donde se compara la diversidad funcional microbiana bajo diversas intensidades de manejo de labranza. Estos estudios encontraron que sistemas con labranza convencional presentan mayores consumos de ácidos carboxílicos, en especial el ácido alfa-cetoglutarato, en comparación con sistemas de labranza de conservación o sistemas de cero labranza. Se reporta también, que existe una mayor utilización de ácidos carboxílicos en sistemas bajo manejo intensivos, es decir, campos arables en comparación con bosques y pastizales (Creamer et al., 2016; Rutgers et al., 2016). Según lo descrito por Canarini et al. (2019), los ácidos orgánicos (carboxílicos) representan uno de los metabolitos clave presentes en los exudados de las raíces, y son liberados en el suelo por plantas y microbios en ambientes estresados para la adquisición de nutrientes, defensa de la toxicidad y atracción de organismos benéficos, mientras que están menos asociados con la descomposición de materia orgánica (Sharma et al., 1998). Sin embargo, nuestro estudio no logro observar diferencias significativas en cuanto a la proporción de uso de fuentes de carbono entre los sistemas bajo manejo agrícola y los sitios de referencia naturales (anexo 2). En este sentido, podemos decir que, tenemos diferencias significativas en la magnitud de respiración por fuente, de todas las fuentes cuando se mira el sistema productivo completo y el sistema de referencia completo, pero no se encontraron diferencias en cuanto a la proporción general (o sea en la respiración relativa en porcentajes). Esto nos lleva a

suponer que ambos sistemas tienen grados similares de perturbación y que los sitios naturales sufren de estrés. Esto último podemos atribuirlo al constante paso del ganado, los incendios, la tala de arbustos y la sequía que se ha presentado en los últimos años a los espacios visitados.

Siguiendo con las comparaciones entre sitios cultivados y de áreas semi-naturales, en este estudio se encontraron diferencias significativas entre las variables biológicas de RB y MSIR entre los sitios, donde estos fueron mayores en los sitios de vegetación arbórea que en el bajo manejo orgánico. Esto se puede deber a la diferencia en la capacidad de degradación y diversidad de los organismos que tiene la comunidad (Sharma et al., 1998). También puede estar asociado a la cantidad de individuos presentes dentro del sitio (Nadal, 2016), dado que podemos observar dentro de la figura 9 que los sitios seminaturales tienen una respuesta mayor en las variables de RB, MSIR y también en la respiración referente a la glucosa, fuente de carbono que se puede traducir según Kandeler, (2015) en carbono microbiano a través de la ecuación usada en el método de fumigación de Anderson y Domsch (1978).

La diversidad, medida a través del índice de Shannon, nos muestra que los sitios de referencia y los sitios cultivados no presentaron diferencias significativas (anexo 2). Se puede deducir entonces que existen individuos capaces de ocupar las mismas fuentes de carbono, tanto en suelos bajo manejo orgánico como en suelos con área semi-natural de vegetación nativa. Lo que nos podría indicar que, los manejos aquí realizados, en función a la diversidad de microorganismos, podrían llegar a generar perfiles comunitarios similares, en términos de biodiversidad funcional, a los que se encuentran en los sectores seminaturales de referencia ocupados en este estudio. Viéndolo desde otra perspectiva, si bien la respuesta general de la ocupación de carbono de los sistemas agrícolas en comparación a los de los sistemas naturales es menor (figura 9), si se observan los resultados obtenidos en términos de proporción relativa utilizada de cada fuente de carbono entre sitios cultivados y sitios de referencia (figura 10), se puede ver que no existen diferencias entre estos sistemas, en cuanto a la diversidad de ocupación de fuentes, lo que nos lleva a los resultados de igualdad en el índice de Shannon. Sabemos, que las actividades agrícolas modifican la proporción, el tipo y la actividad de los microorganismos del suelo (Diacono y Montemurro, 2010). Por ejemplo, los fertilizantes químicos, tanto inorgánicos (tipo NPK) como orgánicos, influyen en la biomasa microbiana y en su actividad metabólica, generalmente incrementando el valor de estos parámetros (Geisseler y Scow,

2014). También, el uso de enmiendas orgánicas puede introducir microorganismos que alteren la composición y abundancia de estos (Nakatani et al., 2011). De esta forma, las proporciones de la utilización de fuentes y los tipos de organismos encontrados dentro de los sistemas bajo manejo agrícola orgánico podría estar ayudando a generar similitud en la diversidad funcional de estos sistemas.

Con estos resultados, podríamos concluir que el manejo orgánico, independiente del tipo de suelo presente, tiene un efecto positivo en la variabilidad biológica funcional del ecosistema del suelo. Esto porque los sitios con manejo orgánico son similares a los sitios donde se mantiene vegetación nativa en cuanto a la diversidad funcional cuando se mira la ocupación de diversas fuentes de carbono (lábilas). Sin embargo, es necesario, para tener un perfil completo de la comunidad y de la diversidad presente en los sitios, agregar otras fuentes de tipo fenólicas y polisacáridos, estas últimas comúnmente encontradas en sistemas más complejos, como lo son los sitios de referencia (Lagomarsino et al., 2011; Delgado-Baquerizo et al., 2016). Finalmente, en general mayores unidades de biomasa microbiana y ocupación de fuentes suelen estar aparejadas con una mayor redundancia funcional, es decir, con la capacidad que tiene un ecosistema de no perder una función gracias a que ésta es llevada a cabo por otro organismo distinto (Allison y Martiny, 2008). Precisamente esta cualidad conduce a una mayor posibilidad de que una población se mantenga estable frente a una perturbación (Nakatani et al., 2011; Griffiths y Philippot, 2013) lo que finalmente hace diferente el sistema natural, más allá de la biodiversidad funcional, al sistema bajo manejo.

5. Conclusiones

Los suelos bajo sistemas de manejo orgánico evaluados en el presente estudio presentan parámetros dentro de los rangos comunes descritos en literatura sobre evaluación de salud de suelos y reflejan la capacidad de sostener vegetación y la producción actual según los criterios de salud de suelo referentes a la materia orgánica. Nuestro estudio nos muestra diferencias entre los sitios y los sectores de la hilera y entre hilera en algunos parámetros de suelo evaluados, como el contenido de nitrógeno y el de carbono. Sin embargo, también nos muestra similitud en variables biológicas, estas muy sensibles a los manejos. Estos resultados no llevan a que las prácticas de manejo orgánicas y de conservación que se manejan dentro de los sitios podrían estar influenciando en las similitudes encontradas entre estos, a pesar de tener condiciones iniciales de clima y suelo diferentes.

. En general no se encontraron cantidades elevadas de carbono orgánico en el suelo, ni de respiración basal, ya que cuando se comparan con otros estudios no se encontraron grandes diferencias con sistemas agrícolas de tipo convencionales. Con respecto a esto, uno de los elementos importantes que se vislumbran dentro del manejo del suelo es la rotación constante de los suelos con la incorporación de labranza para diversos manejos. Sabemos que los suelos presentes en el estudio están bajo la influencia además de las climáticas y de su origen, del manejo general que se realiza en estos sitios.

Por otro lado, los resultados de las condiciones biológicas indican que se genera una condición uniforme y es probable que la existencia de inputs orgánicos este generando que los sitios mantengan una funcionalidad diversa y similar entre ellos. Si bien originalmente se hubiese pensado que, debido a la variabilidad de los suelos y los manejos, todos los sitios presentarían rangos distintos en los parámetros biológicos, se ve que los inputs orgánicos están generando una condición similar entre los sitios. Lo que nos lleva a pensar que, sitios bajo manejo orgánico, independiente del tipo de suelo, tiene un efecto positivo en la variabilidad biológica del ecosistema del suelo y que además es similar a sitios donde se mantiene vegetación nativa. No obstante, Como parte importante del análisis biológico de los sitios, faltaría mirar la diversidad y riqueza de funcionalismo para complementar el perfil de funcionalidad. Por otro lado, se hace necesaria una evaluación más profunda de algunos parámetros específicos del suelo, especialmente en este contexto de producción orgánica, uno de estos es la evaluación de más parámetros biológicos que puedan dar luces de la biodiversidad y funcionalidad del sistema suelo. Para investigaciones futuras, el identificar los tipos de organismo presentes dentro de los sitios es una buena aproximación

para darle respuesta a funcionalidad y tipo de biodiversidad presente en el sitio, y ver si esta se asemeja a la de sitios más naturales o a sitios productivos de alta intensidad.

Sería importante, además, evaluar el cambio en el tiempo del carbono orgánico y el efecto del uso de coberteras y la incorporación de residuos orgánicos por separado, junto con un cambiando el uso de labranza, esto podría ayudar a identificar cuáles de las practicas aquí incorporadas están aportando a la captura de carbono en el suelo. Esto, último es relevante porque en términos de influencia, ya que no se sabe el efecto final que tienen las prácticas en específico dentro de estos sitios. Sabemos que la labranza en una práctica que en general provoca la inestabilidad y rompimiento de los agregados del suelo, por lo tanto, de la estructura de este mismo, generando mayor mineralización de elementos como el carbono y la pérdida de hábitad para microorganismos. No tenemos el dato específico de cuanto es lo que está afectando en este sistema en particular, y por lo tanto no tenemos certeza de la efectividad del resto de las practicas realizadas en los sitios, pero sabemos que la reducción de la labranza en sistemas orgánicos y de conservación tienen efectos positivos cuando se incorporan dentro de matrices agrícola (Tamburini et al., 2020)

Dentro de las consideraciones de la evaluación de carbono, también es importante agregar la fracción rocosa y los agregados del suelo dentro de los análisis para tener una aproximación más confiable de la real tasa de COS presente en los sitios y la época de muestreo, sería interesante ver los cambios que se generan en el perfil al comparar estaciones secas y lluviosas. Finalmente, los sitios de referencia nos dan luces de los que es posible acumular y generar dentro del sistema, ya que son sitios que tienen una perturbación menor en cuanto al manejo de suelo y que se podría aproximar a un ecosistema de referencia al cual apuntar.

