



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE  
**CIENCIAS  
AGRARIAS**

---

**EVALUACIÓN DE SUSTENTABILIDAD ECOLÓGICA  
DE DOS SISTEMAS VITÍCOLAS: UNO  
CONVENCIONAL Y OTRO CON ENFOQUE  
AGROECOLÓGICO, UBICADOS EN PERDRIEL,  
LUJÁN DE CUYO, MENDOZA (AÑOS 2022 Y 2023)**

**Tesis para la obtención del Título de Grado de INGENIERA  
EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**Alina Landete Schwers**

**Mendoza, Argentina**

**Octubre 2023**

**Evaluación de sustentabilidad ecológica de dos sistemas vitícolas:  
uno convencional y otro con enfoque agroecológico, ubicados en  
Perdriel, Luján de Cuyo, Mendoza (años 2022 y 2023).**

**Autora:**

LANDETE SCHWERS, Alina

[alandete@est.fca.uncu.edu.ar](mailto:alandete@est.fca.uncu.edu.ar)

**Director:**

Dr. ULIARTE, Ernesto Martin

[uliarte.ernesto@inta.gob.ar](mailto:uliarte.ernesto@inta.gob.ar)

**Codirectora:**

MSc. GRECO, Silvina Alicia

[sgreco@fca.uncu.edu.ar](mailto:sgreco@fca.uncu.edu.ar)

**Codirector:**

Dr. FUNES PINTER, Mariano Iván

[ifunespinter@fca.uncu.edu.ar](mailto:ifunespinter@fca.uncu.edu.ar)

**Comisión Evaluadora:**

Dr. TONOLLI, Alejandro

[atonolli@fca.uncu.edu.ar](mailto:atonolli@fca.uncu.edu.ar)

Dra. ABRAHAM, Laura

[labraham@fca.uncu.edu.ar](mailto:labraham@fca.uncu.edu.ar)

Mag. DAGATTI, Carla Vanina

[dagatti.carla@inta.gob.ar](mailto:dagatti.carla@inta.gob.ar)

## RESUMEN

La vitivinicultura es una de las principales actividades económicas de la provincia de Mendoza y, a través de los años, ha experimentado cambios significativos en su forma de producción. Desde un sistema enfocado en la cantidad de vino a producir uno donde se prioriza su calidad, los productores se encuentran en una transición hacia sistemas vitivinícolas más sustentables. La necesidad de este cambio ha sido producto de las consecuencias generadas por la agricultura convencional que siguen la mayor parte de ellos. Este tipo de producción ha llevado a la degradación de los recursos naturales y sus funciones ecosistémicas.

En este contexto, surge la necesidad de buscar una agricultura más sustentable, que genere una producción que satisfaga las necesidades socioeconómicas y culturales de la población actual, sin comprometer aquellas de las futuras generaciones. Como respuesta a esta situación emerge un nuevo paradigma conocido como AGROECOLOGÍA, enfocado en un entendimiento de los principios ecosistémicos que determinan las relaciones y los procesos que ocurren en los agroecosistemas. Esta disciplina propone el rediseño y gestión de sistemas agrícolas más sustentables bajo una mirada integral de los aspectos económicos, socioculturales, técnicos y ambientales que lo componen.

Por este motivo, numerosos productores vitícolas de la provincia han comenzado una transición hacia sistemas agroecológicos sustentables. Tal es el caso de la finca de la Bodega Roberto Bonfanti, ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina. En ella se instaló en el año 2019 mediante un convenio con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), una parcela experimental bajo manejo con enfoque agroecológico. Por lo tanto, resulta indispensable determinar si este manejo resulta más sustentable respecto al convencional realizado en el resto de la finca.

Debido a ello, en este estudio se evaluó la sustentabilidad de la dimensión ecológica, con el fin de comparar ambos sistemas a través de la recopilación de los datos generados por el INTA sobre las variables ambientales. Por otra parte, esta información se complementó con una entrevista y el relevamiento de otras variables que resultaron importantes y aún no habían sido estudiadas. Si bien en este trabajo únicamente se enfoca en evaluar la dimensión ecológica, se considera que posteriormente se deberían evaluar aspectos económicos y sociales en los que impactará este enfoque. Esto se debe a que el logro de la sustentabilidad no solo debe ser ecológicamente adecuado, si no también, ser suficientemente productivo, cultural y socialmente aceptable además de económicamente viable.

La construcción de los indicadores y la estandarización de sus valores permitió la comparación de ambos sistemas de acuerdo a las categorías de análisis elegidas. Los resultados indicaron que, el sistema bajo sistema de producción agroecológico, alcanza en el umbral de sustentabilidad establecido. Sin embargo, se observan algunos puntos a mejorar que podrían ser consecuencia de la proximidad de las parcelas experimentales y de la transición abrupta en el cambio de sistema. En contraposición, se observa que, en el sistema con manejo convencional existen varios puntos críticos, donde no se alcanza el valor umbral propuesto. Esto se aprecia, por un lado, en aspectos relacionados al manejo técnico y, por el otro, a la biodiversidad del agroecosistema.

Finalmente, a partir del cálculo del índice de sustentabilidad ecológica se determinó que, si bien ambos sistemas alcanzan la sustentabilidad ecológica, el sistema bajo enfoque agroecológico presenta un mayor valor del mismo, respecto a esta dimensión que el convencional. Por lo tanto, este trabajo deja una evidencia de que la agroecología puede ser un camino a seguir en la búsqueda de sistemas vitícolas sustentables en Mendoza. Para lo cual es necesario un cambio de paradigma, en donde la producción del sistema no implique la degradación de recursos naturales.

Palabras claves: agroecología, viticultura, sustentabilidad ecológica, agroecosistemas

## ABSTRACT

Viticulture is one of the main economic activities at the province of Mendoza and, over the years, it has undergone significant changes in its ways of production. From a system focused on the wine quantity to one that looks for its quality, today producers are in a transition towards sustainable viticulture systems. The need of changing has been the result of the consequences of the conventional agriculture that most of them follow. This kind of production has led to a degradation of the natural resources and their ecosystem functions.

In this context, arises the need of seek sustainable agriculture, that generates production satisfying economic and cultural need of the current population, without compromising those of futures generations. In response to this situation, a new paradigm known as agroecology emerges, focusing on understanding the ecosystem principles which determine the relations and process that occurs on the agroecosystems. This discipline proposes a design and management of sustainable agricultural systems from a comprehensive perspective that encompasses the economic, sociocultural, technical, and environmental aspects that constitute it.

For this reason, many vineyard producers in the province have initiated an agroecological transition towards sustainable systems. This is the case of the estate of the Bodega Roberto Bonfanti located in Perdriel, Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina. In 2019, an experimental plot under agroecological management was established there through an agreement with the National Institute of Agricultural Technology (INTA). Therefore, it is essential to determine if this management approach is indeed more sustainable than a conventional one.

As a result, this study evaluated the sustainability of the ecological dimension in order to compare both management approaches through the collection of data generated by INTA on environmental variables. Additionally, this information was complemented with an interview and the collection of other variables that proved to be important and had not yet been studied. While this work only aimed to assess the ecological dimension, it is considered that economic and social aspects influenced by this approach should be evaluated in the future. This is because achieving sustainability should be ecologically sound but also sufficiently productive, culturally and socially acceptable, and economically viable.

The construction of indicators and the standardization of their values allowed for the comparison of both systems enabled the comparison of both systems based on the selected analytical categories. The results indicate that the system under agroecological management achieved the sustainability threshold in all aspects. However, there are some areas for improvement, which could be a result of the proximity of the experimental plots and the abrupt transition in the system change. In contrast, it is observed that in the conventional management system, there are several critical points, where the proposed threshold value is not achieved. This is evident in aspects related to the technical management and biodiversity of the agroecosystem.

Finally, based on the calculation of the ecological sustainability index, it was determined that while both systems achieve ecological sustainability, the agroecological management system demonstrates a higher value than the conventional one. Therefore, this study provides evidence that agroecology can be a path to follow in the search of sustainable viticultural systems in Mendoza. For which a paradigm shift is necessary, where the production of the system does not imply the degradation of natural resources.

Key words: agroecology, viticulture, ecologic sustainability, agroecosystems

## RÉSUMÉ

La viticulture est l'une des principales activités économiques de la province de Mendoza qui au fil des ans, a connu d'importants changements dans ses méthodes de production. Initialement axé sur la quantité de production, elle a ensuite évolué vers un système dirigé à un vin de qualité, et à présent les sont en transition vers des systèmes viticoles durables. Le besoin de changement résulte des conséquences néfastes de l'agriculture conventionnelle appliquée par la plupart d'entre eux. Ce type de production a entraîné la dégradation des ressources naturelles et de leurs fonctions écosystémiques.

Dans ce contexte, il surgi le besoin de rechercher une agriculture durable, générant une production qui satisfait les besoins économiques et culturels de la population actuelle, sans compromettre ceux des générations futures. En réponse à cette situation, il á émergé un nouveau paradigme nommé agroécologie, le quel est axé sur la compréhension des principes écosystémiques qui déterminent les relations et les processus qui se produisent dans les agroécosystèmes. Cette discipline propose la conception et la gestion de systèmes agricoles durables selon une perspective globale des aspects économiques, socioculturels, techniques et environnementaux qui la constituent.

Pour cette raison, de nombreux producteurs de vignobles de la province ont entamé une transition agroécologique vers des systèmes durables. C'est le cas du domaine de la Bodega Roberto Bonfanti situé à Perdriel, Luján de Cuyo, Mendoza, en Argentine. En 2019, une parcelle expérimentale sous gestion agroécologique y a été établie dans le cadre d'un accord avec l'Institut national de technologie agricole (INTA). Il est donc essentiel de déterminer si cette approche de gestion est effectivement plus durable qu'une approche conventionnelle.

Dans ce contexte, cette étude a évalué la durabilité de la dimension écologique afin de comparer les deux approches de gestion grâce à la collecte de données générées par l'INTA sur les variables environnementales. De plus, ces informations ont été complétées avec une entrevue et la collecte d'autres variables importantes qui n'avaient pas encore été étudiées. Si bien cette étude vise uniquement à évaluer la dimension écologique, il s'en dégage que les aspects économiques et sociaux influencés par cette approche devraient être évalués à l'avenir. Ceci résulte de ce que la durabilité doit être à la fois écologiquement viable suffisamment productive, culturellement comment socialement acceptable, ainsi qu'économiquement viable.

La construction d'indicateurs et la normalisation de leurs valeurs ont permis la comparaison des deux systèmes en étude en fonction des catégories d'analyse sélectionnées. Les résultats indiquent que le système sous gestion agroécologique a atteint le seuil de durabilité dans tous les aspects. Cependant, il existe des domaines à améliorer, ce qui pourrait être dû à la proximité des parcelles expérimentales et du changement abrupt dans le système. En revanche, on observe plusieurs points critiques dans le système de gestion conventionnelle, c'est à dire, où la valeur seuil proposée n'est pas atteinte. Cela s'observe dans les aspects liés à la gestion technique et à la biodiversité de l'agroécosystème.

Enfin, sur la base du calcul de l'indice de durabilité écologique, il a été déterminé que si bien les deux systèmes atteignent la durabilité écologique, le système de gestion agroécologique affiche une valeur supérieure à celui de la gestion conventionnelle. Par conséquent, cette étude fournit des preuves que l'agroécologie peut être une voie à suivre dans la recherche de systèmes viticoles durables à Mendoza. Cependant, un changement de paradigme est nécessaire, où la production du système n'implique pas la dégradation des ressources naturelles.