6. Resumen

El desarrollo de viñedos orgánicos se ha planteado como alternativa para disminuir los impactos ambientales de la producción vitivinícola, especialmente al relacionado con el cuidado del suelo. Dentro de los parámetros relacionados a la condición del suelo están el contenido de carbono orgánico (COS) y la diversidad funcional de los microorganismos, esto debido a la relación de estos elementos con la capacidad de funcionamiento y resiliencia que tiene un suelo. El objetivo del estudio fue evaluar parámetros químicos, físicos y biológicos del suelo y estimar el contenido de carbono orgánico de cuatro cuarteles

vinícolas bajo manejo orgánico ubicados en la zona central de Chile con el fin de generar una caracterización general de los suelos dentro de estos sistemas. Para esto se tomaron muestras de suelo distinguiendo sectores de hilera y entre hilera para distinguir manejos y muestras de referencia en sitios adyacente seminaturales. Los resultados muestran una tendencia de mayor acumulación de COS en los sectores de entre hilera donde se manejan cultivos de cobertera, encontrando en promedio un 19% más de carbono en los sectores EH. Las variables biológicas RB y MSIR, no presentaron diferencias entre los sitios productivos y la diversidad funcional (H) además no presento referencia entre los sitios cultivados y seminaturales, independiente de las diferencias en las condiciones físicas y químicas encontradas en los suelos. Finalmente, se cree que los parámetros, en especial el contenido de COS y la diversidad del perfil microbiano, pueden estar relacionados a las prácticas agrícolas realizadas por las viñas orgánicas y que estos manejos están aportado al cuidado del mismo.

7. Bibliografía.

- Abad, J., Hermoso de Mendoza, I., 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. <https://doi.org/10.20870/oenone.2021.55.1.3599>
- Adetunji, T. A., Ncube, B., Mulidzi, R. y Lewu F. (2020) Management impact and benefit of cover crops on soil quality: A review. *Soil and Tillage Research*, Volume 204, 104717. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104717>.
- Aguilera, E, Lassaletta, A. Gattinger, B.S. y Gimeno (2013). Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: a meta-analysis *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 168, 25-36
- Allison, S.D. y Martiny, J.B.H. (2008). Resistance, resilience, and redundancy in microbial communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 11512-11519.
- Álvaro-Fuentes, J., López, M., Arrúe, J. y Cantero-Martínez, C. (2008). Management effects on soil carbon dioxide fluxes under semiarid Mediterranean conditions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 72 (2008), 194-200, 10.2136/sssaj2006.0310
- Álvaro-Fuentes, M., López, J., Arrue, D., Moret, K., y Paustian (2009). Tillage and cropping effects on soil organic carbon in Mediterranean semiarid agroecosystems: testing the Century model. *Agriculture, Ecosystems and Environment* ,134, pp. 211-217
- Anderson, J.P.E. y Domsch K.H. (1978). Mineralization of bacteria and fungi in chloroform-fumigated soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 10: 207-213
- Basile-Doelsch, I., Balesdent, J., y Pellerin, S. (2020). Reviews and syntheses: The mechanisms underlying carbon storage in soil. *Biogeosciences*, 17(21), 5223–5242. <https://doi.org/10.5194/bg-17-5223-2020>
- Bei, S., Zhang, Y., Li, T., Christie, P., Li, X., Zhang, J., 2018. Response of the soil microbial community to different fertilizer inputs in a wheat-maize rotation on a calcareous soil. *Agric. Ecosyst. Environ.* 260, 58–69. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.03.014>.
- Berard A, Ben Sassi M, Renault P y Gros R. (2012). Severe drought-induced community tolerance to heat wave. An experimental study on soil microbial processes. *Journal of Soils and Sediments*, 12, 513-518

- Blanco-Canqui, H., Mikha, M.M, Presley, D. R, y Claassen, M.M. (2011). Addition of cover crops enhances no-till potential for improving soil physical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 75, 1471-1482. DOI 10.2136/sssaj2010.0430
- Bodin, F., y Morlat, R. (2006a). Characterization of viticultural terroirs using a simple field model based on soil depth-I. Validation of the water supply regime, phenology and vine vigour, in the Anjou Vineyard (France). *Plant Soil*, 281, 37-54.
- Bodin, F., y Morlat, R. (2006b). Characterization of Viticultural Terroirs Using a Simple Field Model Based on Soil Depth-II. Validation of the Grape Yield and Berry Quality in the Anjou Vineyard (France). *Plant Soil*, 281, 55-69.
- Bongiorno, G., Bünemann, E. K., Brussaard, L., Mäder, P., Oguejiofor, C. U., y de Goede, R. G. M. (2020). Soil management intensity shifts microbial catabolic profiles across a range of European long-term field experiments. *Applied Soil Ecology*, 154, 103596. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103596>
- Brackin, R., Robinson, N., Lakshmanan, P., Schmidt, S. (2013.) Microbial function in adjacent subtropical forest and agricultural soil. *Soil Biol. Biochem.* 57, 68–77. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.07.015>.
- Braman, S., Tenuta, M., y Entz, M. H. (2016). Selected soil biological parameters measured in the 19th year of a long term organic-conventional comparison study in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 233, 343-351.
- Brevik E.C., Steffan J.J., Burgess L.C. y Cerdà A. (2017) Links Between Soil Security and the Influence of Soil on Human Health. In: Field D.J., Morgan C.L.S., McBratney A.B. (eds) *Global Soil Security. Progress in Soil Science.* Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43394-3_24
- Brunori, E., Farina, R., y Biasi, R. (2016). Sustainable viticulture: The carbon-sink function of the vineyard agro-ecosystem. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 223, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.012>
- Bünemann, E. K., Schwenke, G. D., y Van Zwieten, L. (2006). Impact of agricultural inputs on soil organisms - A review. *Australian Journal of Soil Research*, 44(4), 379–406. <https://doi.org/10.1071/SR05125>
- Cameron, C., 2007. *MicroResp Technical Manual - A Versatile Soil Respiration System.*

Macaulay Institute, Aberdeen, Scotland, UK.

- Campbell, C.D., Chapman, S.J., Cameron, C.M., Davidson, M.S., Potts, J.M., 2003. A rapid microtiter plate method to measure carbon dioxide evolved from carbon substrate amendments so as to determine the physiological profiles of soil microbial communities by using whole soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 69, 3593–3599 (1 doi:0.1128/AEM.69.6.3593-3599.2003).
- Chen, J., Wang, N., Deng, C. L, Q. Wang, H. Yu, W. Li (2018). Modeling the effects of farming management practices on soil organic carbon stock at a county-regional scale. *CATENA*, 160 (2018), pp. 76-89, 10.1016/j.catena.2017.09.006
- Cheng-yu, W., Li, Y., Yun-hang, G., Ai-zhen, L., Biao, S., Lan-po, Z., Shu-xia, L., 2018. Long-term effects of tillage practices on soil bacterial community abundance and metabolic diversity of black soil from Northeast China. *Int. J. Agric. Biol.* 20, 2753–2762. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0830>.
- Creamer, R. E., Stone, D., Berry, P., y Kuiper, I. (2016). Measuring respiration profiles of soil microbial communities across Europe using MicroResp™ method. *Applied Soil Ecology*, 97, 36–43. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.08.004>
- Diacono, M. y Montemurro, F. (2010). Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30: 401-422.
- di Castri, F., & Hajek, E. (1976). *Bioclimatología de Chile*. Santiago, Región Metropolitana, Chile: Ediciones de la Universidad Católica de Chile.
- Dilustro, J., Collins, B., Duincan, L. y Crawford, C. (2005). Moisture and soil texture effect on soil CO₂ efflux component in southeastern mixed pine forest. *Forest, Ecology and Management*. 204, 85-95.
- Françaviglia R., Di Bene C., Farina R., Salvati, L. y Vicente-Vicente, J. (2020). Assessing “4 per 1000” soil organic carbon storage rates under Mediterranean climate: a comprehensive data analysis.
- FAO. (2017). *Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto*. In Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación.
- Geisseler D y Scow KM. (2014). Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms? A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 75, 54-63.

- Gervois, P., Ciais, N., de Noblet-Ducoudré, N., Brisson, N., Vuichard, N. y Viovy, N. (2008) Carbon and water balance of European croplands throughout the 20th century. *Global Biogeochemical Cycles*, 22.
- Giraldo-Perez, P., Raw, V., Greven, M. y Goddard, M.R. (2021) A small effect of conservation agriculture on soil biodiversity that differs between biological kingdoms and geographic locations. *IScience*, Vol 24, 4. ISSN 2589-0042, <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102280>.
- Griffiths, B.S. y Philippot, L. (2013). Insights into the resistance and resilience of the soil microbial community. *FEMS Microbiology Reviews*, 37, 112-129
- Hernández, F. (2021). *Manual de R*.
- Hijbeek, R., Cormont, A., Hazeu, G., Bechini, L., Zavattaro, L., Janssen, B., ... y van Ittersum, M. K. (2017). Do farmers perceive a deficiency of soil organic matter? A European and farm level analysis. *Ecological Indicators*, 83, 390– 403. <https://doi-org.pucdechile.idm.oclc.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.023>
- Huang, Y., Ren, W., Grove, J., Poffenbarger, H., Jacobsen, K., Tao, B., Zhu, X., & McNear, D. (2020). Assessing synergistic effects of no-tillage and cover crops on soil carbon dynamics in a long-term maize cropping system under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 291(October 2019). <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108090>
- Kallenbach C. y Grandy, S. (2011). Controls over soil microbial biomass responses to carbon amendments in agricultural systems: A meta-analysis. *Agriculture Ecosystems & Environment* 144(1):241-252. DOI: 10.1016/j.agee.2011.08.020
- Kandeler, E. (2015). Chapter 7: Physiological and Biochemical Methods for Studying Soil Biota and Their Functions en Paul EA (Eds) *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry* (Fourth Edition). Pp 187-222. Academic Press, Boston
- Karlen, D.L., Andrews, S. y Doran, J.W (2001). Soil quality: Current concepts and applications. *Advances in Agronomy*- Academic Press, 74, 1-40.
- Keesstra, S. D., Bouma, J., Wallinga, J., Tiftonell, P., Smith, P., Cerdà, A., ... Fresco, L. O. (2016). The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals. *The Soil*, 2, 111– 128. <https://doi->