Mots-clés : agroécologie, viticulture, durabilité écologique, agroécosystèmes

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todos a quienes me acompañaron a lo largo de mi carrera y en la elaboración de esta tesis:

*A mi mamá y a mi papá por siempre estar, apoyarme y enseñarme el valor de la perseverancia y la importancia de hacer lo que a uno le gusta y le hace feliz (A maman et papa pour toujours être là, pour m'appuyer et m'apprendre le valeur de la persévérance et l'importance de faire ce qu'on aime et nous fait joyeux).*

*A mis hermanos por ser mis grandes apoyos frente a cualquier situación, en las buenas y en las malas mucho más, gracias por sus risas, llantos, enojos y abrazos.*

*A Ale por ser mi gran compañero, gracias por tu compañía de siempre, por tu apoyo incondicional, por confiar y por creer en mí.*

*A mis abuelos por ser mis cuatro ejemplos a seguir, que me enseñaron a soñar y que con nuestras charlas siempre me hacen feliz (A mes grands-parents pour être me quatre exemple à suivre, qui mon appris à rêver et qui me font toujours du plaisir avec notre longues discussions).*

*A mis tíos y primos que a pesar de las distancias sé que siempre puedo contar con ellos.*

*A Susi por ser de gran apoyo y compañía durante muchos años.*

*A Malu, Pauli, May y Guada, por ser grandes amigas que con su alegría no hay tristeza que no se cure.*

*A Flor y Lila por estar desde siempre, por poder contar con ellas en todo momento y por ser quienes mejor me entienden.*

*A Chiara por ser una gran amiga durante mi intercambio en Alemania (To Chiara for been a great friend during my exchange in Germany).*

*A Silvina, Martín e Iván por estar siempre a disposición, aprendí mucho, no podría haber pedido mejores guías para acompañarme en la recta final de mi carrera.*

*A los profesionales del INTA como Georgina Escoriaza, María Valeria Longone, Carla Dagatti, y especialmente a Laura Martínez, por brindarme siempre la información y el apoyo que necesite para la elaboración de la tesis.*

*A Sebastián Bonfanti por abrirme las puertas de sus viñedos, por ofrecer su ayuda y dejarme ser parte del cambio que empieza en sus fincas y bodega.*

*A la Universidad Nacional de Cuyo, a la Facultad de Ciencias Agrarias, a los profesores/as y a todas aquellas personas que permiten su funcionamiento, estaré siempre agradecida por la posibilidad de formarme en una institución pública.*

*Finalmente a quienes más me acompañaron, mis compañeros de la facultad. A Fabri y Chen por enseñarme la importancia del pensamiento crítico, a Majo por su apoyo y charlas de vida, a Juli por compartir con ella todo este camino, a Mili por su gran compañía y aguante, a Pauli por la paz que siempre me transmitió, a Emi por su escucha y comprensión, a Marti por siempre hacerme reír, a Marco por sus palabras justas en los momentos indicados, a Mari y Flor por su alegría y cariño. Me llevo en el corazón cada mates compartidos. Todos ustedes se volvieron gran parte de mi vida y por eso, gracias.*

## ÍNDICE

1.	Introducción .....	1
1.1.	Fundamentación.....	1
1.2.	Objetivos .....	2
1.2.1.	Objetivo General.....	2
1.2.2.	Objetivos específicos.....	2
1.3.	Hipótesis.....	2
1.4.	Marco teórico.....	2
1.4.1.	La agricultura convencional y sus problemáticas .....	2
1.4.2.	Agricultura sustentable .....	3
1.4.3.	Un cambio de paradigma: la agroecología.....	4
1.4.4.	Marcos de evaluación para la sustentabilidad.....	5
2.	Metodología.....	6
2.1.	Área de estudio .....	6
2.1.1.	Sociosistema .....	6
2.1.2.	Ecosistema.....	9
2.1.3.	Tecnosistema .....	9
2.2.	Marco conceptual de la sustentabilidad .....	13
2.3.	Construcción de indicadores.....	14
2.4.	Estandarización y ponderación de los indicadores.....	14
3.	Descripción y construcción de los indicadores e índices.....	14
3.1.	Indicadores de la sustentabilidad ecológica.....	14
3.1.1.	Calidad de suelo .....	16
3.1.2.	Salud del cultivo .....	21
3.1.3.	Biodiversidad.....	22
3.1.4.	Manejo técnico del agroecosistema.....	24
3.2.	Índices de la sustentabilidad ecológica.....	30
3.2.1.	Índices de las categorías de análisis .....	30
3.2.2.	Índice de la sustentabilidad ecológica.....	32
4.	Análisis y presentación de los resultados.....	33
4.1.	Valores de cada indicador e índice por categoría de análisis.....	33
4.1.1.	Calidad de suelo .....	33
4.1.2.	Salud del cultivo .....	34
4.1.3.	Biodiversidad.....	35
4.1.4.	Manejo técnico del agroecosistema.....	35
4.2.	Valores de los indicadores e índices de sustentabilidad ecológica .....	37
4.3.	Análisis de la sustentabilidad.....	38
5.	Discusión.....	39
6.	Conclusiones .....	41
7.	Bibliografía.....	42
8.	Anexos .....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Imagen de la parcela experimental bajo manejo con enfoque agroecológico de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo. Fotografía tomada por Alina Landete en octubre 2023. ....	7
<b>Figura 2:</b> Límites del área de estudio de las parcelas experimentales de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo, Mendoza. En escala 1:2500.....	8
<b>Figura 3:</b> Límites del área de estudio de las parcelas experimentales de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo, Mendoza. En escala 1:500. ....	8
<b>Figura 4:</b> Imagen de la parcela experimental bajo manejo convencional luego de una pasada de tractor con rastra de disco de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo. Fotografía tomada por Alina Landete en octubre 2023. ....	9
<b>Figura 5:</b> Imagen de hojas de vid afectadas por la aplicación de herbicidas en la parcela con manejo convencional en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo. Fotografía tomada por Alina Landete en enero 2023. ....	10
<b>Figura 6:</b> Diagrama de flujo de energía y ciclo de materiales de la parcela bajo manejo convencional en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.....	11
<b>Figura 7:</b> Imagen de los interfilares con cobertura vegetal en la parcela experimental bajo manejo con enfoque agroecológico de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo. Fotografía tomada por Alina Landete en octubre 2023. ....	12
<b>Figura 8:</b> Diagrama de flujo de energía y ciclo de materiales de la parcela bajo manejo convencional en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti en Luján de Cuyo, Perdriel. ....	13
<b>Figura 9:</b> Diagrama AMEBA para representar los valores de los indicadores de la sustentabilidad ecológica de las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo. Los límites exteriores.....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Descriptores e indicadores seleccionados para cada categoría de análisis para la evaluación de sustentabilidad ecológica. ....	15
<b>Tabla 2:</b> Estandarización de los valores del contenido de materia orgánica (%) en el suelo. Fuente: Martínez, 2011. ....	17
<b>Tabla 3:</b> Estandarización de los valores de conductividad eléctrica en el extracto de pasta saturada del suelo (dS m <sup>-1</sup> ). Fuente: Grieve et al., 2012; Fontela et al., 2009. ....	17
<b>Tabla 4:</b> Estandarización de los valores concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en el suelo expresados en partes por millón (ppm). Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, s.f.....	18
<b>Tabla 5:</b> Estandarización de los valores de la relación entre el carbono y el nitrógeno (C:N) en el suelo. Fuente: López, 2009.....	19
<b>Tabla 6:</b> Estandarización de los valores de la resistencia a la penetración del suelo expresados en kilo Pascal (kPa). Fuente: Busscher y Lipiec, 1993; González et al., 1998.....	19
<b>Tabla 7:</b> Estandarización de los valores de la densidad aparente del suelo (g cm <sup>3</sup> ). Fuente: USDA, 1999.....	20
<b>Tabla 8:</b> Estandarización de los valores de la actividad microbiológica total del suelo (mg CO <sub>2</sub> g suelo <sup>-1</sup> 7d <sup>-1</sup> ). Fuente: Martínez et al. 2017; Perez-Brandán et al., 2012; Ambrosino et al., 2021.....	20
<b>Tabla 9:</b> Estandarización de los valores de rendimiento del cultivo (kg ha <sup>-1</sup> ). Fuente: Rodríguez et al., 1999. ....	21
<b>Tabla 10:</b> Estandarización de los valores de la incidencia de la enfermedad Peronospora de la vid (%). Fuente: Nicholls, 2004.....	22
<b>Tabla 11:</b> Estandarización de los valores del índice de Shannon para la biodiversidad. Fuente: Flores, 2019. ....	23
<b>Tabla 12:</b> Estandarización de los valores los tipos de labranza realizados en el interfilar. Fuente: Fontana, 2013; Bodegas de Argentina, 2018; Greco y Uliarte, 2019.....	25
<b>Tabla 13:</b> Estandarización de los valores de la época del año y área en la que se realiza el manejo de cobertura vegetal. Fuente: Roy, 2022; Uliarte, 2004. ....	26
<b>Tabla 14:</b> Estandarización de los valores de las estrategias que se emplean para el manejo de coberturas vegetales en el interfilar. Fuente: Roy, 2022. ....	27
<b>Tabla 15:</b> Estandarización de los valores del tipo de control que se realiza sobre la cobertura vegetal. Fuente: Bodegas de Argentina, 2018; Greco y Uliarte, 2019. ....	28
<b>Tabla 16:</b> Estandarización de los valores de los tipos de manejo de nutrientes que se emplean. Fuente: Bodegas de Argentina, 2018; Greco y Uliarte, 2019.....	29
<b>Tabla 17:</b> Estandarización de los valores del tipo de manejo de plagas y enfermedades que se emplean. Fuente: Bodegas de Argentina, 2018; Greco y Uliarte, 2019. ....	30



<b>Tabla 18:</b> Valores estandarizados (VE) que toman los indicadores para las propiedades químicas del suelo en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.....	33
<b>Tabla 19:</b> Valores estandarizados (VE) que toman los indicadores para las propiedades físicas del suelo en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.....	33
<b>Tabla 20:</b> Valores estandarizados (VE) que toman los indicadores para las propiedades biológicas del suelo en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.....	34
<b>Tabla 21:</b> Valor que toma el índice para las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.....	34
<b>Tabla 22:</b> Valores estandarizados (VE) que toman los indicadores para la salud del cultivo en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.....	34
<b>Tabla 23:</b> Valor que toma el índice para la salud del cultivo en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.....	34
<b>Tabla 24:</b> Valores estandarizados (VE) que toman los indicadores para la biodiversidad en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.....	35
<b>Tabla 25:</b> Valor que toma el índice para la biodiversidad en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.....	35
<b>Tabla 26:</b> Valores estandarizados (VE) que toman los indicadores para el manejo técnico del agroecosistema en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.....	36
<b>Tabla 27:</b> Valor que toman los índices para el manejo técnico del agroecosistema en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.....	37
<b>Tabla 28:</b> Valores estandarizados que toman los indicadores clasificados por colores para el manejo convencional (C) y agroecológico (A) para los descriptores de las categorías de análisis evaluadas.....	38
<b>Tabla 29:</b> Valores que toman los índices de calidad del suelo (ICS), salud del cultivo (ISC), biodiversidad (IB), manejo técnico del agroecosistema (IMTA) y de la sustentabilidad ecológica (ISE), para las parcelas convencional y con enfoque agroecológico.....	38
<b>Tabla 30:</b> Análisis de suelo para manejo convencional y agroecológico del viñedo ubicado en la Finca Bonfanti, Perdriel, en el año 2022.....	51
<b>Tabla 31:</b> Actividad microbiana total (AMT) ( $\text{mg CO}_2 \text{ gsue}^{-1} \text{ 7d}^{-1}$ ) en el suelo para manejo convencional y agroecológico del viñedo ubicado en la Finca Bonfanti, Perdriel, Luján de Cuyo en el año 2022.....	51
<b>Tabla 32:</b> Densidad aparente (DAP) ( $\text{g cm}^{-3}$ ) y resistencia a la penetración (kPa) en el suelo para manejo convencional y agroecológico del viñedo ubicado en la Finca Bonfanti, Perdriel, Luján de Cuyo en el año 2022.....	52
<b>Tabla 33:</b> Incidencia (%) de la enfermedad Peronospora de la vid, según se realice un manejo agroecológico o convencional en las parcelas experimentales de la Finca Bonfanti, Perdriel, Luján de Cuyo en el año 2022.....	53
<b>Tabla 34:</b> Rendimiento ( $\text{kg pl}^{-1}$ ) y producción de la vid ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), según se realice un manejo agroecológico o convencional en las parcelas experimentales de la Finca Bonfanti, Perdriel, Luján de Cuyo en el año 2022.....	53
<b>Tabla 35:</b> Escala de abundancia-dominancia y valor medio según el método Braun-Blanquet (1979).....	54
<b>Tabla 36:</b> Índice de Shannon de la biodiversidad vegetal para manejo agroecológico o convencional del viñedo de la Finca Bonfanti, Perdriel en marzo 2023.....	54
<b>Tabla 37:</b> Índice de Shannon de la biodiversidad vegetal para manejo agroecológico o convencional del viñedo de la Finca Bonfanti, Perdriel en mayo 2023.....	55
<b>Tabla 38:</b> Promedio del Índice de Shannon de la biodiversidad vegetal para manejo agroecológico o convencional del viñedo entre muestreos realizados en marzo y mayo 2023. Finca Bonfanti, Perdriel.....	55
<b>Tabla 39:</b> Índice de Shannon de la biodiversidad de insectos y arañas para manejo agroecológico o convencional del viñedo de la Finca Bonfanti, Perdriel en marzo 2023.....	56
<b>Tabla 40:</b> Índice de Shannon de la biodiversidad de hongos para manejo agroecológico o convencional del viñedo de la Finca Bonfanti, Perdriel en el año 2023.....	57

# 1. Introducción

## 1.1. Fundamentación

La viticultura mendocina es una de las principales actividades económicas de la provincia, ocupando alrededor de 147.379 hectáreas de las 266.639 hectáreas totales de cultivos implantados en Mendoza, lo cual representa aproximadamente el 55,27% (INDEC, 2018; INV, 2022). Este sector productivo, histórico en la provincia, ha atravesado numerosas transformaciones a lo largo del tiempo, hasta llegar a ser una actividad que busca calidad de sus productos orientada tanto hacia un consumo interno como al mercado internacional (Martín, 2009).

A pesar de que estos procesos han cambiado la manera de producir, las cantidades y las prácticas de manejo implementadas, se ha seguido un modelo productivo convencional. Este tipo de agricultura está caracterizado por una serie de prácticas como las técnicas de labranza utilizando arados de reja y vertedera, el uso de herbicidas y la utilización intensiva de diversos agroquímicos. Esto ha generado, como consecuencia, grandes desequilibrios ecológicos que ponen en riesgo la sustentabilidad del sistema (Sarandón y Flores, 2014a).

La agricultura convencional, también implementada en sistemas de viñedos, ha generado ciertos problemas como la reducción de la infiltración de agua; el aumento de la escorrentía; el incremento del riesgo de la erosión y la compactación del suelo; la disminución de la fertilidad del suelo; la pérdida de biodiversidad; la afección y hasta eliminación de insectos benéficos; la contaminación del suelo y el agua, así como potenciales riesgos para la salud humana (Uliarte et al., 2019). Un ejemplo que refleja esta situación en los viñedos de Mendoza, es el aumento de la concentración de metales pesados como el cobre y el cadmio en el suelo, vinculados a la aplicación de productos cúpricos para el control de hongos fitopatógenos (Martí et al., 2011).

Por tal motivo, los productores vitivinícolas (o vitícolas) no han quedado excluidos de las exigencias provenientes de la sociedad, originadas en la creciente preocupación sobre las problemáticas ambientales (Abraham et al., 2014). En la búsqueda de agroecosistemas más sustentables, surge la necesidad de un cambio de paradigma. En Argentina y, por ende, también en Mendoza, las dos corrientes emergentes de este fenómeno son la agroecología y la agricultura orgánica (Bedano et al., 2022).

En este contexto, algunas bodegas de Mendoza, han comenzado un cambio en su modelo productivo para responder a las exigencias por parte de los consumidores, como así también para actuar frente a su propia preocupación por las problemáticas ambientales causadas por la agricultura convencional. Esta inquietud también ha llegado a los propietarios de la Bodega Roberto Bonfanti, ubicada en el distrito de Perdriel en Luján de Cuyo, Mendoza, quienes han establecido un módulo experimental de manejo de cultivo con enfoque agroecológico, dentro de un viñedo convencional, localizado en una zona de conflicto urbano-rural.

Esta experiencia fue enmarcada en el proyecto interdisciplinario del INTA denominado "Desarrollo de sistemas productivos para áreas de amortiguamiento e interfases urbano/periurbano-rural que promuevan el resguardo ambiental y la producción de calidad". El módulo experimental, se trata de una parcela de vid en transición a un modelo agroecológico orientado a: mejorar la calidad integral del suelo, mediante el aumento de la materia orgánica y la actividad biológica; incrementar el ciclado y disponibilidad de nutrientes; aumentar la biodiversidad propiciando interacciones biológicas benéficas y sinergismos.

Al modificar los sistemas de producción, tendiendo a mejorar la sustentabilidad de la actividad, se transita por un cambio representado por Gliessman (1998) en cuatro niveles de transición agroecológica. En estas etapas se propone que la cantidad y el tipo de servicios ecosistémicos

aumenten a medida que se avanza en el cambio de prácticas implementadas (Fruitos et al., 2019a). Para evaluar el avance en esta línea de transición y de esta manera la sustentabilidad del sistema, han surgido distintos marcos de evaluación. Entre los más utilizados, se encuentra el propuesto por Sarandón y Flores (2009), el cual permite a través de la construcción de indicadores, valorar la sustentabilidad y determinar aquellos puntos críticos que comprometan el logro de ésta.

Con el fin de determinar si, en la Bodega Roberto Bonfanti, el sistema con enfoque agroecológico es más sustentable que el convencional, en este trabajo se propuso realizar una evaluación de la sustentabilidad en la dimensión ecológica. Debido a que los aspectos económicos y sociales poseen igual importancia en el logro de agroecosistemas sustentables, posteriormente, en otra instancia, se deberán evaluar estas dos dimensiones con la misma profundidad y detalle. Se considera que, mediante esta evaluación, basada en la metodología de Sarandón y Flores (2009), se lograrán reconocer aquellos aspectos o puntos críticos de la sustentabilidad ecológica para los cuales se podrán posteriormente proponer mejoras.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo General

- Comparar un sistema productivo con enfoque agroecológico frente a uno convencional mediante una evaluación de sustentabilidad con énfasis en la dimensión ecológica en un viñedo de Perdriel, Luján de Cuyo, Mendoza, en las temporadas de los años 2021/2022 y 2022/2023.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Construir los indicadores e índices de la dimensión ecológica para la evaluación de los sistemas productivos en estudio.
- Comparar los valores de los indicadores e índices de la sustentabilidad ecológica del sistema productivo convencional frente al agroecológico.
- Determinar los puntos críticos de la sustentabilidad ecológica con respecto a los valores óptimos de la misma en el sistema bajo manejo con enfoque agroecológico.

## 1.3. Hipótesis

El sistema productivo vitícola con enfoque agroecológico presenta un mayor valor en el índice de sustentabilidad ecológica que el convencional.

## 1.4. Marco teórico

### 1.4.1. La agricultura convencional y sus problemáticas

Si bien a lo largo de la historia han surgido diferentes enfoques en la agricultura, uno de los más predominantes en la actualidad es el de la agricultura convencional, también denominada moderna. Este tipo de agricultura, surge a partir de la “Revolución Verde” entre los años 1940 y 1970, en donde, frente a la preocupación de una población creciente en un planeta de recursos limitados, se incrementa repentinamente la producción agrícola. Este aumento en la producción y rentabilidad del agroecosistema se logró mediante la introducción de un conjunto de innovaciones tecnológicas, denominado “paquete tecnológico” (Sarandón y Flores, 2014; Martínez y Huerta, 2018).

La primera de estas innovaciones fue la introducción de variedades de alto potencial de rendimiento, las cuales en el siglo XXI fueron reemplazadas por plantas genéticamente modificadas. Éstas rinden su potencial siempre y cuando, el ambiente se adapte a sus requerimientos. Esto implicó la incorporación masiva de tecnologías como fertilizantes, herbicidas, plaguicidas, maquinarias, combustibles y riego, lo que generó, como consecuencia, un modelo productivo basado en insumos y la simplificación del agroecosistema, debilitando las bases para su productividad (Sarandón y Flores, 2014).

Es así, que este tipo de agricultura propició una pérdida de la capacidad productiva de los suelos, un deterioro de los cuerpos de aguas y una pérdida de variabilidad genética de los principales cultivos. Como consecuencia, ha generado un sistema con una dependencia creciente a insumos externos, con desarrollo de resistencia a plaguicidas en ciertas plagas y patógenos, y finalmente, una disminución de la eficiencia productiva en términos energéticos. Además, la agricultura moderna, trae consigo el desplazamiento de algunas técnicas de cultivo propias de agricultores tradicionales, por tecnologías que se consideran de aplicación general (Sarandón, 2002; Gliessman, 2014; Sarandón y Flores, 2014a).

#### 1.4.2. Agricultura sustentable

Con el pasar de los años, por la aplicación intensiva de la agricultura convencional, se han alterado los procesos ecológicos globales de los que depende la actividad, debilitando las condiciones sociales que permiten la conservación de los recursos (Gliessman, 1998). Por lo tanto, se puede decir que, en la actualidad, la sustentabilidad de los agroecosistemas se ve comprometida. Esto genera un gran desafío para la humanidad que implica el logro de una agricultura enmarcada en el concepto de desarrollo sustentable (Sarandón y Flores, 2014a).

Según el Informe Brundtland (1987), el desarrollo sustentable se define como "aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades". Además, la sustentabilidad puede tener dos enfoques, débil y fuerte. El primero, considera que este capital natural puede ser sustituido por aquel hecho por el hombre. El segundo enfoque, sostiene que el capital natural no puede ser sustituido por otras formas de capital, como así tampoco pueden ser sustituidas sus funciones y servicios ecosistémicos (Gómez, 2020).

Una agricultura basada en un enfoque de sustentabilidad fuerte, se puede definir como aquella que permite "mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agroecosistemas) que lo soportan" (Sarandón et al., 2006).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2014), esta se debe fundamentar en cinco principios:

1. Uso más eficiente de los recursos.
2. Conservación, protección y mejoramiento de los ecosistemas naturales.
3. Protección y mejoramiento de los medios de subsistencia, la equidad y el bienestar social en el medio rural.
4. Mayor resiliencia de las personas, las comunidades y los ecosistemas.
5. Fomento de una buena gobernanza de los sistemas naturales y humanos.

A su vez, de acuerdo con Sarandón (2002) una agricultura es sustentable si cumple satisfactoriamente y simultáneamente los siguientes requisitos:

- Ser suficientemente productiva
- Ser económicamente viable
- Ser ecológicamente adecuada (que conserve la base de recursos naturales y que preserve la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global)
- Ser cultural y socialmente aceptable.

### 1.4.3. Un cambio de paradigma: la agroecología

Con el fin de lograr una agricultura sustentable es necesario un entendimiento más profundo de la naturaleza de los agroecosistemas y de los principios por los cuales estos funcionan. Como consecuencia de esto surge la agroecología, una disciplina que provee los principios ecológicos básicos necesarios para estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas. Así, entendiendo las relaciones y los procesos que ocurren en estos sistemas agrícolas, se puede lograr una producción durable, con menores impactos ambientales y sociales negativos (Altieri, 2010).

La agroecología se define como "la aplicación de conceptos y principios ecológicos al diseño y la gestión de sistemas alimentarios sostenibles" (Gliessman, 1998). Es un paradigma que proporciona un marco metodológico que permite una comprensión más profunda de los agroecosistemas, proponiendo un enfoque integral, teniendo en cuenta los principios agronómicos, ecológicos y socioeconómicos (Altieri, 2004). La transformación hacia este tipo de agricultura, implica atravesar un proceso de transición agroecológica, el cual Gliessman (1998), describe como gradual y evolutivo, representado mediante cuatro pasos o niveles:

- Nivel 1: El aumento de la eficiencia de las prácticas convencionales para reducir el uso y el consumo de insumos costosos, escasos o perjudiciales para el medio ambiente.
- Nivel 2: La sustitución de los insumos y las prácticas convencionales por prácticas convencionales.
- Nivel 3: El rediseño del agroecosistema para que funcione sobre la base de un nuevo conjunto de procesos ecológicos.
- Nivel 4: El restablecimiento de la conexión más directa entre los que cultivan la comida y los que la consumen.

En la transición hacia un manejo agroecológico del viñedo generalmente se implementan estrategias como el establecimiento de corredores biológicos, el manejo de cultivos de cobertura y la utilización de enmiendas biológicas. Estas prácticas permiten aumentar la biodiversidad y mejorar la fertilidad del suelo, favoreciendo de esta manera diversos servicios ecosistémicos. Esto permite, en un plazo de tiempo, una vez que se han superado todos los niveles de transición agroecológico, lograr una producción similar a la obtenida mediante una agricultura convencional (Uliarte et al., 2019).

En la provincia de Mendoza, los productores vitivinícolas (o vitícolas) tienen la posibilidad de seguir numerosas guías o manuales para atravesar este cambio de manejos agronómicos tendientes a mejorar la sustentabilidad de la actividad (Fruitos et al., 2019b). Tal es el caso del Protocolo de autoevaluación de sustentabilidad vitivinícola de Bodegas Argentinas, la Guía de Sustentabilidad de la Vitivinicultura Argentina de la Corporación Vitivinícola Argentina COVIAR, los Principios generales de la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) para la vitivinicultura sostenible, y la Guía para una producción sustentable: Sector vitivinícola de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (Gobierno de la Nación Argentina). Esta última tuvo la participación de diversos actores como Bodegas Argentinas, la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, el Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV) y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

#### 1.4.4. Marcos de evaluación para la sustentabilidad.

Con el fin de determinar el avance hacia un agroecosistema sustentable, se desprende la necesidad de realizar una compleja evaluación holística y sistémica del mismo. Para ello, son necesarias metodologías novedosas que permitan realizar un análisis más objetivo y cuantificable. Las mismas deben permitir detectar aspectos críticos que impidan el logro de una agricultura sustentable, así como sugerir medidas correctivas para superarlos (Sarandón y Flores, 2014c).

En este contexto, a lo largo del tiempo, han surgido diversas metodologías, las cuales, posteriormente, fueron incluidas en diferentes marcos de evaluación de agroecosistemas. Los cuales consisten en “propuestas metodológicas flexibles que permiten guiar a un actor social determinado, en el proceso de evaluación mediante diferentes etapas o pasos que son aplicables en disímiles situaciones y sistemas de manejo” (Tonolli y Ferrer, 2018).

Este tipo de evaluación ofrece un marco analítico para el estudio y la comparación de sistemas de manejo alternativos, orientados al logro de la agricultura sustentable, sobre una base multidimensional. Además, permite priorizar y seleccionar un conjunto de indicadores para el monitoreo de un sistema de manejo, que permita guiar procesos de planificación y toma de decisiones. Debido a ello, los marcos de evaluación constituyen un avance importante en los esfuerzos para operativizar el concepto de sustentabilidad (Galván-Miyoshi et al., 2008).

Según la observación que se realice del agroecosistema, la evaluación se puede clasificar en diferentes tipos. Por un lado, si la evaluación se realiza en un tiempo determinado, se denomina de enfoque sincrónico, mientras que, si el agroecosistema es observado en más de un tiempo, es de enfoque diacrónico. Por otro lado, puede ser de tipo per se, si se compara un agroecosistema con valores de referencia, o de tipo comparativa cuando se comparan varios agroecosistemas entre sí (Tonolli y Ferrer, 2018).