org.pucdechile.idm.oclc.org/10.5194/soil-2-111-2016

- Kucharski, J., Tomkiel, M., Bacmaga, M., Borowik, A., y Wyszowska, J. (2016). Enzyme activity and microorganisms diversity in soil contaminated with the Boreal 58 WG herbicide. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 51(7), 446-454.
- Lagomarsino, A., Benedatti, A., Marnanri, S. Pompili, L., Moscatelli, M.C., Roggero, P.P., Lai, R., Ledda, L., y Grego, S. (2011). Soil Organic C variabilitu and microbial functions in a Mediterranean agro-forest ecosystem. *Biol. Fertil. Soil*, 47 (3), 283-291.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304, 1623– 1627. <https://doi-org.pucdechile.idm.oclc.org/10.1126/science.1097396>
- Lal, R. (2014). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, vol. 123, pp. 1-22
- Lal, R., Smith, P., Jungkunst, H. F., Mitsch, W. J., Lehmann, J., Ramachandran Nair, P. K., McBratney, A. B., De Moraes Sá, J. C., Schneider, J., Zinn, Y. L., Skorupa, A. L. A., Zhang, H. L., Minasny, B., Srinivasrao, C., & Ravindranath, N. H. (2018). The carbon sequestration potential of terrestrial ecosystems. *Journal of Soil and Water Conservation*, 73(6), 145A-152A. <https://doi.org/10.2489/jswc.73.6.145A>
- Li, J., Nie, M., & Pendall, E. (2020). Soil physico-chemical properties are more important than microbial diversity and enzyme activity in controlling carbon and nitrogen stocks near Sydney, Australia. *Geoderma*, 366, 114201. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114201>
- Lloyd, J. y Taylor, J.A. (1994). On the temperature dependence of soil respiration. *Functional Ecology*, 8, 325-323
- Lorenz, K., Lal, R., & Ehlers, K. (2019). Soil organic carbon stock as an indicator for monitoring land and soil degradation in relation to United Nations' Sustainable Development Goals. *Land Degradation and Development*, 30(7), 824–838. <https://doi.org/10.1002/ldr.3270>
- Lori, M., Symnaczik, S., Mäder, P., De Deyn, G. y Gattinger, A. 2017. Organic farming enhances soil microbial abundance and activity—A meta-analysis and meta-regression. *PLoS ONE* 12(7): e0180442. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180442>

- Marinari, S. Bonifacio, E., Moscatelli, M.C., Falsone, G., Vittori Antisari, G. y Vianello, G. (2013). Soil development and microbial functional diversity: proposal for a methodological approach. *Geoderma*, 192, 437-445
- Manoharan, L., Kushwaha, S.K., Ahrén, D. y Hedlund, K. (2017). Agricultural land use determines functional genetic diversity of soil microbial communities. *Soil Biol. Biochem.* 115, 423–432. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.09.011>.
- McGourty, G. T., y Reganold, J. P. (2016). Managing Vineyard Soil Organic Matter with Cover Crops. *Soil Environment and Vine Mineral Nutrition*. ResearchGate, (January 2005), 145–151.
- Moscatelli, M. C., Secondi, L., Marabottini, R., Papp, R., Stazi, S. R., Mania, E., & Marinari, S. (2018). Assessment of soil microbial functional diversity: land use and soil properties affect CLPP-MicroResp and enzymes responses. *Pedobiologia*, 66, 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2018.01.001>
- Martínez-García, L.B., Korthals, G., Brussaard, L., Jørgensen, H.B., De Deyn, G.B., 2018. Organic management and cover crop species steer soil microbial community structure and functionality along with soil organic matter properties. *Agric. Ecosyst. Environ.* 263, 7–17. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.018>.
- Morande, J.A., M.G Vaght, J.N., Williams, J. Medellin-Azuara J.H. (2018). Carbon inventory and annual increment analysis of vineyard blocks and adjoining wildlands of Bonterra Organic Vineyards. Pacific Agroecology LLC Project Report, Davis, CA 25 ppd.
- Muhammad, I., Wang, J., Sainju, U. M., Zhang, S., Zhao, F. y Khan, F. (2021). Cover cropping enhances soil microbial biomass and affects microbial community structure: A meta-analysis. *Geoderma*, 381, 114696. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114696>.
- Muñoz-Rojas, M., Erickson, T. E., Dixon, K. W., & Merritt, D. J. (2016). Soil quality indicators to assess functionality of restored soils in degraded semiarid ecosystems. *Restoration Ecology*, 24(August), S43–S52. <https://doi.org/10.1111/rec.12368>
- Muñoz-Rojas, M.(2018). Soil quality indicators: critical tools in ecosystem restoration. *Curr. Opin. Environ. Sci. Health*, 5, 47–52.
- Murugan, R., Loges, R., Taube, F., Sradnick, A. y Joergensen, R. (2014). Changes in soil

microbial biomass and residual indices as ecological indicators of land use change in temperate permanent grassland. *Microb. Ecol.* 67, 907. <https://doi.org/10.1007/s00248-014-0383-8>.

Nadal, I. (2016). Alteraciones fisiológicas, metabólicas y de la composición de las poblaciones bacterianas de la microbiota de un suelo agrícola tras la aplicación de residuos orgánicos urbanos. [Memoria para optar al grado de doctor, Universidad Complutense de Madrid]287.

Nakajima, T., Shrestha, R. K., & Lal, R. (2016). On-Farm Assessments of Soil Quality in Ohio and Michigan. *Soil Science Society of America Journal* (0). <https://doi.org/10.2136/sssaj2016.01.0003>

Nakatani AS et al. (2011). Changes in the genetic structure of bacteria and microbial activity in an agricultural soil amended with tannery sludge. *Soil Biology & Biochemistry*, 43: 106-114.

Nell, C (s.f.). Multivariate analyses in R. Rpubs by Rstudio. Recuperado de: <https://rpubs.com/collnell/manova>

Pan, F., Li, Y., Chapman, S.J., Yao, H. (2016). Effect of rice straw application on microbial community and activity in paddy soil under different water status. *Environ. Sci. Pollut. R.* 23, 5941–5948. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5832-5>.

Parras-Alcántara, L. y Lozano-García, B (2014). Conventional tillage versus organic farming in relation to soil organic carbon stock in olive groves in Mediterranean rangelands (southern Spain). *Solid Earth*, 5, 299–311. doi:10.5194/se-5-299-2014

Pepper, I., Gerba, C., & Brendecke, J. (2004). *Environmental Microbiology: A Laboratory Manual* (2nd Edition ed.). Burlington, Massachusetts, EEUU: Elsevier Academic Press.

Pino, C. A. (2013). *Manual de Vitivinicultura Orgánica*. Curicó, Región del Maule, Chile: Rocío del Pilar Sasmay Montano.

Plaza-Bonilla, C. Cantero-Martínez, P. Viñas, J. Álvaro-Fuentes. (2013) Soil aggregation and organic carbon protection in a no-tillage chronosequence under Mediterranean conditions. *Geoderma*, 193, 76-82. DOI 10.1016/j.geoderma.2012.10.022

Poeplau, A. (2015). Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops—a meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 200 (15), 33-41. DOI

10.1016/j.agee.2014.10.024

Priori, S., Avino, L. D., Agnelli, A., Valboa, G., Knapic, M., Schroers, H.-J., Akca, E., Tangolar, S., Kiraz, M. E., Giffard, B., & Fulchin, E. (2018). Effect of organic treatments on soil carbon and nitrogen dynamics in vineyard. *Eqa*, 31(0), 1–10. <https://doi.org/10.6092/issn.2281-4485/7896>

Probst, B., Schüler, C. y Joergensen, R.G. (2008). Vineyard soils under organic and conventional management—microbial biomass and activity indices and their relation to soil chemical properties. *Biol. Fertil. Soils*, 44, 443–450. DOI 10.1007/s00374-007-0225-7

Quintanilla, V., Cadiñanos, J. A., Latasa, I. y Lozano, P. J. (2012). Aproximación biogeográfica a los bosques de la zona mediterránea de Chile: Caracterización e inventario. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 60, 24.

Quispe, A., Calla, K., Yangali, J. y Rodríguez, J. (2019). Estadística no paramétrica aplicada a la investigación científica con software SPSS, MINITAB Y EXCEL Enfoque práctico.

Ramírez-Alán, O. (2016). Índices Biodiversidad. Rpubs by Rstudio. Recuperado de: <https://rpubs.com/osoramirez/185606>

Rawlins, B. G., Harris, J., Price, S., & Bartlett, M. (2015). A review of climate change impacts on urban soil functions with examples and policy insights from England, UK. *Soil Use and Management*, 31, 46–61. <https://doi.org.pucdechile.idm.oclc.org/10.1111/sum.12079>

Reeve, J. R., Carpenter-Boggs, L., Reganold, J. P., York, A. L., McGourty, G., & McCloskey, L. P. (2005). Soil and winegrape quality in biodynamically and organically managed vineyards. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56, 367-376.

Rodríguez J., Álvaro-Fuentes, J., Gutiérrez, C., Nanos, N., Escuer, M., Ramos-Miras, J.J., Gil, C., Martín-Lammerding, D., y Boluda, R. (2019). Soil organic carbon stock on the Majorca Island: Temporal change in agricultural soil over the last 10 years. *CATENA*, 181.

Rodríguez S., José. 1993. Manual de fertilización. Colección en Agricultura. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile, 362 p.