Existen numerosos marcos de evaluación, entre las propuestas latinoamericanas, se destacan la Metodología para la Evaluación de Sistemas de Manejo, incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) (Masera et al., 1999), y la Evaluación de Agroecosistemas Mediante Indicadores de Sustentabilidad (Sarandón y Flores, 2009). Estas metodologías se acomodan a diferentes objetivos de evaluación, a distintas escalas, y distintos enfoques (Tonolli y Ferrer, 2018). Éstas, comprenden cuatro grandes fases para analizar de manera integral los agroecosistemas:

1. Caracterización general del/los agroecosistema/s.
2. Construcción y selección de indicadores.
3. Observación/medición de los indicadores seleccionados.
4. Interpretación de resultados y conclusiones.

En base a la bibliografía observada (Lafalla y Céspedes, 2019; Abraham et al., 2014; Abbona et al., 2006; Sarandón et al., 2006), se puede concluir que la metodología más utilizada en Argentina es la propuesta por Sarandón y Flores (2009). Mediante ella se pueden identificar los aspectos que comprometan el logro de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas (puntos críticos) de forma sencilla y de bajo costo a través de la construcción y uso de indicadores. Posteriormente, la metodología propone también, sugerir medidas correctivas y efectuar un monitoreo de los mismos en el tiempo, para lo cual se recomienda desarrollar otra evaluación mediante MESMIS.

Por lo general, siguiendo los requisitos propuestos por Sarandón (2002) para el logro de una agricultura sustentable, se proponen al menos tres dimensiones de evaluación; la ecológica, la económica y la sociocultural. Sin embargo, puede ser de interés profundizar en una sola dimensión, por lo tanto, existen trabajos con un enfoque particular en, por ejemplo, la

dimensión ecológica. Este es el caso de Abbona et al. (2007) y Carmona et al. (2019) realizaron una "Evaluación de sustentabilidad ecológica" utilizando la metodología propuesta por Sarandón y Flores (2009) como marco de referencia.

## 2. Metodología

### 2.1. Área de estudio

#### 2.1.1. Sociosistema

El área de estudio se trata de una parcela de *Vitis vinifera* cv. Malbec situada en el distrito de Perdriel Luján de Cuyo, Mendoza. La finca propiedad de la Bodega Bonfanti, ocupa una extensión de ocho hectáreas de vid pie franco, implantada en 1915, con algunas especies de *Olea europea* (olivo) entre los interfilares. Los propietarios de la bodega además cuentan con otra finca, también implantada con viñedos, ubicada en calle La Capilla, distrito de Barrancas, departamento de Maipú, en la misma provincia.

En cuanto a la estructura de la organización, los trabajadores son principalmente familiares, el padre y el propietario es el encargado del manejo de los viñedos. Sebastián, uno de sus hijos, Ingeniero agrónomo, se encarga de la gestión de toda la bodega, vinos y los viñedos en general. Alejandro, otro de los hijos, es el encargado de la administración y la contabilidad de la organización. La madre y dueña está encargada de la parte turística. En la finca de Luján, así como en la de Maipú, tienen un contrato fijo con una persona en cada una, ambos trabajan en blanco. Para las prácticas de cosecha y poda, donde se requiere mayor personal, se terceriza con una empresa la cual provee los trabajadores necesarios. También existen otros empleados que trabajan en el restaurante y en la bodega para organizar las visitas turísticas.

Se trata de una bodega familiar, que busca maximizar la calidad de sus vinos, por lo que según la tipología agraria vitícola realizada por Martín (2009) corresponde a un tipo social llamado "Empresario" (EM). Esto es debido a que el sujeto de estudio se caracteriza por organizar su producción con trabajo asalariado permanente y poseer capital reflejado en la maquinaria. Según Arroyo (1990) este tipo social, gracias a su disponibilidad de recursos y su forma social, pueden obtener una rentabilidad que permite un ritmo de capitalización superior al de los otros tipos sociales agrarios.

El distrito de Perdriel es uno de los parajes vitivinícolas con más historia de Mendoza, en la zona se pueden encontrar numerosas bodegas y fincas, la mayoría con una producción de mediana y pequeña escala. En los últimos años, debido al avance acelerado de la urbanización, estos espacios rurales están siendo afectados, muchos de ellos siendo desplazados por sectores urbanos. Esto ha generado una presión hacia los propietarios de las fincas y, por esta razón, la familia Bonfanti no ha quedado fuera de esta situación. En este contexto, la mayor preocupación de los propietarios es darles valor agregado a sus productos y diversificarse para no ser desplazados por esta situación.

Para ello se han adaptado numerosas estrategias, una de ellas fue la construcción de una bodega con la que producen ochenta mil botellas (80.000) por año, a partir de la mitad del total de la producción de uvas cosechadas, tanto en la finca ubicada en Luján como en la finca de Maipú. El cuarenta por ciento (40%) de la producción de vinos se exporta a Estados Unidos, mientras que el restante es distribuido en el país, siendo en su gran mayoría vendido a turistas mediante la venta directa o por internet. Esto último, se vio favorecido en el año 2015 con la instalación de un restaurante junto a la bodega, atrayendo de esta manera mayor turismo.

Entre otras estrategias que emplea la Bodega, también se puede mencionar la producción de aceite de oliva. Como así también, los numerosos convenios que generan con otras organizaciones e instituciones como el INTA, el INTI, la municipalidad de Luján, entre otros.

Uno de los acuerdos a destacar, es el proyecto que realizan junto al Servicio Penitenciario Federal, en el que se instruye sobre las labores culturales del viñedo para facilitar la posterior inserción laboral. Para ello, en el año 2021, se realizó una actividad en conjunto para la instalación de un viñedo de 2.300 plantas con distintas variedades de vid en el Complejo Federal N°6.

Finalmente, la estrategia que más energía y tiempo ha demandado, y que aún continúa con mejoras es la incorporación de una parcela experimental para innovar en una nueva forma de agricultura, en el marco del proyecto disciplinario de INTA denominado “Desarrollo de sistemas productivos para áreas de amortiguamiento e interfases urbano/periurbano-rural que promuevan el resguardo ambiental y la producción de calidad”. Esto fue producto no solo de la presión urbano rural y la necesidad de diferenciarse, sino también de la preocupación por parte de los dueños sobre el tipo de agricultura que realizaban y las consecuencias ambientales que esta podía traer.

De esta manera, en el año 2019, se estableció un módulo demostrativo de 0,25 hectáreas con enfoque agroecológico. Mediante análisis de esta parcela y otra de la misma extensión con sistema de producción convencional (0,25 ha), el INTA, a través de diversos ensayos llevados a cabo por diferentes profesionales, elabora informes anuales sobre diferentes parámetros de ambas parcelas. En la actualidad, estas determinaciones permiten evaluar si existen diferencias significativas entre ambos sistemas (Figura 1).



*Figura 1: Parcela experimental bajo manejo con enfoque agroecológico de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo. Fotografía tomada por Alina Landete en octubre 2023.*

Las Figuras 2 y 3 muestran que, las parcelas experimentales se encuentran contiguas sin un área de amortiguación. Ambas están delimitadas al norte por un callejón que las separa de la finca adyacente manejada bajo agricultura convencional. Al oeste, las parcelas limitan con el restaurante, un predio operacional y otros viñedos con manejo convencional de la finca. También en límite está la calle Terrada, la cual sirve de acceso a la finca. Al sur de ambos módulos se encuentra un nuevo callejón que los separa de un espacio rural no cultivado y de una zona urbana. Finalmente, al este se encuentra el resto de los viñedos de la finca que, como se mencionó anteriormente, son manejados de forma convencional.



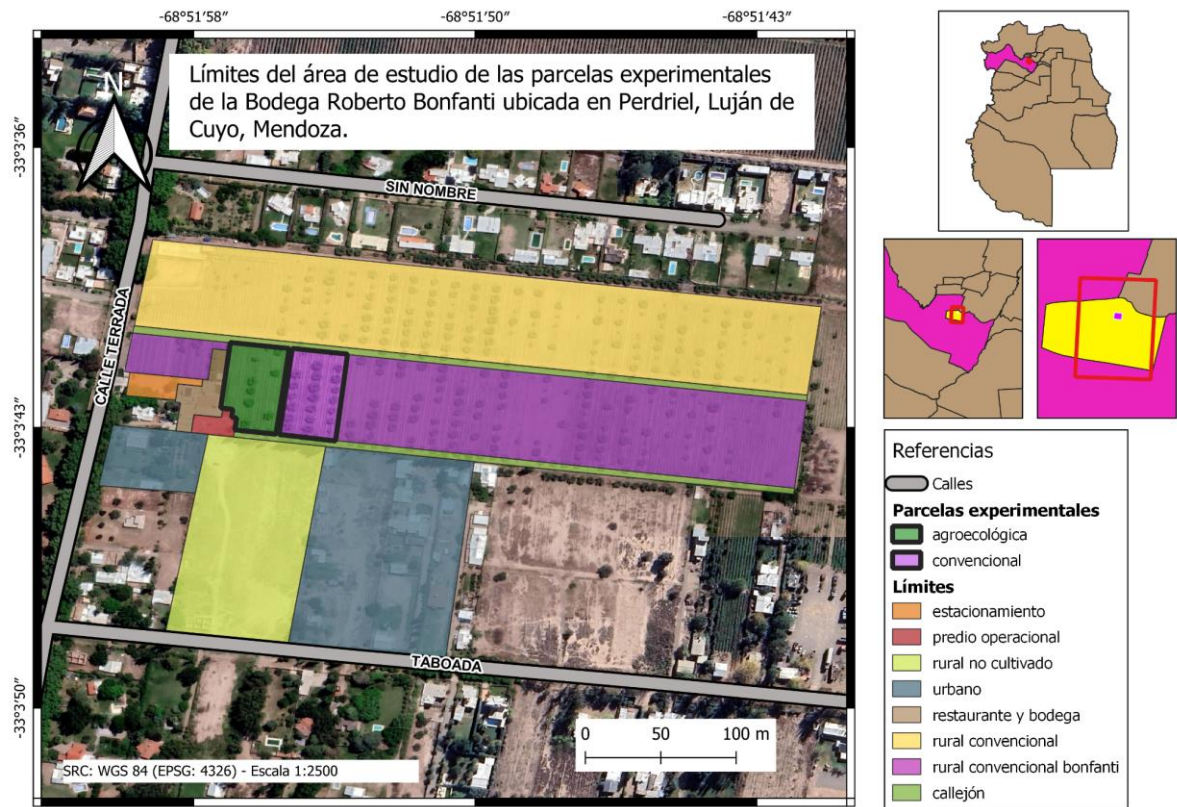


Figura 2: Límites del área de estudio de las parcelas experimentales de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo, Mendoza. En escala 1:2500.

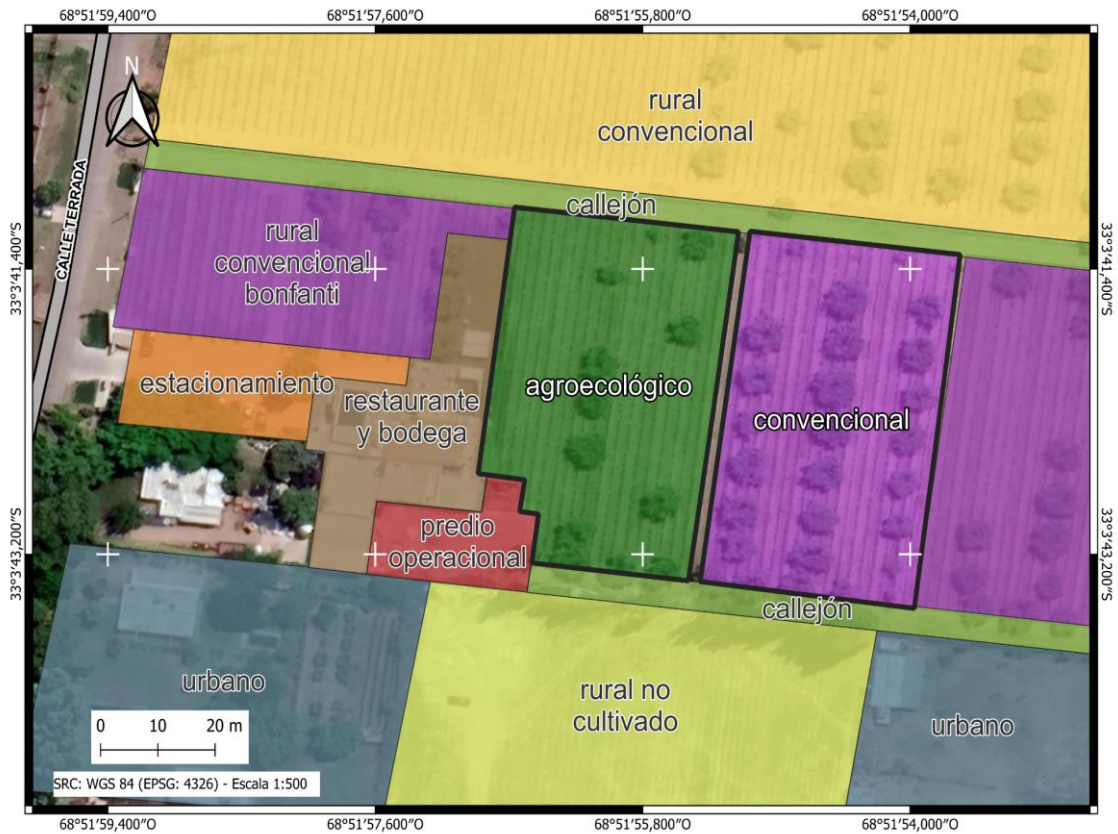


Figura 3: Límites del área de estudio de las parcelas experimentales de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo, Mendoza. En escala 1:500.