Ruiz-Colmenero, M., Bienes, R., Eldridge, D.J., Marques, M.J. (2013). Vegetation cover

- reduces erosion and enhances soil organic carbon in a vineyard in the central Spain. *Catena* 104, 153-160. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.catena.2012.11.007>.
- Rumpel, C., Amiraslani, F., Chenu, C., Cardenas, M. G., Kaonga, M., Koutika, L., & Ladha, J. (2019). The 4p1000 initiative: Opportunities, limitations and challenges for implementing soil organic carbon sequestration as a sustainable development strategy. *AMBIO A Journal of the Human Environment*, March. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01165-2>
- Rutgers, M., Wouterse, M., Drost, S.M., Breure, A., Mulder, C., Stone, D., Creamer, R.E., Winding, A. y Bloem, J. (2016). Monitoring soil bacteria with community-level physiological profiles using Biolog™ ECO-plates in the Netherlands and Europe, *Applied Soil Ecology*, 97, 23-35.
- Sadzawka, A., Carrasco, M., Grez, R., Mora, M., Flores, H., y Neaman, A. (2006). *Métodos de Análisis Recomendados para los Suelos de Chile Revisión 2006*. Santiago, Región Metropolitana, Chile: INIA.
- Sadzawka, A., Grez, R. y Mora, M. (2004) *Métodos de Análisis Recomendados para los Suelos Chilenos*. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, 52-56.
- SAG (2021). *Catastro Vitícola Nacional 2019*. Recuperado de: <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/catastro-viticola-nacional/1490/publicaciones>
- Seguel, O., Farías, E., Luzio, W., Casanova, M., Pino, I., Parada, A.M., Videla, X., Nario, A. 2015. Physical properties of soil after change of use from native forest to vineyard. *Agro Sur*. 43, 29-39
- Shade A, Peter H, Allison SD, Baho DL, Berga M, Bürgmann H, Huber DH, Langenheder S, Lennon JT, Martiny JBH, Matulich KL, Schmidt TM and Handelsman J (2012) Fundamentals of microbial community resistance and resilience. *Front. Microbio*. 3:417. doi: 10.3389/fmicb.2012.00417
- Shannon, C.E. y Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, IL (1949)
- Sharma, S. K., Ramesh, A., Sharma, M. P., Joshi, O. P., Govaerts, B., Steenwerth, K. L., & Karlen, D. L. (2010). Microbial community structure and diversity as indicators for evaluating soil quality. In: Lichtfouse, E. (Ed.). *Biodiversity, biofuels, agroforestry and*

- conservation agriculture. *Sustainable Agriculture Reviews*. Springer, Dordrecht. Pp. 317–358.
- Shrestha, R. K., y Lal, R. (2011). Changes in physical and chemical properties of soil after surface mining and reclamation. *Geoderma*, 161, 168-176.
- Silva, H., y Rodriguez, J. (1995). Fertilización de plantaciones frutales. (C. Bonomelli, Ed.) (1ra ed.).
- Singh, B. P., Setia, R., Wiesmeier, M. y Kunhikrishnan, A. (2018). Agricultural management practices and soil organic carbon storage. *In Soil Carbon Storage: Modulators, Mechanisms and Modeling (Issue 2002)*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812766-7.00007-X>
- Singh K. y Whelan B. (2020). Soil Carbon change across ten New South Wales farms under different farm management regimes in Australia. *Soil Use Manage*, 0, 1–17. <https://doi.org/10.1111/sum.12590>
- Singh, K., Murphy, B. W. y Marchant, B. P. (2013). Towards cost-effective estimation of soil carbon stocks at the field scale. *Soil Research*, 50, 672–684.
- Smith, P., Id, O., Schipper, L. A., Id, O., Rasse, D. P., Id, O., Arias-navarro, C., Id, O., Fornara, D., y Id, O. (2008). How to measure, report and verify soil carbon change to realise the potential of soil carbon sequestration for atmospheric greenhouse gas removal. 0–2. <https://doi.org/10.1111/gcb.14815>
- Smith, P., House, J. I., Bustamante, M., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G.,...Pugh, T. M. (2016). Global change pressures on soils from land use and management. *Global Change Biology*, 22, 1008–1028
- Sotomayor, J., y Ruiz, C. (2000). Manejo de la nutrición en vides en el área del secano interior. In J. Sotomayor & C. Ruiz (Eds.), *Establecimiento y manejo de vides en el secano interior Centro Sur de Chile* (Boletín IN, p. 164). Chillán, Chile: Centro regional de investigación Quilamapu.
- Steenwerth, K., & Belina, K. M. (2008). Cover crops and cultivation: Impacts on soil N dynamics and microbiological function in a Mediterranean vineyard agroecosystem. *Applied Soil Ecology*, 40(2), 370 - 380. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2008.06.004>
- Takoutsing, J. Weber, E. Aynekulu, J.A. Rodríguez Martín, K. Shepherd, A. Sila, Z.

- Tchoundjeu, L. Diby (2016). Assessment of soil health indicators for sustainable production of maize in smallholder farming systems in the highlands of Cameroon. *Geoderma*, 276, pp. 64-73
- Torres IF, Bastida F, Hernández T y García C. (2015). The effects of fresh and stabilized pruning wastes on the biomass, structure and activity of the soil microbial community in a semiarid climate. *Applied Soil Ecology*, 89, 1-9.
- Valkama, E., Kunyupiyeva, G., Zhapayev, R., Karabayev, M., Zhusupbekov, E., Perego, A., Schillaci, C., Sacco, D., Moretti, B., Grignani, C., y Acutis, M. (2020). Can conservation agriculture increase soil carbon sequestration? A modelling approach. *Geoderma*, 369(February), 114298. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114298>
- van der Bom, F., Nunes, I., Raymond, N.S., Hansen, V., Bonnichsen, L., Magid, J., Nybroe, O., Jensen, L.S., 2018. Long-term fertilisation form, level and duration affect the diversity, structure and functioning of soil microbial communities in the field. *Soil Biol. Biochem.* 122, 91–103. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.04.003>.
- van Leeuwen, C., Friant, P., Chone, X., Tregoar, O., Koundouras, S., & Dubourdieu, D. (2004). Influence of climate, soil and cultivar on terroir. *American Journal of Enology and Viticulture*, 55, 207-217.
- Vega-Avila, A., Medina, E., Paroldi, H., Toro, M., Baigori, M. y Vázquez, F. 2018. Bioindicators of soil quality of open shrubland and vineyards. *Journal of Soil science and plant nutrition*. vol.18, n.4, pp.1065-1079. ISSN 0718-9516. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162018005003002>
- Vicente-Vicente, J. L., García-Ruiz, R., Francaviglia, R., Aguilera, E., & Smith, P. (2016). Soil carbon sequestration rates under Mediterranean woody crops using recommended management practices: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 235, 204–214. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.10.024>
- von Lützw, M. y Kögel-Knabner, I. (2009). Temperature sensitivity of soil organic matter decomposition—what do we know? *Biol Fertil Soils* 46, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s00374-009-0413-8>
- Walkley, A., y Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration. *Soil Science*, 37, 29– 38.

- West, T.O. y Six, J. (2007). Considering the influence of sequestration duration and carbon saturation on estimates of soil carbon capacity. *Clim. Chang.*, 80. DOI: 10.1007/s10584-006-9173-8
- Wiesmeier, M., Urbanski, L., Hobbey, E., Lang, B., von Lützow, M., Marin-Spiotta, E., van Wesemael, B., Rabot, E., Ließ, M., Garcia-Franco, N., Wollschläger, U., Vogel, H. J., & Kögel-Knabner, I. (2019). Soil organic carbon storage as a key function of soils - A review of drivers and indicators at various scales. *Geoderma*, 333, 149–162. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.026>
- Wood, S.A., Bradford, M.A., Gilbert, J.A., McGuire, K.L., Palm, C.A., Tully, K.L., Zhou, J., Naeem, S., 2015a. Agricultural intensification and the functional capacity of soil microbes on smallholder African farms. *J. Appl. Ecol.* 52, 744–752. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12416>.
- Xiao, H., Li, Z., Chang, X., Huang, B., Nie, X., Liu, C., Liu, L., Wang, D., & Jiang, J. (2018). The mineralization and sequestration of organic carbon in relation to agricultural soil erosion. *Geoderma*, 329(April), 73–81. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.05.018>
- Yu, J., Unc, A., Zhang, X., Steinberger, Y., 2016. Responses of the soil microbial catabolic profile and diversity to vegetation rehabilitation in degraded semiarid grassland. *Appl. Soil Ecol.* 101, 124–131. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.01.022>.
- Zhen, Z. (2014). Effects of Manure Compost Application on Soil Microbial Community Diversity and Soil Microenvironments in a Temperate Cropland in China. *PLoS ONE*.
- Zornoza, R., Acosta, J. A., Bastida, F., Domínguez, S. G., Toledo, D. M., and Faz, A. (2015). Identification of sensitive indicators to assess the interrelationship between soil quality, management practices and human health, *SOIL*, 1, 173–185, <https://doi.org/10.5194/soil-1-173-2015>.

8. Anexos

Anexo 1: Resultados MicroResp por sitio.

Sitios		AKG	ARA	ARG	CIT	CYS	FRU	GLU	LYS	MAL	NAG	OXA	WAT
CB	EH	7.79	2.37	1.79	2.49	2.19	2.29	2.17	0.84	2.90	1.67	2.24	1.39
	SH	9.16	1.76	1.48	2.98	1.78	1.75	1.69	0.78	2.42	1.36	2.36	0.91
LP	EH	11.91	3.28	2.15	4.63	2.61	3.83	2.63	1.18	4.27	2.03	1.92	1.45
	SH	7.46	2.54	1.79	5.22	1.85	3.20	2.44	0.15	4.77	1.67	1.90	1.79
LR	EH	20.56	4.07	2.64	7.19	2.48	4.82	4.09	0.89	8.02	2.76	4.89	1.37
	SH	10.57	2.90	5.51	6.60	2.30	2.92	3.42	0.72	5.22	2.03	2.37	1.39
TT	EH	15.84	2.80	2.01	4.85	2.13	4.30	3.01	1.28	3.20	2.42	3.71	1.66
	SH	16.03	2.30	1.31	9.23	1.85	4.64	3.31	0.33	3.81	2.30	3.06	1.72
RCB		17.62	4.09	3.39	4.89	3.65	9.01	5.93	2.50	5.61	4.31	6.70	2.30
RLR		20.28	8.92	6.72	13.77	5.11	8.41	8.09	3.26	15.03	6.58	11.14	5.53
RTT		24.52	6.67	5.00	11.41	5.49	8.85	7.53	1.97	15.57	6.64	9.45	5.57

Anexo 2: Resultados estadísticos

Tabla 1. Resultados de Test de normalidad (Shapiro.test)