## 2.1.2. Ecosistema

La finca está ubicada en la margen sur del río Mendoza, por lo que en la zona se encuentran depósitos de material fino debido a que anteriormente este cauce pasaba por allí. Esto ha generado un perfil típico del suelo, caracterizado por un predominio de capas de textura franca en los primeros setenta centímetros (70 cm), soportadas por gravas y cantos rodados a menos de tres metros de profundidad. Además, esta zona se caracteriza por una pobreza en materia orgánica que, unida a las texturas medianas y gruesas predominantes en profundidad, determinan un escaso poder de retención de agua (Romanella, 1957).

La zona se encuentra en Ecorregión del Monte caracterizado por un clima cálido y seco, con gran variedad térmica diaria y entre estaciones bajo el dominio del clima desértico, con precipitaciones inferiores a los 300 mm anuales (Pol, 2005). Según Catania et al. (2012) el distrito de Perdriel es parte de Zona Alta del Río Mendoza caracterizada por un clima caluroso, de noches frías y de sequía moderada. Entre las contingencias climáticas que mayores impactos generan en los viñedos se destacan el granizo en los meses de verano y las heladas tardías, en los meses de agosto y septiembre, o en casos extremos en octubre y noviembre. También, en algunos años, el viento Zonda suele provocar daños considerables.

Para los viñedos se dispone de riego superficial, el cual deriva de la zona de recarga de la cuenca media y baja del río Mendoza. Por lo tanto, la finca distribuye el agua por superficie por melgas para abastecer el cultivo. Si bien es de interés por parte del productor de instalar un sistema de riego presurizado, mediante goteo, existen limitaciones físicas y técnicas para el mismo. En cuanto a la calidad y la cantidad del agua que ingresa, no se conocen datos, ya que no se miden ninguna de estas dos variables. Sin embargo, el productor reconoce en base a la experiencia que en los últimos años ha faltado agua, esto es evidente debido al contexto de emergencia hídrica por el que atraviesa la provincia.

## 2.1.3. Tecnosistema

### 2.1.3.1. Parcela experimental con manejo convencional

En esta parcela se realiza labranza convencional del suelo, la cual involucra movimientos del suelo mediante cinco pasadas con la rastra de disco a lo largo de la temporada. Este implemento se utiliza para realizar una inversión parcial de la superficie del suelo (Figura 4). De esta manera, se controla la vegetación espontánea, también denominada maleza, que se encuentra entre las hileras de vid, es decir, en el interfilar. Esta práctica es utilizada para eliminar la vegetación espontánea y mantener el suelo desnudo en época de heladas, ya que sirve como defensa pasiva contra las mismas.



*Figura 4: Parcela experimental bajo manejo convencional luego de una pasada de tractor con rastra de disco de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo. Fotografía tomada por Alina Landete en octubre 2023.*



El crecimiento de la vegetación espontánea que se encuentra por debajo de la línea de plantación se controla mediante herbicida químico, generalmente “glifosato”. Esta práctica se realiza con el fin de reducir la competencia con el cultivo y mantener este tipo de vegetación por debajo de la canopia de la vid, para permitir la aireación del cultivo. Este tipo de químicos puede conllevar consecuencias nocivas para el ambiente y los trabajadores. Además, también se puede observar cómo afecta al cultivo al entrar en contacto con este producto (Figura 5).



Figura 5: Hojas de vid afectadas por la aplicación de herbicidas en la parcela con manejo convencional en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo. Fotografía tomada por Alina Landete en enero 2023.

Asimismo, es necesario también utilizar el tractor para las aplicaciones de los productos agrícolas. Uno de ellos es la urea, la cual se aplica para la reposición de nutrientes, si es necesario también se utiliza el fertilizante químico 18-46-0. De la misma manera, se realizan aplicaciones de productos químicos con el tractor para el manejo y control de plagas y enfermedades. En este caso se utilizan fungicidas como “Kumulus” (azufre coloidal) y “Systhane” (polietilenglicol y propilenglicol) contra el Oídio (*Oidium tuckeri*) y contra la Peronóspora (*Plasmopara viticola*) se utiliza caldo bordelés (sulfato de cobre) y “Ridomil Gold” (metalaxil-M y mancozeb). Asimismo, se aplican insecticidas para la polilla de la vid *Lobesia botrana* como “Intrepid” (metoxifenocida), y se colocan dispensers de feromonas de confusión sexual para control de este lepidóptero el cual es plaga principal del cultivo.

En el diagrama de la Figura 6 se observa el complejo de redes de ingreso y egreso de materia y energía del agroecosistema con sistema de producción convencional.

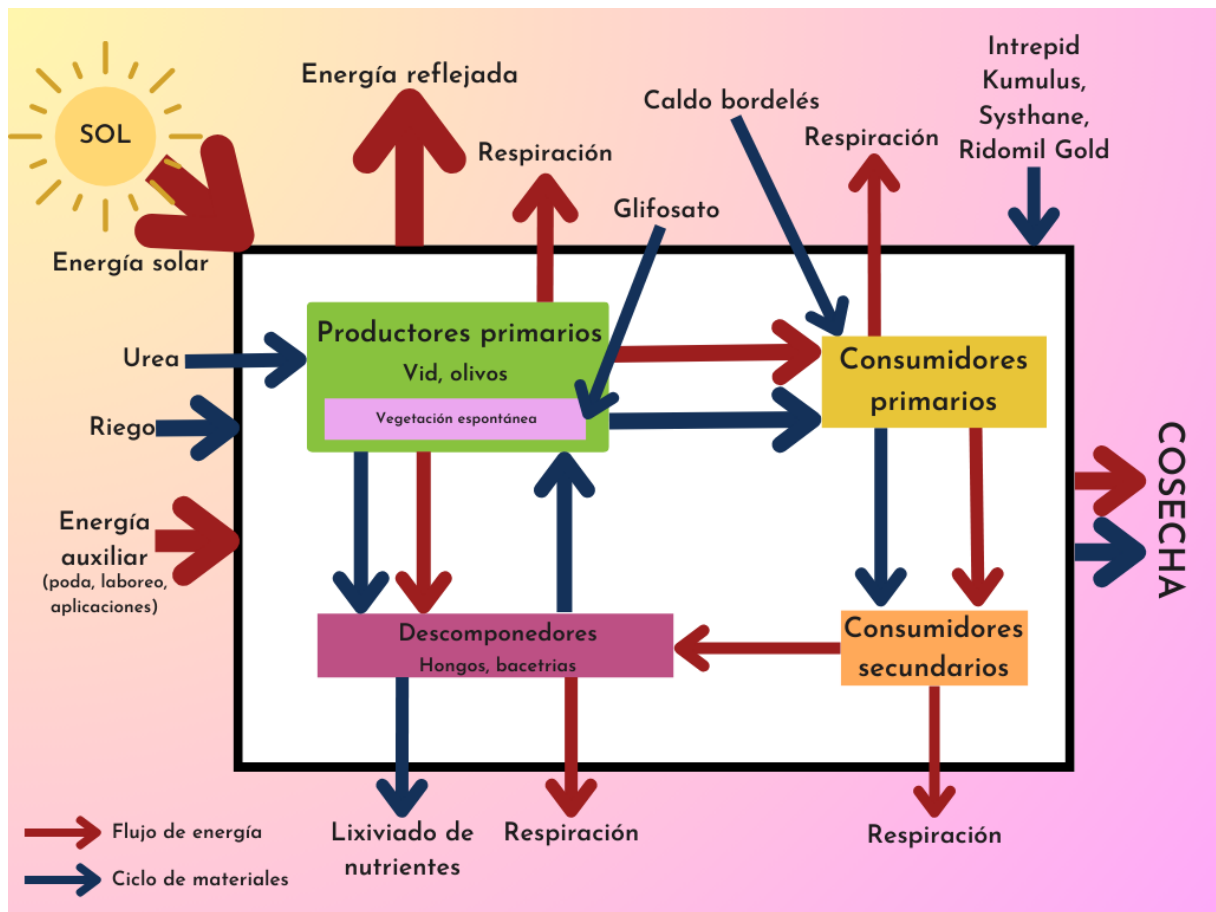


Figura 6: Diagrama de flujo de energía y ciclo de materiales de la parcela bajo manejo convencional en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.

### 2.1.3.2. Parcela experimental con manejo bajo enfoque agroecológico

En esta parcela se realiza labranza reducida del suelo, es decir, hay menor frecuencia o menor intensidad en comparación con el sistema convencional (FAO, 2000). En este caso, se evita la utilización de rastra de discos, solo se pasa si es realmente necesario y se realiza un manejo de la cobertura vegetal en el interfilar (Figura 7). Se busca mantener una vegetación con el fin de potenciar las diversas funciones y servicios ecosistémicos que provee al suelo, tratando de reducir la competencia por recursos con el cultivo principal (vid).

Para ello, cada año se establecen diferentes abonos verdes de especies exóticas sembrados en los interfilares de manera alternada con tres opciones:

1. Perenne: Interfilares sembrados con una mezcla diversa de especies perennes con la función de cobertura permanente del suelo y corredor biológico que favorezca la regulación de poblaciones biológicas (ej.: *Avena sativa* "avena", *Secale cereale* "centeno").
2. Sin sembrar: Interfilares con vegetación espontánea, mantenido durante primavera y verano con suelo descubierto mediante labranzas periódicas.
3. Anual: Interfilares con cultivo de cobertura anual invernal con función de cobertura temporaria y rastrojo (mulching) vegetal seco durante parte del ciclo (ej.: *Trifolium repens* "trébol blanco", *Lolium perenne* "raigrás perenne").



*Figura 7: Interfilares con cobertura vegetal en la parcela experimental bajo manejo con enfoque agroecológico de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo. Fotografía tomada por Alina Landete en octubre 2023.*

Por lo tanto, para el control de la vegetación espontánea, tanto en el interfilar como en la hilera de plantación, se utiliza bordeadora. Con esta herramienta, en época estival, donde el crecimiento vegetativo es mayor, es necesario pasar una vez por semana.

A pesar de que la cantidad de intervenciones en el suelo se disminuyen, sigue existiendo cierta compactación de este recurso debido a la necesidad de la aplicación de productos. En este caso, para el control de plagas y enfermedades se hace uso de azufre mojable para el control del oídio, y “caldo bordelés” (sulfato de cobre) u oxiclورو de cobre para peronóspora. Además, estos productos se complementan con la aplicación de biofertilizantes líquidos denominados “bioles” elaborados por el INTA.

Al igual que el resto de la finca, el riego se maneja en surcos, aunque, debido a la presencia de cobertura vegetal, se supone que el consumo es mayor en esta superficie. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, no se mide el volumen de aplicación, por lo que no se reconoce cuál es el impacto de la presencia de abonos verdes. Finalmente, para la reposición de nutrientes, en este caso no se utilizan insumos químicos, el objetivo es, por un lado, mantener la materia orgánica y, además, favorecer los microorganismos del suelo que permitan una mayor fertilidad del suelo. Por esta razón, se incorporan los restos de la bodega y compost obtenido mediante proveedores externos.

En el diagrama de la Figura 8 se observa el complejo de redes de ingreso y egreso de materia y energía del agroecosistema con sistema de con manejo bajo enfoque agroecológico.

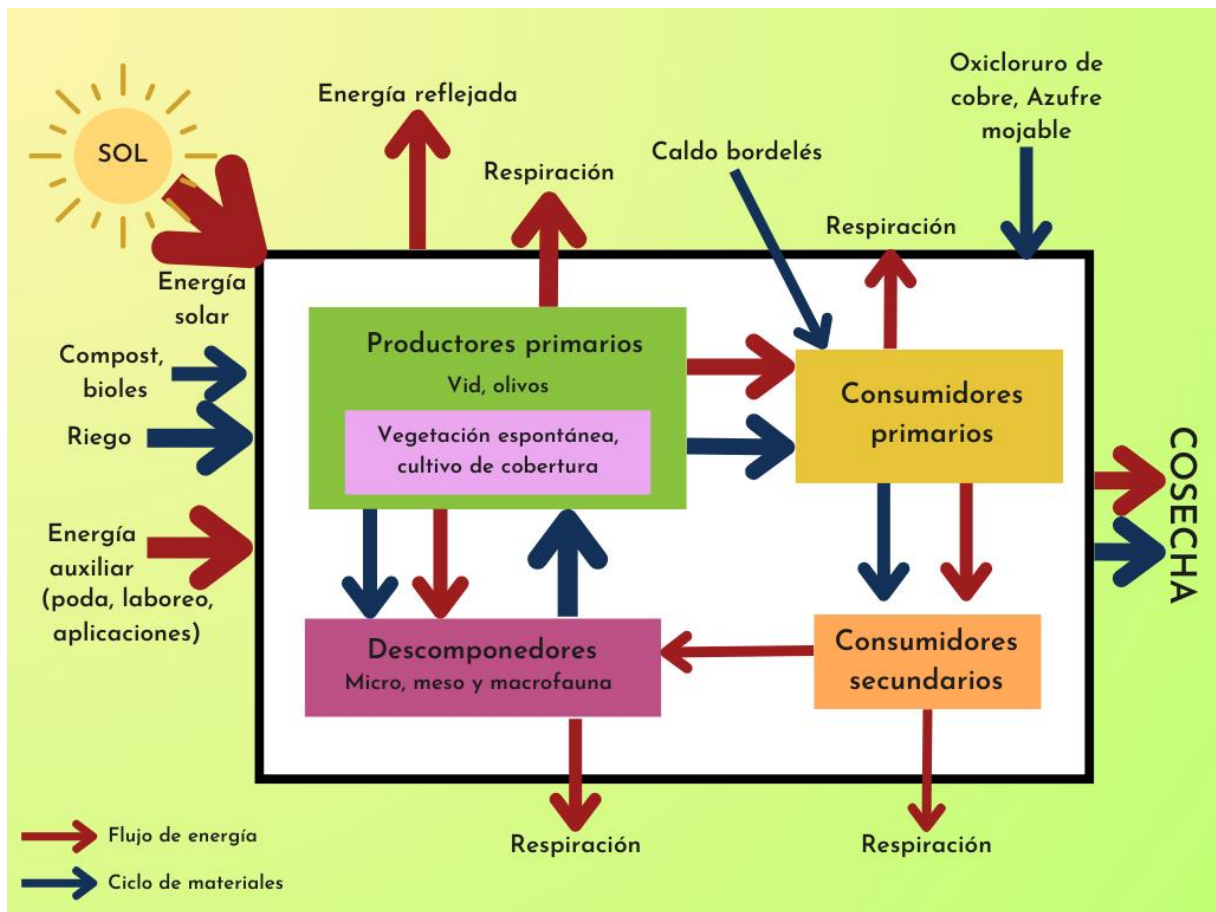


Figura 8: Diagrama de flujo de energía y ciclo de materiales de la parcela bajo manejo convencional en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti en Luján de Cuyo, Perdiel.

## 2.2. Marco conceptual de la sustentabilidad

Para la evaluación de la sustentabilidad ecológica se consideró a la agricultura sustentable como aquella producción que requiere la conservación de los recursos naturales (Abbona et al., 2007). Este modelo productivo debe permitir “mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agroecosistemas) que lo soportan” (Sarandón et al., 2006).

Esta definición, se encuentra a su vez enmarcada en la idea de sustentabilidad fuerte donde se considera que el capital natural, es decir, las reservas ambientales que proveen bienes y servicios (Harte, 1995), no puede ser sustituido por el capital manufacturado. Esto implica que existe un límite a la satisfacción de las necesidades, por lo que no se admite una rentabilidad basada en la degradación de los recursos intra o extraprediales. Por esta razón, según lo que establece el autor, se consideró que el rendimiento del sistema vitícola no puede ser logrado a expensas de los recursos naturales.

En este trabajo se evaluó la sustentabilidad de la dimensión ecológica, es decir, se determinará si el tipo de agricultura analizado es ecológicamente adecuado. Para ello se tuvo en cuenta la hipótesis propuesta por Sarandón et al. (2006), donde se establece que un sistema será ecológicamente sustentable si conserva o mejora la base de los recursos productivos, y evita o disminuye el impacto sobre los recursos extraprediales. Para ello, se propuso la evaluación de cuatro categorías de análisis; la calidad de suelo, la salud del cultivo, la biodiversidad y el manejo técnico del agroecosistema.

## 2.3. Construcción de indicadores

Para la construcción de los indicadores se tuvo en cuenta la metodología propuesta por Sarandón y Flores (2009), que los define como variables, seleccionadas y cuantificadas que permiten ver una tendencia que de otra forma no es fácilmente detectable (Sarandón 2002). Para ello, en primer lugar, se definieron los descriptores de cada una de las categorías de análisis, es decir, aquellas características significativas para el logro de la sustentabilidad de la dimensión ecológica. De esta manera, se pudieron escoger, posteriormente las variables que se consideraban fundamentales de evaluar. Para la evaluación se eligieron indicadores de estado mediante los cuales se aportará información sobre la situación actual del sistema.

Los datos se obtuvieron, principalmente, de una recopilación de la información generada por profesionales del INTA en el marco de un convenio de cooperación con la Bodega Roberto Bonfanti y de una entrevista guiada con el propietario de la Bodega. Además, se consideraron los datos relevados en estas parcelas experimentales por Espinosa (2023), para la evaluación de la biodiversidad de hongos. Asimismo, cabe destacar que, en el marco de la presente tesis, se realizaron muestreos para recopilar datos faltantes, como en el caso de las propiedades físicas del suelo y de la biodiversidad vegetal. Para este último punto, se complementó la información obtenida mediante relevamientos realizados por estudiantes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo.

## 2.4. Estandarización y ponderación de los indicadores

Para la comparación de los indicadores de ambos sistemas, los datos fueron estandarizados, teniendo en cuenta la escala propuesta por Sarandón et al. (2006). Para cada indicador se construyó una tabla de cinco categorías donde se le otorgó a cada una de ellas un valor estandarizado de 0 a 4, siendo 4 el mayor valor de sustentabilidad y 0 el más bajo. Todos los valores de los indicadores elegidos, independientemente de su unidad original, se transformaron o adecuaron a esta escala.

Posteriormente, se construyeron índices para cada uno de los descriptores, de las categorías de análisis y, finalmente, un índice de sustentabilidad ecológica. En las fórmulas generadas los indicadores fueron ponderados multiplicando el valor de la escala por un coeficiente, de acuerdo a la importancia relativa de cada variable respecto a la sustentabilidad. En este trabajo, la ponderación se realizó en base a la bibliografía tenida en cuenta para la construcción de los indicadores.

# 3. Descripción y construcción de los indicadores e índices

## 3.1. Indicadores de la sustentabilidad ecológica

Para la evaluación de la sustentabilidad en la dimensión ecológica se obtuvieron indicadores estandarizados y ponderados para las siguientes categorías de análisis: calidad de suelo; calidad de cultivo; biodiversidad; manejo de suelo y manejo de plagas y enfermedades. Los indicadores se encuentran representados en la Tabla 1.



Tabla 1: Descriptores e indicadores seleccionados para cada categoría de análisis para la evaluación de sustentabilidad ecológica.

<b>Categoría de análisis</b>	<b>Descriptores</b>	<b>Indicador</b>
Calidad de suelo	Propiedades químicas	Contenido de materia orgánica (%)
		Salinidad (CEes) (dS m <sup>-1</sup> )
		Contenidos de N (ppm)
		Contenidos de P (ppm)
		Contenidos de K (ppm)
		Relación C/N
	Propiedades físicas	Resistencia a la penetración (KPa)
		Densidad aparente (g cm <sup>-3</sup> )
Propiedades biológicas	Actividad microbiológica total (mg CO <sub>2</sub> g suelo <sup>-1</sup> 7d <sup>-1</sup> )	
Salud del cultivo	Salud del cultivo	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
		Incidencia de la enfermedad de peronospora de la vid (%)
Biodiversidad	Biodiversidad vegetal	Índice de Shannon para la biodiversidad vegetal
	Biodiversidad de insectos y arañas	Índice de Shannon para la biodiversidad de insectos y arañas
	Biodiversidad de hongos y bacterias	Índice de Shannon para la biodiversidad hongos y bacterias
Manejo técnico del agroecosistema	Manejo de la labranza	Tipo de labranza en el interfilas
	Manejo de la cobertura vegetal	Época del año y área de cobertura vegetal
		Estrategia para el manejo de coberturas vegetales (en el interfilas)
		Tipo de control de la cobertura vegetal
	Manejo de nutrientes	Tipo de manejo de nutrientes
	Manejo de plagas y enfermedades	Tipo de manejo de plagas y enfermedades



### 3.1.1. Calidad de suelo

El recurso suelo puede ser reconocido como “un sistema vivo, dinámico, que emerge a través de un equilibrio e interacción de sus componentes biológicos, químicos y físicos” (Medina, 2018). Es por ello, que de acuerdo a Karlen et al. (1997), la calidad de este recurso es entendida como: “La capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat”.

Debido a que un buen funcionamiento del suelo es fundamental para la agricultura, la conservación y evaluación de su calidad es crucial para llevar a cabo una agricultura sustentable. Por lo tanto, si bien la calidad del suelo no puede medirse directamente, se puede estimar mediante la medición de otras variables, como sus propiedades químicas, biológicas y físicas (Seybold et al., 1997).

Las variables que deben ser evaluadas, están relacionadas con el ecosistema donde se desarrolla la agricultura. En el caso de la viticultura mendocina, extendida principalmente en climas áridos y semiáridos, el Protocolo de Bodegas Argentinas (2018) propone hacer un seguimiento de variables como salinidad, conservación de la estructura, materia orgánica y microorganismos de suelo.

A su vez, en esta evaluación también tuvo en cuenta que, en la Provincia, los suelos son inmaduros debido al tiempo de formación y los procesos climáticos y topográficos que han interactuado con las deposiciones sucesivas de materiales provenientes de la erosión de las rocas cordilleranas (Martínez, 2011). Por lo tanto, los mismos son catalogados como pobres, por su escaso contenido de materia orgánica (MO) y nutrientes disponibles, y por su baja capacidad de retención de agua (Filippini, 2008).

#### Propiedades químicas

##### Contenido de materia orgánica

La materia orgánica del suelo constituye un sistema complejo y heterogéneo, el cuál influye, entre otras cosas, en su estructura, en el pH y su capacidad de amortiguación, como así también en la actividad de los organismos del suelo (López, 2009). Por esta razón, debido a su influencia en las propiedades del suelo y, por ende, en su capacidad de funcionar, se considera como un indicador clave de la calidad del suelo (Seybold et al., 1997). Debido a esto, es fundamental mantener y/o aumentar el contenido de materia orgánica en el suelo para la sustentabilidad en el agroecosistema (Wilson, 2017).

Generalmente, en suelos agrícolas, el contenido de materia orgánica oscila entre 0,5 a 10% (Reilly et al., 2002). Sin embargo, es importante destacar que, en Mendoza, las condiciones climáticas caracterizadas por bajas precipitaciones y altas temperaturas contribuyen a una rápida degradación de los restos orgánicos. Esto genera como resultado, que la acumulación de materia orgánica en estos suelos se vea limitada, y su contenido generalmente se encuentre en un margen más reducido, que va desde un 0,5 a un 1,5% (Martínez, 2011). En base a esto, se representan en la Tabla 2 aquellos valores considerados para la sustentabilidad en un ecosistema.

Tabla 2: Estandarización de los valores del contenido de materia orgánica (%) en el suelo. Fuente: Martínez, 2011.

Indicador	Valor	Valor estandarizado
Porcentaje de materia orgánica (%)	Muy bajo <0,50	0
	Bajo 0,51 - 1,00	1
	Medio 1,01- 1,50	2
	Alto 1,51 - 2,00	3
	Muy alto > 2,00	4

### Salinidad

Las sales son esenciales para el crecimiento de las plantas, aunque un exceso puede inhibir su crecimiento. Esta acumulación puede deberse tanto a factores naturales (litológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrológicos) como antrópicos. Por este motivo es importante medir la concentración o cantidad de sales presentes en el suelo a través de lo que se conoce como conductividad eléctrica (CE). Por lo general, se considera que un suelo es salino cuando la conductividad eléctrica en el extracto de pasta saturada (CEes) es igual o superior a 4 deciSiemens por metro ( $\text{dS m}^{-1}$ ) a 25°C.

Los efectos de la salinidad sobre las plantas dependen de la tolerancia de cada especie y variedad, así como el estado de desarrollo (Porta et al., 2008). En el caso de la vid, según Grieve et al. (2012) a partir de los  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ , comienza a decrecer el crecimiento del brote. Fontela et al. (2009) agregan que la planta generalmente puede tolerar un suelo con conductividad eléctrica de hasta 3 a  $4 \text{ dS m}^{-1}$ , salinidad que podría causar disminución en la producción sin llegar a provocar una intoxicación. En base a esto, se construyó la escala que se encuentra en la Tabla 3.

Tabla 3: Estandarización de los valores de conductividad eléctrica en el extracto de pasta saturada del suelo ( $\text{dS m}^{-1}$ ). Fuente: Grieve et al., 2012; Fontela et al., 2009.

Indicador	Valor	Valor estandarizado
CEes ( $\text{dS m}^{-1}$ )	Extremadamente salino (> 4,0)	0
	Fuertemente salino (3,1 - 4,0)	1
	Salino (1,6 - 3,0)	2
	Ligeramente salino (1,1 - 1,5)	3
	No salino (0 - 1)	4

### Contenidos de Nitrógeno, Fósforo y Potasio

El crecimiento y salud de las plantas y, por ende, de la producción vitivinícola, dependen de un suministro adecuado de nutrientes (Seybold et al., 1997). La cantidad requerida de los mismos es variable según la especie, en el caso de la vid, entre los nutrientes de mayor demanda se destacan Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) (Martínez, 2011).