Variables	Unidad	Total datos	Solo sitios productivos
		p value	p value
DA	g/cm2	0.002299	0.0003911
PH	-	0.1563	0.673
CE		1.93E-10	6.968E-09
COS	%	0.0007101	0.00106
MO	%	0.0006082	0.005578
N disp	mg/mg	7.06E-06	3.68E-04
P disp	mg/mg	0.03412	0.0189
K disp	mg/mg	0.03412	0.06947
S ext	mg/mg	1.33E-11	2.30E-10
N total	%	1.46E-07	1.511E-09
C total	%	4.79E-07	0.01541
C/N	-	0.0001053	0.001855
Arcilla	%	0.005077	1.05E-04
Limo	%	0.008212	0.006609
Arena	%	0.003921	3.92E-03
LIMOARCILLA	%	0.01095	0.002179

Tabla 2. Resultados análisis PERMANOVA

	Datos Físicoquímicos		Datos Microresp	
	R²	Pr (>F)	R²	Pr (>F)
Sitio	0.61	0.001***	0.23	0.001***
Sector	0.05	0.005**	0.02	0.435
Sitio:Sector	0.07	0.017*	0.05	0.703

Tabla 3. Resultados comparaciones de variables biológicas de suelo con el test de Kruskal-Wallis

	chi-squared	df	p-value
RB	25.251	6	0.000306
MSIR	35.691	6	3.16e-06
Índice Shannon (H)	8.3018	6	0.21683

Tabla 4. Promedio y desviación estándar de las variables biológicas de sitios productivos y de referencia. Letras distintas muestran diferencias significativas ente los sitios (Alpha= 0.05), resultados de post-hoc Wilcoxon rank sum test, con método Boferoni

Sitio	Respiración Basal (RB)			Suma de sustratos (MSIR)			Índice de Shannon (H)		
	media	desv.	*	media	desv.	*	media	desv.	*
CB	1.14		a	27.31		b	2.07		a
LP	1.16		a	36.04		ab	2.08		a
LR	1.37		a	52.67		ac	2		a
TT	1.58		a	46.06		ac	1.98		a
RCB	2.308		ab	65.2		dc	2.05		a
RLR	5.258		b	99.37		d	2.19		a
RTT	5.574		b	98.37		d	2.14		a

Tabla 5. Resultados (p-value) de las comparaciones de contenido de carbono orgánico por sitio. El color amarillo significa diferencias significativas (pvalue<0.05)

Comparacion Stock COS		wilcox	t.test
Total datos	Stock COS	 0.04298	
	Log10(StockCOS)		 0.05001
CB	Stock COS	 0.3095	
	Log10(StockCOS)		 0.1589
LP	Stock COS	 0.00793	
	Log10(StockCOS)		 0.00981
LR	Stock COS	 0.4206	
	Log10(StockCOS)		 0.3456
TT	Stock COS	 0.0952	
	Log10(StockCOS)		 0.1111

Tabla 6. Resultados ANOVA de comparación de contenido de carbono orgánico en el suelo con transformación de datos (log 10 (stock de carbono)).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Sitio	3	0.617	0.20568	29.24	2.71E-09	***
Sector	1	0.0928	0.0928	13.19	0.000972	***
Sitio:Sector	3	0.0188	0.00626	0.89	0.456795	
Residuals	32	0.2251	0.00703			

codes:	0 '***'	0.001 '**'	0.01 '*'	0.05 '.'	0.1 ''	

Figura 1. Resultados Correlaciones de Pearson para variables físico químicas.

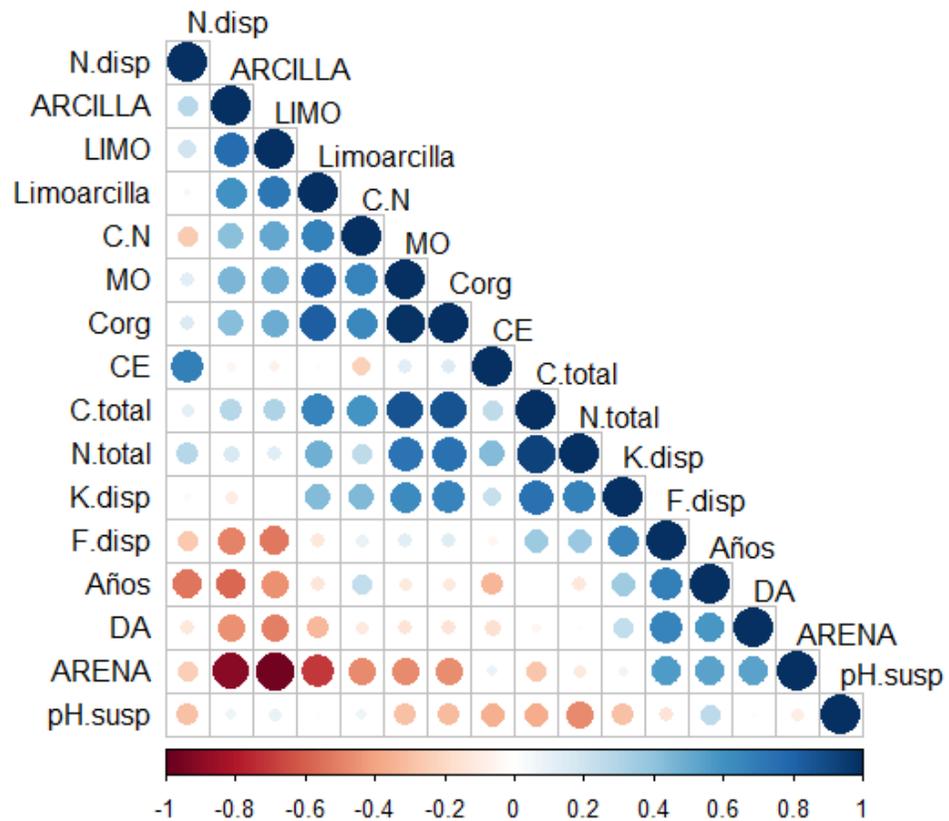


Figura 2. Resultados Correlaciones de Pearson específicas con respecto al carbono orgánico.

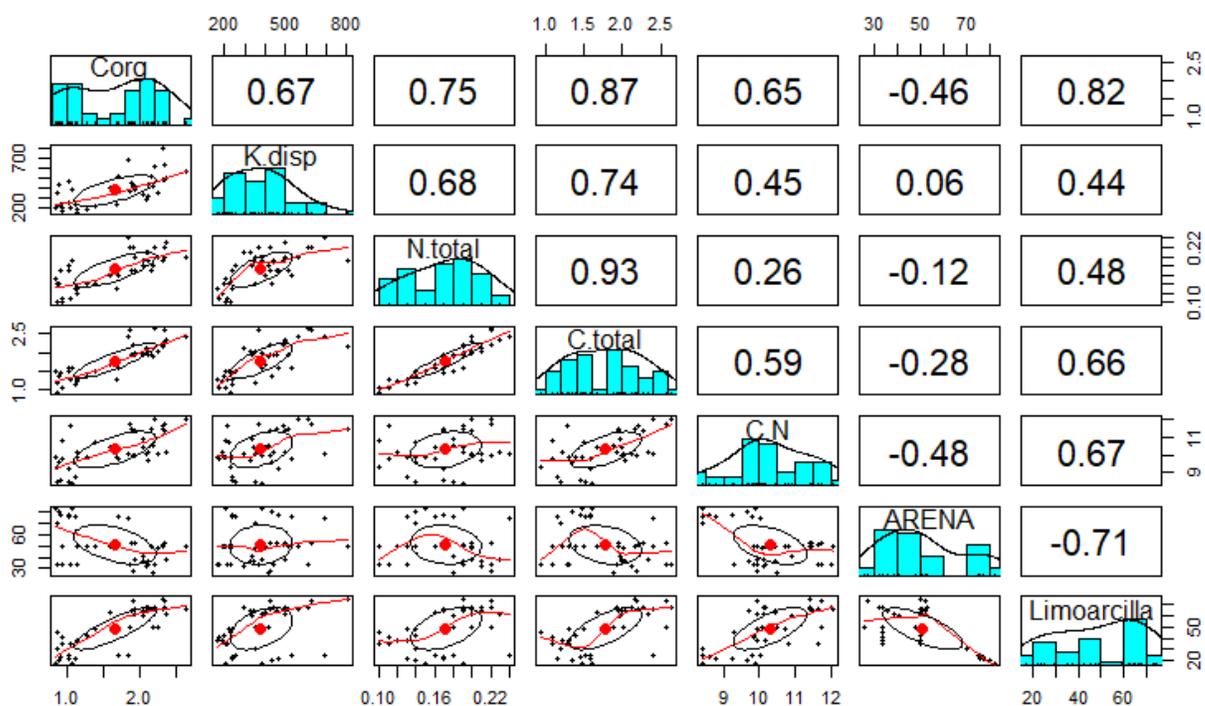


Figura 3. ACP de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo de los sitios productivos.

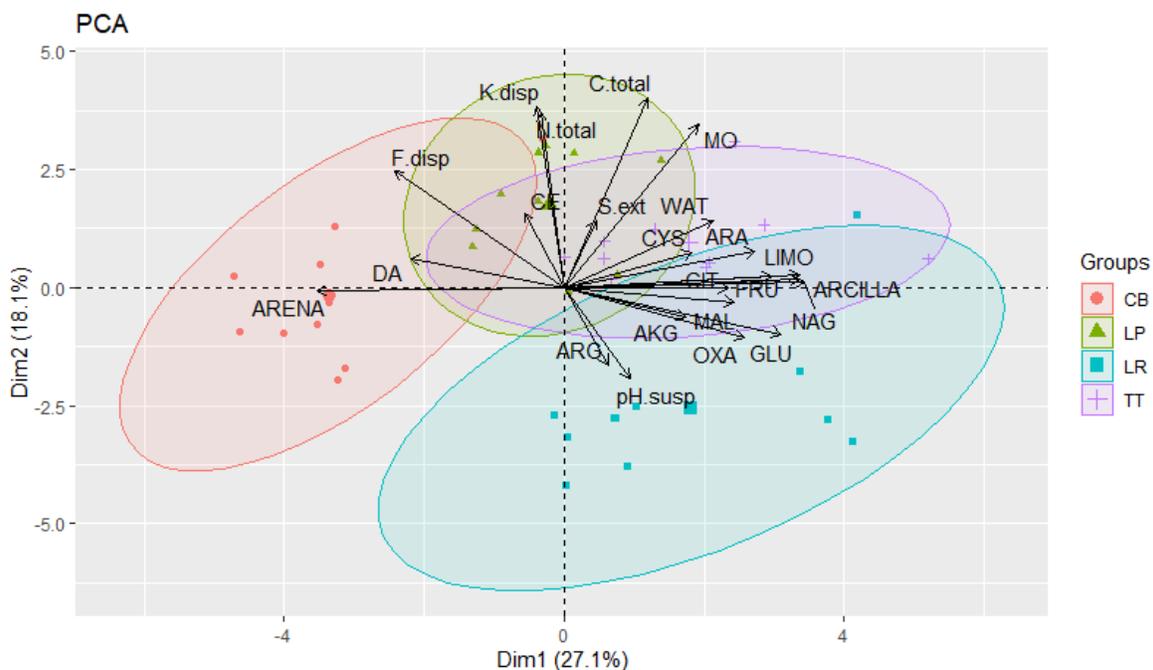


Figura 4. ACP propiedades fisicoquímicas del suelo de los sitios productivos.