Asimismo, como se mencionó anteriormente, para la evaluación de esta variable, se debe tener en cuenta el bajo contenido de nutrientes que se encuentran en los suelos de la provincia, los cuales generalmente son deficitarios de N, P y Mg (Vallone y Nijenshon 2002). En este caso se decidió hacer énfasis en las concentraciones de N, P y K a partir de la escala representada en la Tabla 4.

*Tabla 4: Estandarización de los valores concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en el suelo expresados en partes por millón (ppm). Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, s.f.*

<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor estandarizado</b>
Concentración de N (ppm)	Muy bajo (N: <400)	0
	Bajo (N: 400 - 600)	1
	Medio (N: 600 - 800)	2
	Alto (N: 800 - 1000)	3
	Muy alto (N: >1000)	4
Concentración de P (ppm)	Muy bajo (P: <2,5)	0
	Bajo (P: 2,5 - 3,5)	1
	Medio (P: 3,5 - 4,5)	2
	Alto (P: 4,5 - 6,5)	3
	Muy alto (P: >6,5)	4
Concentración de K (ppm)	Muy bajo (K: <50)	0
	Bajo (K: 50 - 100)	1
	Medio (K: 100 - 150)	2
	Alto (K: 150 - 200)	3
	Muy alto (K: >200)	4

#### Relación Carbono / Nitrógeno

El contenido de nutrientes disponibles en el suelo depende de los procesos de mineralización e inmovilización. El primero hace referencia a la conversión de compuestos orgánicos a inorgánicos, mientras que el segundo consiste en el proceso opuesto. Ambos están condicionados a la proporción que exista entre los contenidos de carbono y nitrógeno (C/N). Esta relación se expresa en partes de carbono sobre partes de nitrógeno alcanzando valores de 4 a 20.

Un suelo con una relación baja (menor a 8) se interpreta como un suelo con excesiva mineralización. Por el contrario, en un suelo con una relación elevada (mayor a 12), estarán favorecidos los procesos de inmovilización. Por lo tanto, se considera que una relación óptima de C/N se encuentra alrededor de 10, puesto que ambos procesos se favorecen por igual (López, 2009). En base a estos valores se representa en la Tabla 5, aquellas relaciones de C/N que permitirán un agroecosistema más sustentable.

Tabla 5: Estandarización de los valores de la relación entre el carbono y el nitrógeno (C:N) en el suelo. Fuente: López, 2009.

Indicador	Valor	Valor estandarizado
Relación C:N	Extremadamente baja/elevada (<4,00 o > 20,00)	0
	Fuertemente baja/elevada (4,01 - 6,00 o 15,01 - 20,00)	1
	Medianamente baja/elevada (6,01 - 8,00 o 12,01 - 15,00)	2
	Ligeramente baja/elevada (8,01 - 10,00 o 11,01 - 12,00)	3
	Óptima (10,01 - 11,00)	4

### Propiedades físicas

Como se mencionó, una de las variables recomendadas a evaluar es la conservación de la estructura, lo que requiere del monitoreo de fenómenos como la compactación del suelo. Este hecho implica alteraciones de varias características que generan consecuencias en la producción de cultivos y en procesos degradativos del suelo. Generalmente, para el estudio de compactación del suelo se evalúan variables como la resistencia a la penetración y la porosidad (De León González et al., 1998).

#### Resistencia a la penetración

La resistencia a la penetración es una medida de la facilidad con la cual un objeto puede ser empujado dentro del suelo, generalmente se mide a través de un penetrómetro, instrumento que permite conocer con gran rapidez la fuerza que opone el suelo a la entrada del cono que tiene en su extremo (United States Department of Agriculture [USDA], 1999; González et al., 1998). Esta variable ofrece información sobre capas que puedan generar un impedimento para el crecimiento de las raíces y permiten comparar resistencias entre tipos similares del suelo. En base a estudios donde se ha empleado la resistencia a la penetración como indicador de la compactación en suelos agrícolas (Busscher y Lipiec, 1993; González et al., 1998) se construyó la Tabla 6.

Tabla 6: Estandarización de los valores de la resistencia a la penetración del suelo expresados en kilo Pascal (kPa). Fuente: Busscher y Lipiec, 1993; González et al., 1998.

Indicador	Valor	Valor estandarizado
Resistencia a la penetración (kPa)	Extremadamente alta (3.001 KPa)	0
	Muy alta (2.167 - 3.000 KPa)	1
	Alta (1.334 - 2.166 KPa)	2
	Media (501 - 1.333 KPa)	3
	Baja (<500 KPa)	4

## Densidad aparente

Para medir la compactación del suelo también se puede utilizar la densidad aparente, que representa el peso del suelo para un volumen determinado. Generalmente se interpreta que mientras mayor sea el valor de densidad, menor será el espacio poroso para el movimiento del agua, crecimiento y penetración de raíces, y el desarrollo de las plántulas. Para el análisis de esta variable se debe tener en cuenta la textura del suelo, en el caso de las parcelas experimentales ambas tienen una clasificación textural “franco”. Teniendo en cuenta esta textura se construyó la Tabla 7, considerando las densidades aparentes ideales para alcanzar una calidad de suelo óptima.

Tabla 7: Estandarización de los valores de la densidad aparente del suelo (g cm<sup>3</sup>). Fuente: USDA, 1999.

Indicador	Valor	Valor estandarizado
Densidad aparente (g cm <sup>3</sup> )	Muy alto (> 1,76)	0
	Alto (1,61 - 1,75)	1
	Medio (1,46 - 1,60)	2
	Bajo (1,31 - 1,45)	3
	Ideal (< 1,30)	4

## Propiedades biológicas

### Actividad microbiológica del suelo

Si bien la biología del suelo no está compuesta únicamente por microorganismos, sino que también la macro y meso fauna cumplen funciones fundamentales, en este apartado se ha considerado tener en cuenta la actividad microbiológica del suelo. Los microorganismos tienen la capacidad de descomponer una amplia variedad de moléculas orgánicas generando dióxido de carbono (Martínez, 2011). Estas funciones son centrales para los procesos de descomposición y ciclado de nutrientes (Medina, 2018).

Por lo tanto, se considera a la actividad microbiana como un indicador positivo de la calidad del suelo. Generalmente, se mide a través de la respiración, es decir, en términos de producción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (USDA, 1999). Para este caso, la construcción de la Tabla 8 se realizó en base a valores de actividad microbiológica total observados en otros estudios, tanto en Mendoza (Martínez et al. 2017) como en otras zonas del país (Perez-Brandán et al., 2012; Ambrosino et al., 2021).

Tabla 8: Estandarización de los valores de la actividad microbiológica total del suelo (mg CO<sub>2</sub> g suelo<sup>-1</sup> 7d<sup>-1</sup>). Fuente: Martínez et al. 2017; Perez-Brandán et al., 2012; Ambrosino et al., 2021.

Indicador	Valor	Valor estandarizado
Actividad microbiológica total (mg CO <sub>2</sub> . g suelo <sup>-1</sup> .7d <sup>-1</sup> )	Muy baja (< 0,20)	0
	Baja (0,19 - 0,35)	1
	Media (0,36 - 0,52)	2
	Alta (0,53 - 0,69)	3
	Muy alta (óptima) (> 0,70)	4

### 3.1.2. Salud del cultivo

Uno de los puntos críticos para lograr una viticultura sustentable es la salud del cultivo, ya que la misma determina la estabilidad de los rendimientos del viñedo. La elección de los indicadores en este caso se basó en un estudio de Nicholls et al. (2004) donde se evalúa la salud del viñedo a través de variables como la apariencia del cultivo, el nivel de incidencia de plagas y enfermedades, la tolerancia a vegetación espontánea invasiva (malezas), el crecimiento de la planta y el rendimiento potencial.

#### Rendimiento

Una de las variables que se pueden utilizar como indicador del estado del viñedo es el rendimiento del mismo, es decir, el peso de las uvas que se producen por hectárea. Este indicador depende de la variedad, el pie, la estructura, las características del lugar, la edad y estado de la viña, el manejo, la cosecha, la incidencia de factores climáticos y la tecnología disponible (Winkler, 1965). Por lo tanto, los valores de referencia en este caso se establecieron de acuerdo a la bibliografía encontrada sobre Luján de Cuyo (Rodríguez et al., 1999), donde se señala que el rendimiento promedio de Malbec es de 7.451 kilogramos por hectárea ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

Es importante considerar que, generalmente en la zona esta variedad se encuentra implantada con alta densidad, como en el caso de la Bodega Roberto Bonfanti donde se encuentran 6.500 plantas por hectárea ( $\text{pl ha}^{-1}$ ). Por lo que el rendimiento difiere respecto a otros valores propuestos por autores como Martínez De Toda (2011), quien señala que la producción máxima de uva de calidad es de  $9.000 \text{ kg ha}^{-1}$  para una densidad de  $3.500 \text{ pl ha}^{-1}$ . Teniendo en cuenta esos criterios se construyó la Tabla 9 para los rendimientos expresados en kilogramos de uva por hectárea.

Tabla 9: Estandarización de los valores de rendimiento del cultivo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Fuente: Rodríguez et al., 1999.

Indicador	Valor	Valor estandarizado
Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Muy bajo (< 5.000 $\text{kg/ha}$ )	0
	Bajo (5.001 $\text{kg/ha}$ - 6.000 $\text{kg/ha}$ )	1
	Medio (6.001 $\text{kg/ha}$ - 7.000 $\text{kg/ha}$ )	2
	Alto (7.001 - 8.000 $\text{kg/ha}$ )	3
	Muy alto (óptimo) (>8.001 $\text{kg/ha}$ )	4

#### Incidencia de plagas y enfermedades

Las vides son susceptibles a un gran número de enfermedades, algunas más graves que otras, generalmente siendo más difícil su control mientras más húmedo sea el clima en verano (Winkler, 1965). En Mendoza, entre las enfermedades que pueden causar daños de severa importancia se encuentran los hongos *Plasmopara viticola*, agente causal de la enfermedad llamada peronóspora de la vid y *Oidium tuckeri* que causa el oídio de la vid. Asimismo, se puede encontrar un complejo de hongos responsables de la podredumbre de los racimos, como los géneros: *Botrytis*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Alternaria* y *Cladosporium* (Strafile y Becerra, 2001).

En cuanto a las plagas, existen diversas clases de insectos y ácaros que atacan las vides, como lo son polilla del racimo (*Lobesia botrana*), perla de la vid (*Margarodes vitis*), filoxera (*Dactylosphaera vitifolii*), cochinilla harinosa de la vid (*Planococcus ficus*), las hormigas

cortadoras (*Acromyrmex spp.*), entre otras (INTA, 2022). Sin embargo, se debe recordar que la sola presencia de estos organismos no siempre implica daño, por lo que hay que estudiar en profundidad sus hábitos y su dinámica poblacional, antes de considerarla plaga (Winkler, 1965).

En el caso de la Bodega Bonfanti, en los últimos años se ha observado únicamente la presencia de la enfermedad Peronospora de la vid. Por lo que, en este caso, únicamente se analizó el porcentaje de incidencia de esta enfermedad. Este fue evaluado como el número de hojas afectadas (con síntomas) por el total de hojas evaluadas, representado en porcentaje. En la Tabla 10 se indicaron aquellos valores de incidencia de esta enfermedad considerados como menos sustentables, siendo el óptimo una baja o nula aparición de la afectación.

*Tabla 10: Estandarización de los valores de la incidencia de la enfermedad Peronospora de la vid (%). Fuente: Nicholls, 2004.*

<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor estandarizado</b>
Incidencia de la enfermedad Peronospora de la vid (%)	Muy alta (> 75,01)	0
	Alta (60,01 - 75,00)	1
	Media (30,01 - 45,00)	2
	Baja (15,01 - 30,00)	3
	Muy baja (0,00 - 15,00)	4

### 3.1.3. Biodiversidad

La diversidad biológica, también denominada biodiversidad, tiene una gran importancia en el mantenimiento de las funciones ecológicas en los agroecosistemas (Sarandón, 2019). Esto es debido a que favorecen procesos tales como la regulación biótica de organismos perjudiciales, reciclado de nutrientes, y la producción y acumulación de biomasa, permitiendo así al agroecosistema solventar su propio funcionamiento y, por ende, ser sustentable (Altieri, 2002). Adicionalmente, son cada vez más las evidencias que demuestran que los sistemas con una elevada biodiversidad son más sustentables y conservan mejor los recursos (Nicholls y Altieri, 2002). Por esta razón, se puede definir la biodiversidad agrícola como:

Todos los componentes de la diversidad biológica pertinentes a la alimentación y la agricultura, y todos los componentes de la diversidad biológica que constituyen el ecosistema agrícola, las variedades y variabilidad de animales, plantas y microorganismos en los niveles genético, de especies y de ecosistemas que son necesarios para mantener las funciones principales de los ecosistemas agrarios, su estructura y procesos (UNEP/CBD/COP/5/23, 2000, pp 103).