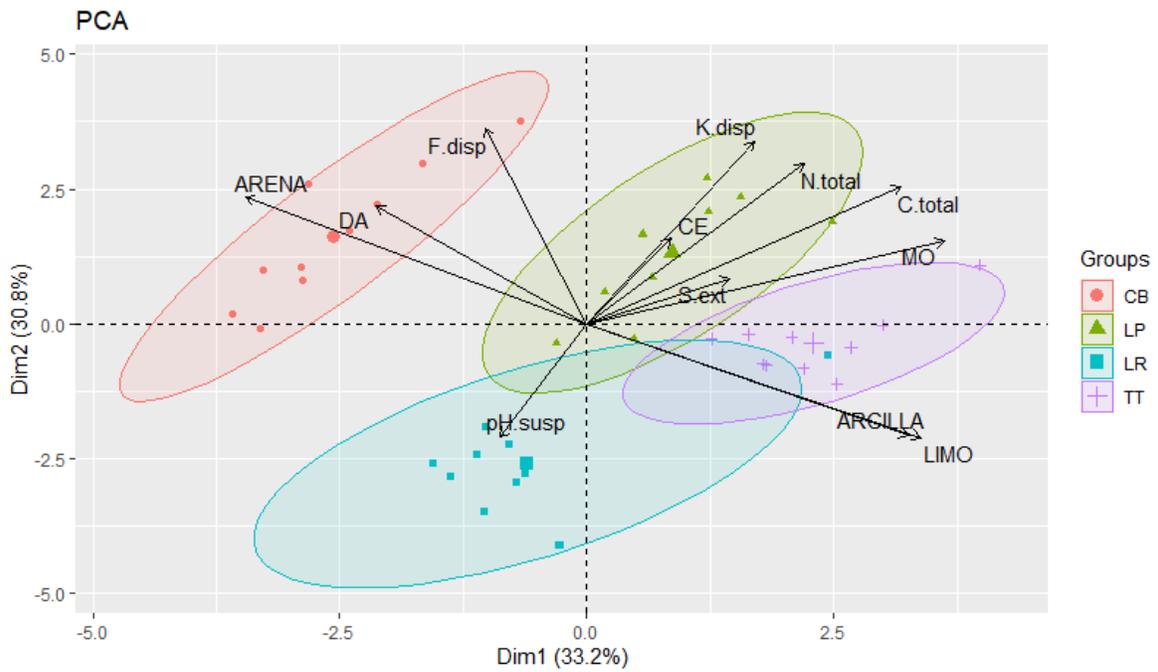


Figura 5. Gráficos resultados de estrés de los datos ocupados en el NMDS.

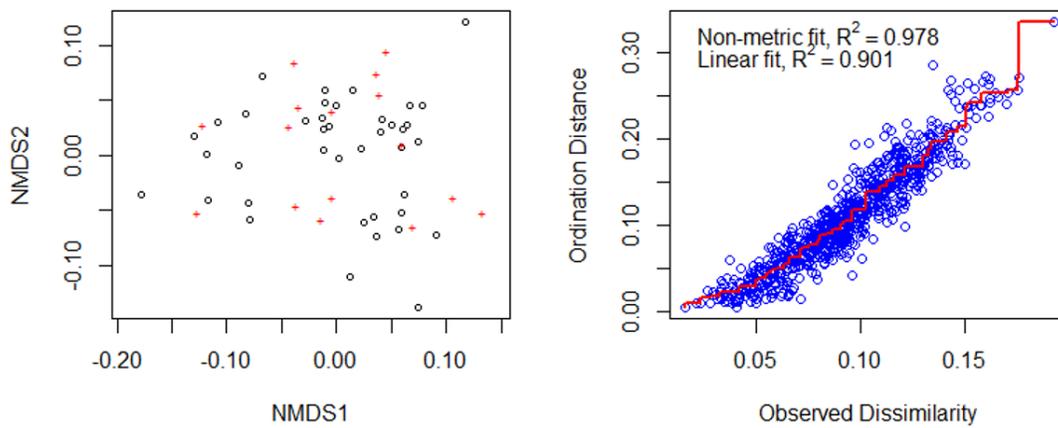
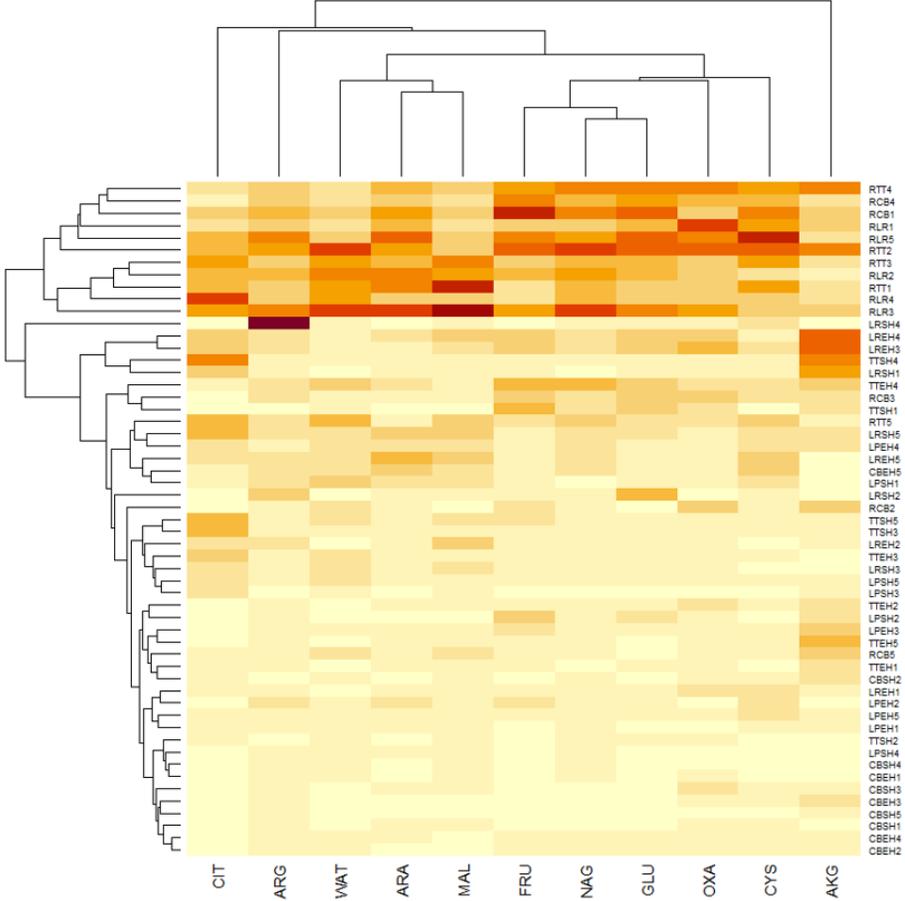


Figura 6. Diagramas de calor de las fuentes de carbono. La agrupación responde a la cantidad de fuente que fue ocupada.



Anexo 3. Gráficos de los resultados de respiración de suelo por tipo de fuente de carbono

Figura 1. Gráficos respiración relativa por fuente de carbono de las 10 fuentes de carbono evaluadas diferenciadas por sectores (SH y EH) y Sitio de referencia correspondiente (R)

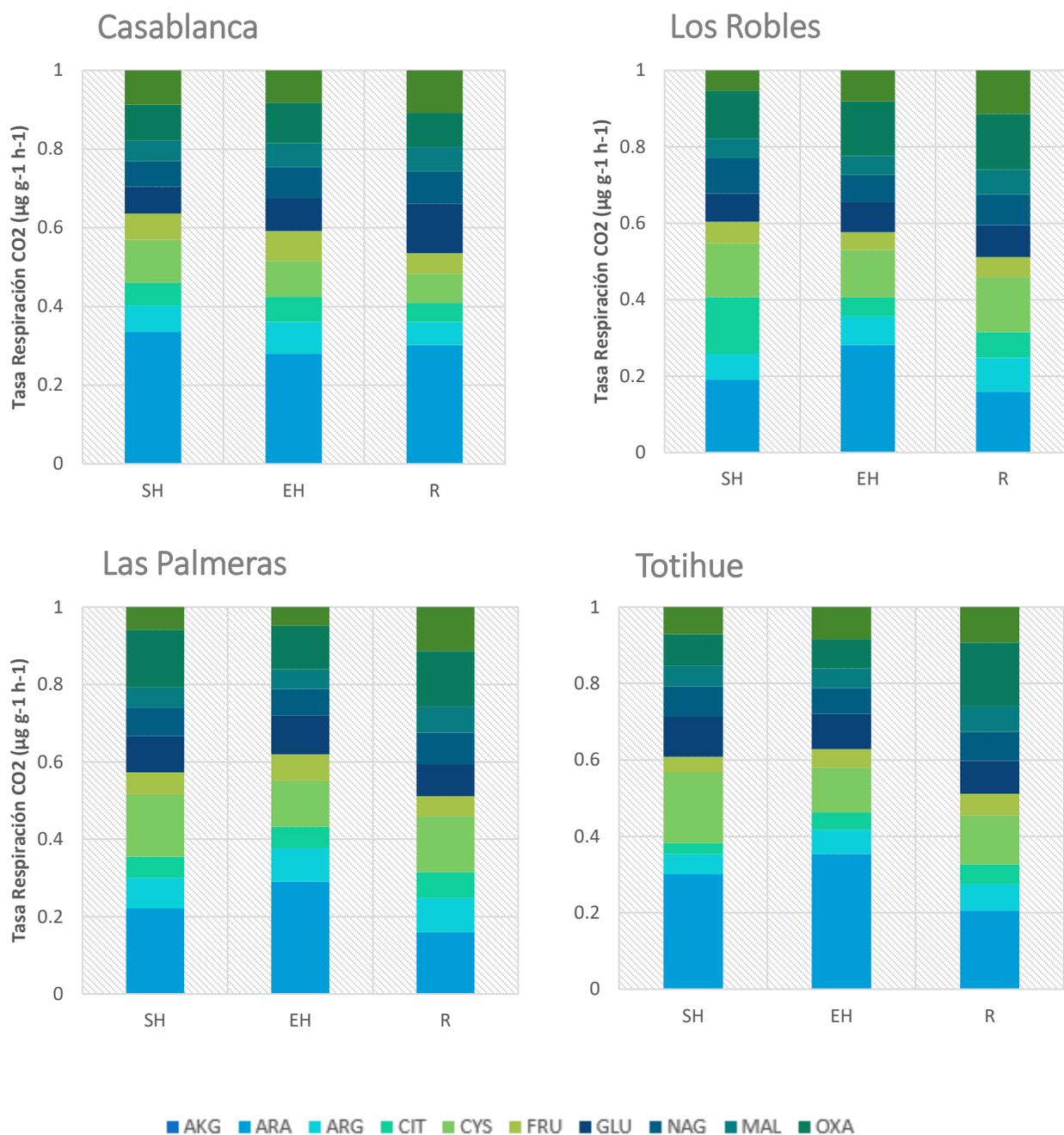


Figura 2. Gráficos de respiración absoluta por fuente de las 10 fuentes de carbono evaluadas diferenciadas por sectores (SH y EH) y Sitio de referencia correspondiente (R).

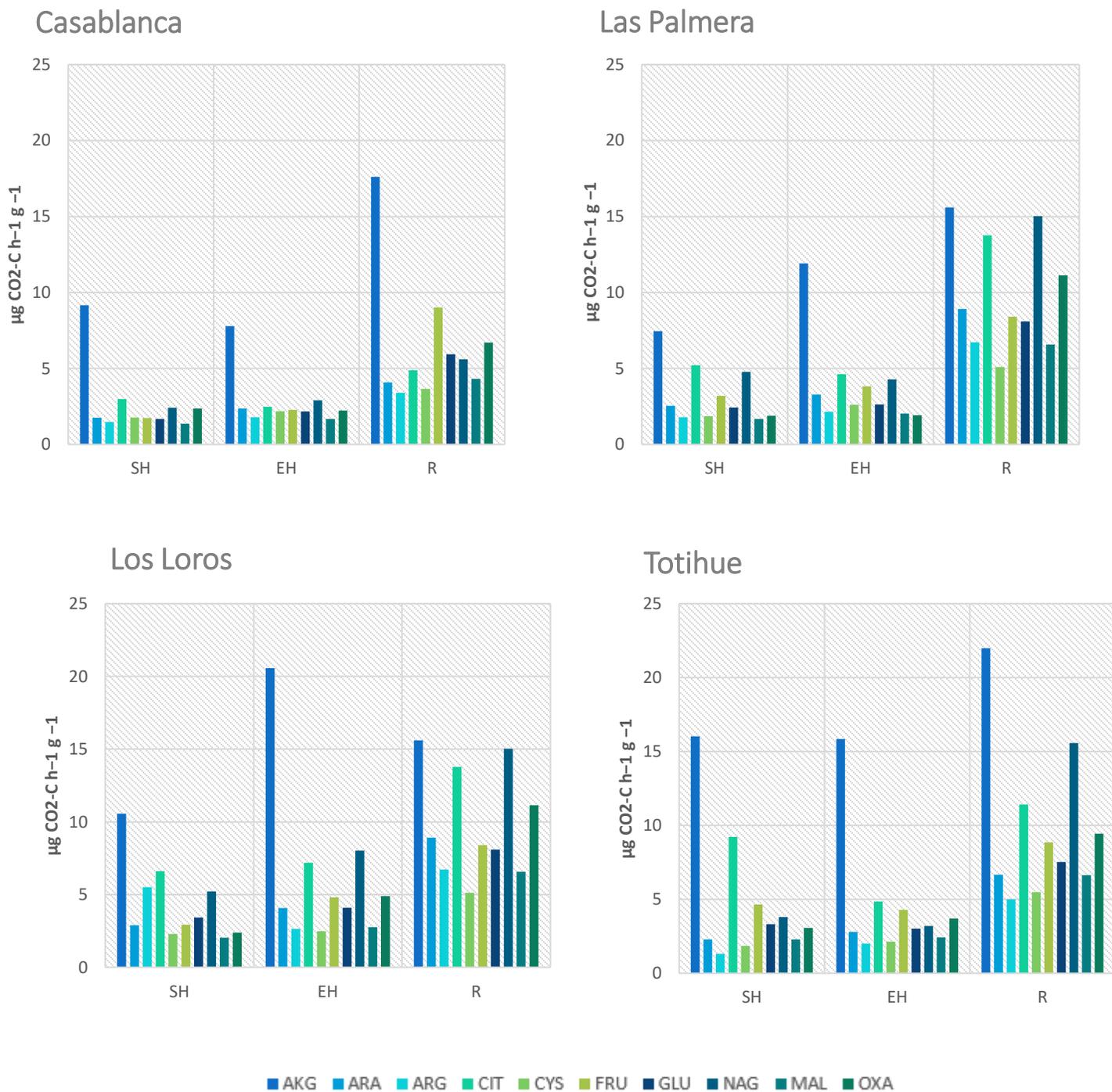


Figura 3. Tasa relativa de respiración por fuente de carbono del promedio de los sitios productivos y los sitios de referencia

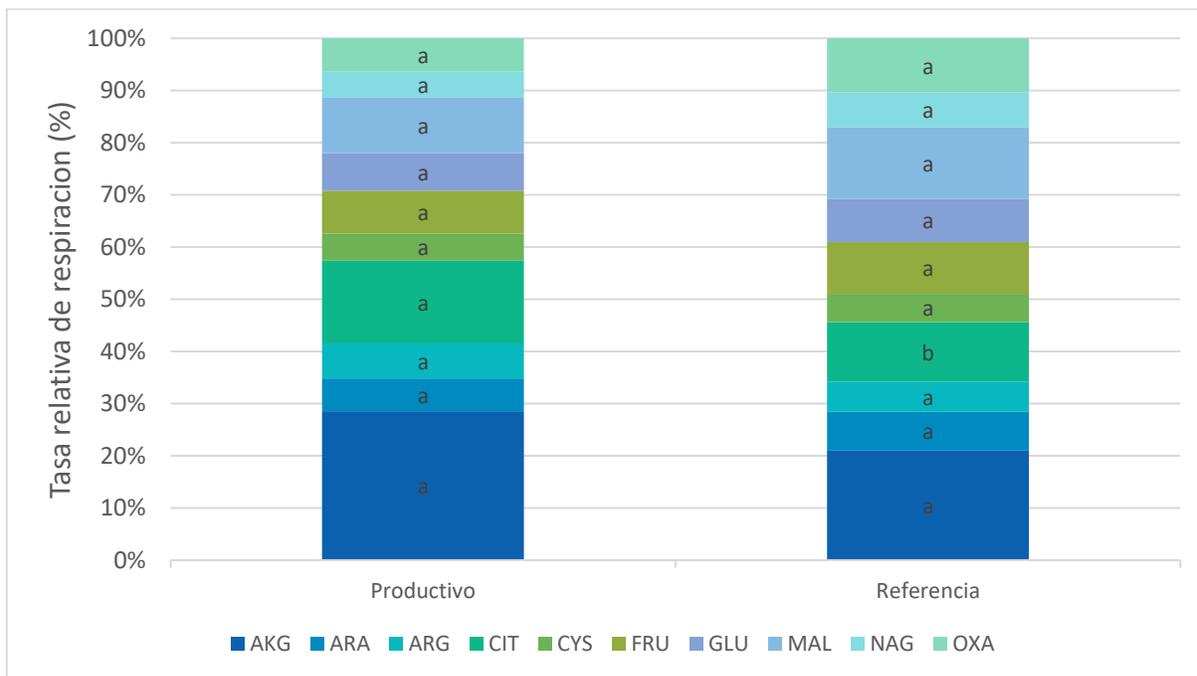
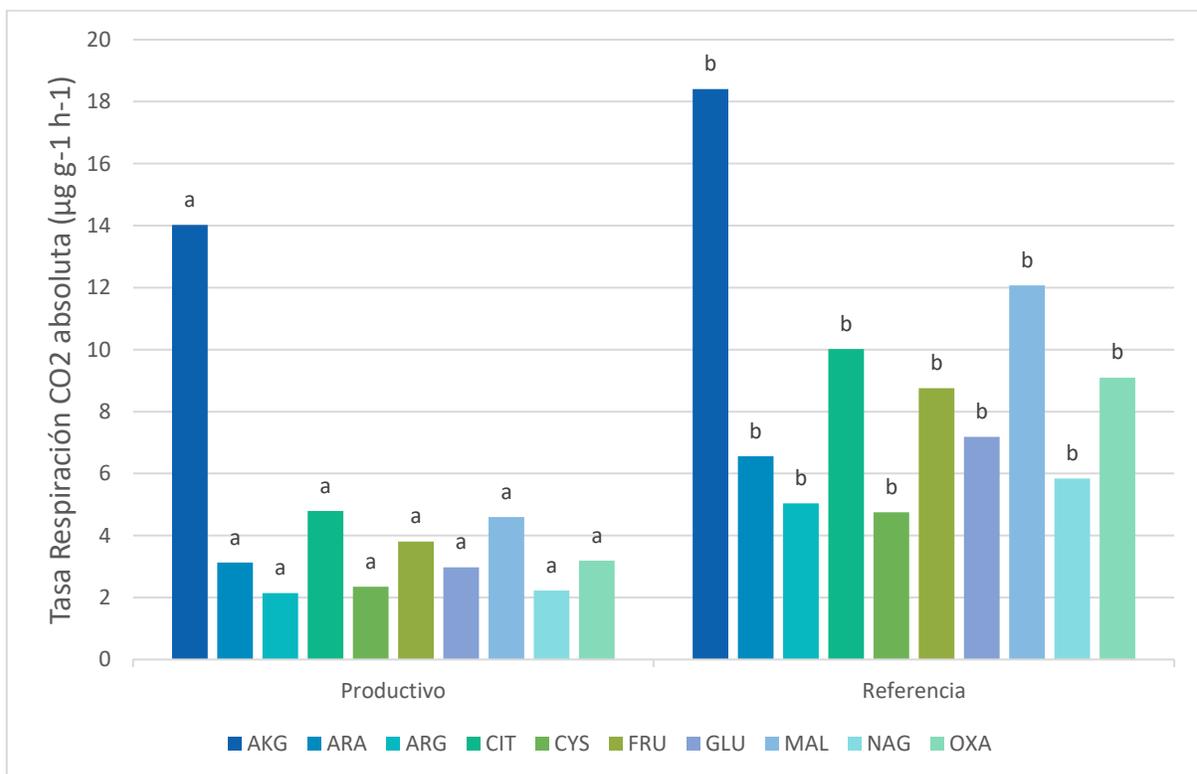
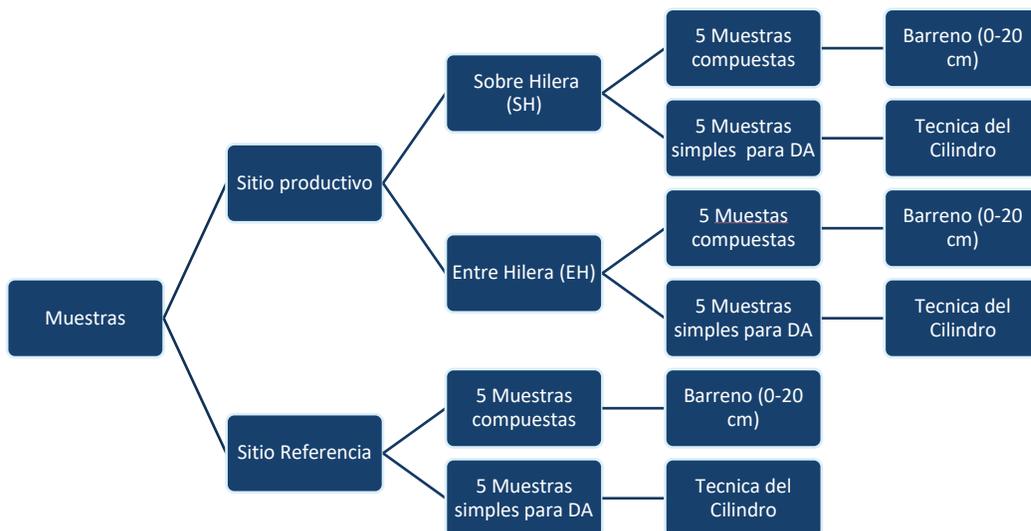


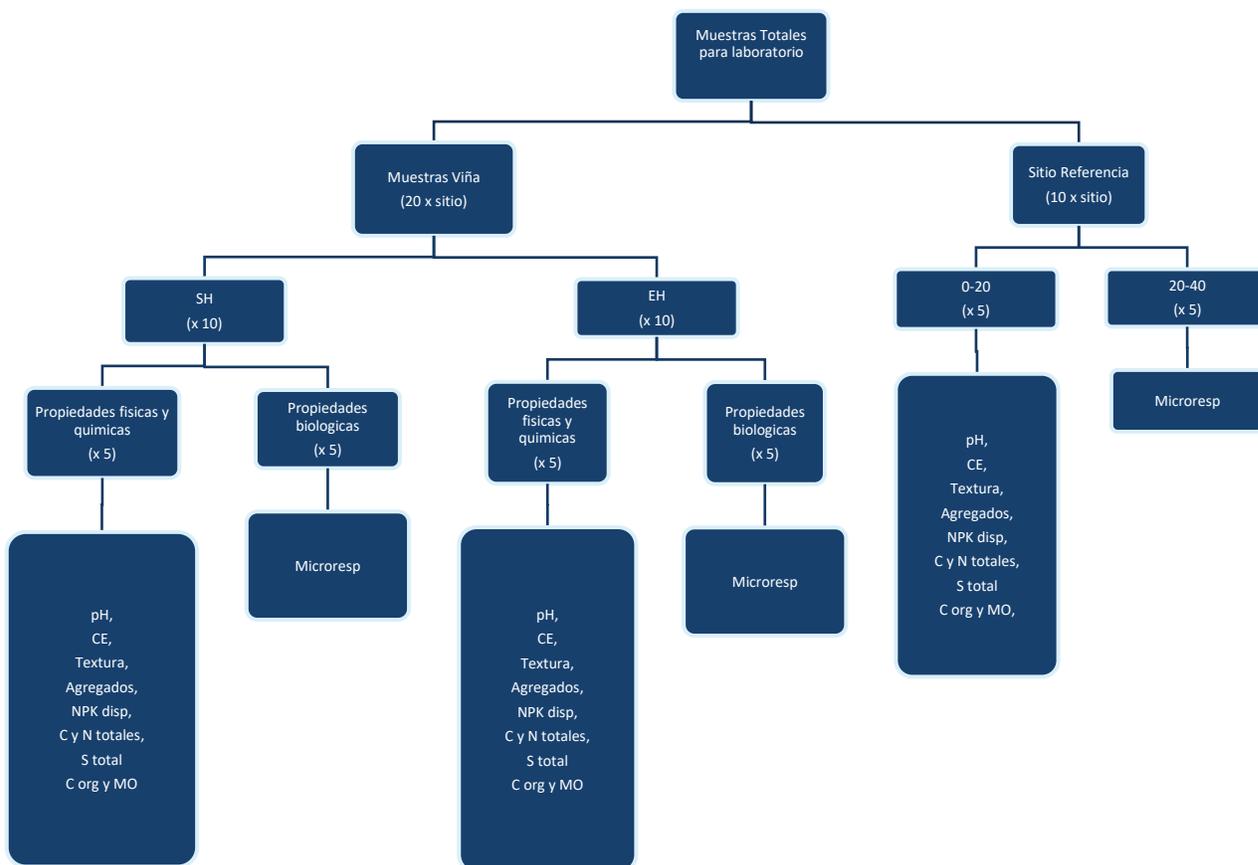
Figura 4. Tasa de respiración absoluta por fuente del promedio de los sitios productivos y los sitios de referencia



Anexo 4. Esquema recolección de muestras.



Anexo 5. Esquema tratamiento de muestras en laboratorio.



Anexo 6. Mapas Sitios de muestreo de los sectores productivos



**Proyecto Evaluación de suelo
Viña Emiliana**



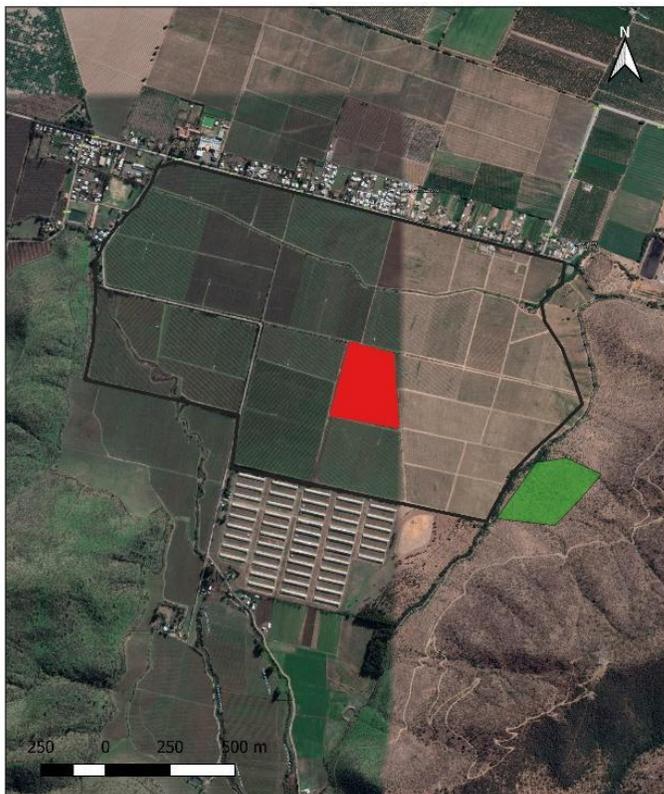
Predio Casablanca
Comuna de Casablanca
Región de Valparaíso

Levenda

■ Cuartel evaluado □ Limite Predial
■ Sitio Referencia

WGS1984 UTM Zona 19S
Datum D WGS84

Camila Bustamante
Pontificia Universidad catolica de Chile

**Proyecto Evaluación de suelo
Viña Emiliana**



Predio Totihue
Comuna de Requinoa
Región Libertador Bernardo O'Higgins

Levenda

■ Cuartel evaluado □ Limite Predial
■ Sitio Referencia

WGS1984 UTM Zona 19S
Datum D WGS84

Camila Bustamante
Pontificia Universidad catolica de Chile





**Proyecto Evaluación de suelo
Viña Emiliana**



Predio Las Palmeras

San Fernando
Región Libertador Bernardo O'Higgins

Levenda

- Cuartel evaluado
- Limite Predial
- Sitio Referencia

WGS1984 UTM Zona 19S
Datum D WGS84

Camila Bustamante
Pontificia Universidad catolica de Chile



**Proyecto Evaluación de suelo
Viña Emiliana**



Predio Los Robles

San Fernando
Región Libertador Bernardo O'Higgins

Levenda

- Cuartel evaluado
- Limite Predial
- Sitio Referencia

WGS1984 UTM Zona 19S
Datum D WGS84

Camila Bustamante
Pontificia Universidad catolica de Chile