En los viñedos, según Altieri et al. (2007), la biodiversidad puede ser planificada o asociada. La primera hace referencia a las vides y a los cultivos de cobertura y corredores, la cual es estudiada en este trabajo mediante la variable "Biodiversidad vegetal". La segunda incluye toda la flora y la fauna que se traslada a los viñedos desde ambientes circundantes. Ambas son cruciales para lograr un agroecosistema sustentable, debido a que desarrollan propiedades ecológicas que aumentan su capacidad de autorregulación.

En el presente trabajo, se evaluó la biodiversidad vegetal, de insectos y de arañas, de hongos y de bacterias. Para esto, se utilizó el Índice de Shannon (H), el cual tiene en cuenta el número de especies presentes en la comunidad (Riqueza de especies) y la proporción en la que se

encuentran representadas cada una de las especies o cobertura de las misma (Equitatividad). La fórmula de este se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Shannon } H = - \sum p_i \cdot \ln(p_i)$$

Donde “pi” representa la abundancia relativa de cada especie (cobertura o de la especie / cobertura total) (Flores, 2019).

Se construyó una única tabla para la interpretación de los valores obtenidos para los tres tipos de biodiversidad estudiadas. Un mayor valor de este índice representa un mayor valor de biodiversidad, lo cual es favorable en la búsqueda de un agroecosistema sustentable. A su vez, se debe tener en cuenta, que cualquier tipo de agricultura implica la simplificación del sistema y, por consecuencia, una reducción importante de la biodiversidad (Sarandón, 2019). Por lo tanto, si bien un valor igual a 5 se considera como alto y óptimo en un ecosistema natural (Flores, 2019), en este caso se ha considerado un valor de 3 como óptimo para un agroecosistema sustentable (Tabla 11).

*Tabla 11: Estandarización de los valores del índice de Shannon para la biodiversidad. Fuente: Flores, 2019.*

Indicador	Valor	Valor estandarizado
Índice de Shannon	Biodiversidad muy baja (0,00 - 0,60)	0
	Biodiversidad baja (0,61 - 1,20)	1
	Biodiversidad media (1,21 - 1,80)	2
	Biodiversidad alta (1,81 - 2,40)	3
	Biodiversidad muy alta y óptima (> 2,41)	4

### Biodiversidad vegetal

Una de las estrategias que se proponen para aumentar la biodiversidad de un agroecosistema, es el aumento de la diversidad vegetal. En el caso de la viticultura generalmente se considera al interfilar del viñedo como el nicho para favorecer esta propiedad. Esto se puede lograr a través de la implantación de abonos verdes o permitiendo el crecimiento de las malezas, también denominada vegetación espontánea (Roy, 2023).

El aumento de la biodiversidad vegetal es generalmente una de las primeras estrategias que se implementa para la transición hacia un agroecosistema sustentable. Esto se debe a que esta biodiversidad provee de funciones como el reciclaje de nutrientes; el control del microclima local, la regulación de procesos hidrológicos locales, la regulación de la abundancia de organismos indeseables y la detoxificación de residuos químicos nocivos (Nicholls y Altieri, 2002). Por ejemplo, una mayor diversidad florística podría proveer de recursos florales a especies que se manifiestan como parasitoides, depredadores y polinizadores (Matienzo et al., 2010).

### Biodiversidad de insectos y arañas

Otro de los tipos de biodiversidad importante en un agroecosistema es la referida a los animales, en este caso, se ha estudiado la importancia de los insectos y las arañas. Estos grupos tienen un rol fundamental en la estructura de las redes ecológicas, en la biorregulación de plagas, en el ciclaje de varios elementos esenciales y en la polinización (Matienzo et al., 2010; Díaz et al., 2017; Páez et al., 2022). Por esta razón, se considera una variable fundamental a analizar para alcanzar la sustentabilidad en un agroecosistema.



## Biodiversidad de hongos

Como se mencionó anteriormente, mantener buenas condiciones físicas, químicas y biológicas en el suelo es crucial para mantener la sustentabilidad del agroecosistema. Por lo tanto, otra de las estrategias que pueden implementarse para aumentar la biodiversidad de un ecosistema, consiste en incrementar la diversidad de microorganismos en el suelo. Con el fin de lograr una agricultura sustentable se deben aprovechar las funciones de las que participan, como lo son; la fijación de nitrógeno, la degradación de celulosa, la incorporación de fósforo a la planta, la interacción con otros microorganismos y en el control biológico (Olalde y Aguilera, 1998).

Si bien se debe mantener valores altos de biodiversidad de microorganismos, aún se desconoce cuál es el valor necesario para que un suelo agrícola funcione de manera óptima. Lo que sí se conoce es que entre los organismos más numerosos se encuentran principalmente bacterias y, en segundo lugar, con menor abundancia, pero mayor biomasa, hongos. En este caso, se evaluará únicamente la biodiversidad del segundo grupo debido a que las bacterias implican un proceso de identificación muy complejo.

### 3.1.4. Manejo técnico del agroecosistema

Para el logro de una agricultura sustentable es crucial implementar prácticas que conserven los recursos naturales y las funciones ecológicas del agroecosistema. Para ello se pueden aplicar estrategias que eviten el uso de productos químicos sintéticos, que preserven la biodiversidad, que incrementen la cantidad y variedad de materia orgánica añadida en el suelo (Bedano et al., 2022) y reduzcan la cantidad de movimientos en el suelo (labranzas).

#### Manejo de labranza

Las labranzas o las labores de cultivo, hacen referencia a los trabajos de aflojamiento, de volteo, o de preparación del suelo, los cuales son generalmente realizados por medios mecánicos alrededor y, entre las plantas en crecimiento. En el caso de la viticultura, se incluyen a todas las diversas maniobras mecánicas que se hacen en el suelo de un viñedo, después de que las vides han sido plantadas. Entre estas se incluyen:

- Controlar las malezas, también denominada vegetación espontánea.
- Facilitar los trabajos de viñedo; tales como el riego y la cosecha.
- Preparar el suelo para los cultivos de cobertura o abonos verdes.
- Incorporar al suelo restos vegetales, abonos orgánicos y/o fertilizantes (sólidos).
- Promover la absorción del agua, en los casos donde los trabajos en el viñedo hayan producido la compactación de la superficie (Winkler, 1965).

En base a la bibliografía (FAO, 2000; Abraham et al., 2014) en este trabajo se estableció la siguiente clasificación en cuanto al tipo de labranza según la cantidad de pasadas que se realicen con el tractor:

- 1) Labranza convencional: involucra la inversión del suelo, ya sea parcial o total, con más de tres pasadas en el interfilas por temporada.
- 2) Labranza cero: no se realizan intervenciones en el suelo, es decir no se pasan implementos, por lo que no se incorpora la materia orgánica y generalmente implican el uso de herbicidas para el control de la vegetación espontánea.
- 3) Labranza conservacionista: hace referencia a la reducción de la pasada del tractor para lograr el movimiento mínimo del suelo, permite la incorporación de materia orgánica y no requiere de herbicidas para el control de la vegetación espontánea.

A su vez, según los implementos que se utilicen, las labranzas se pueden clasificar en:

- 1) Labranza horizontal: implica la inversión total del suelo, se utilizan implementos como el arado o la rastra de discos, donde se rompe la estructura del suelo y se lo deja descubierto de vegetación.
- 2) Labranza vertical: implica la inversión parcial del suelo, se utilizan implementos como el cincel, el vibrocultivador o el subsolador, conservando la estructura y los rastros existentes en la superficie.

Para la conservación de la humedad, la materia orgánica y los organismos del suelo, se deben realizar las mínimas labranzas posibles para evitar impactar en la estructura del suelo. A su vez, con este tipo de labranzas se logran otros beneficios como economizar el tiempo y combustible, disminuir la erosión, aumentar la infiltración y retención de agua (Greco y Uliarte, 2019). Por lo tanto, para lograr un agroecosistema sustentable se considera que se debe implementar una labranza conservacionista y vertical (Tabla 12). Es importante aclarar que la labranza cero no se consideró como la opción más sustentable debido a que, aunque promueve una mayor conservación del suelo, implica la utilización de herbicidas.

*Tabla 12: Estandarización de los valores los tipos de labranza realizados en el interfilas. Fuente: Fontana, 2013; Bodegas de Argentina, 2018; Greco y Uliarte, 2019.*

<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor estandarizado</b>
Tipo de labranza en el interfilas	Se realiza una labranza convencional y horizontal.	0
	Se realiza una labranza convencional y vertical.	1
	Se realiza una labranza cero.	2
	Se realiza una labranza conservacionista y horizontal.	3
	Se realiza una labranza conservacionista y vertical.	4

### Manejo de cobertura vegetal

La agricultura convencional tiene como objetivo el aumento del rendimiento de un solo cultivo, generando de esta manera grandes superficies de lo que se denomina monocultivo. En el caso de la viticultura, la vid ocupa raramente más del 30% de la superficie de una parcela, por lo que el restante podría ser abarcado por otras especies vegetales cultivadas y no cultivadas (Roy, 2022). Este tipo de vegetación denominado cobertura vegetal aporta numerosos beneficios tales como: la mejora del contenido de carbono en el suelo, la descompactación del suelo, el suministro de biomasa y materia orgánica al suelo, efectos positivos en la competencia con malezas y la regulación de plagas, entre otros.

Por lo tanto, debido a los servicios ecosistémicos que brinda, la implementación de vegetación, tanto en el interfilas como al pie de la hilera de plantación constituye una de las estrategias clave para la transición a viñedos sustentables. Por ejemplo, según un estudio realizado por Uliarte (2004) las coberturas vegetales permanentes tienen un efecto sobre el microclima. Entre estos efectos se pueden mencionar; la disminución de la cantidad y la calidad de la luz reflejada, la reducción de la amplitud térmica del suelo, la generación de un ligero aumento de la humedad relativa en la canopia durante la noche. A su vez, se observó también una reducción del crecimiento vegetativo y de los rendimientos de la planta de vid, lo cual puede generar repercusión en la composición del fruto y, por ende, del vino.

En base a lo expuesto, es necesario lograr un manejo de la cobertura vegetal que promueva sus beneficios sin competir con la vid ni generar una disminución drástica en sus rendimientos, lo cual se puede manifestar en los primeros años de transición del sistema. En base a esto, se construyó la Tabla 13, donde se considera más sustentable aquel sistema donde se logre un equilibrio entre la vid y otras especies vegetales, ya sean cultivadas o no.

*Tabla 13: Estandarización de los valores de la época del año y área en la que se realiza el manejo de cobertura vegetal. Fuente: Roy, 2022; Uliarte, 2004.*

<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor estandarizado</b>
Época del año y área de cobertura vegetal	No se permite el crecimiento de ningún tipo de cobertura vegetal.	0
	Solo se permite el crecimiento de cobertura vegetal en épocas cortas a lo largo del año. Solo se permite el crecimiento de cobertura vegetal en el interfilas.	1
	Se permite el crecimiento de cobertura vegetal durante gran parte del año (invierno o verano). Solo se permite el crecimiento de cobertura vegetal en el interfilas.	2
	Se permite el crecimiento de cobertura vegetal durante gran parte del año (invierno o verano). Se permite el crecimiento de cobertura vegetal en el interfilas y al pie de la hilera de plantación.	3
	Se permite el crecimiento de cobertura vegetal durante todo el año (invierno y el verano), ya sea perenne o anual de resiembra. Se permite el crecimiento de cobertura vegetal en el interfilas y al pie de la hilera de plantación.	4

La cobertura vegetal puede estar conformada por la vegetación espontánea, es decir, aquellas especies que crecen espontáneamente, o por un conjunto de especies que son elegidas y sembradas, lo que comúnmente se conoce como cultivos de cobertura, de servicio o abonos verdes. El tipo de estrategia que se implemente determinará la composición de las especies vegetales que se puedan encontrar en el viñedo. En Argentina, las especies sembradas son mayoritariamente exóticas, lo cual empieza a ser cuestionado debido al impacto que generan en la biodiversidad, así como en el consumo de agua de los viñedos, aspecto fundamental sobre todo en regiones con climas áridos.

En el estudio llevado a cabo por Roy (2022), en fincas de Mendoza, se determinó que la siembra de especies exóticas tuvo un efecto negativo en la proporción de especies de la provincia fitogeográfica del Monte. Es decir que, en términos de biodiversidad, existe un impacto negativo sobre la diversidad regional y se genera una tendencia a la homogeneización, fenómeno asociado a la antropización en general. En este contexto, es fundamental mantener en los viñedos la vegetación espontánea nativa de la región o realizar una siembra de estas especies si fuese necesario. La ventaja de estas especies es la adaptación al clima de la región, en el caso de Mendoza tienen un bajo requerimiento hídrico lo cual es fundamental a considerar en un contexto de emergencia hídrica como en el que se encuentra la provincia.

Por otro lado, también es importante a la hora utilizar cultivos de cobertura elaborar una estrategia de forma que las especies vegetales elegidas tengan una funcionalidad en el sistema. Por ejemplo, leguminosas por el aporte de nitrógeno, o en el caso que se requiera el control de vegetación espontánea invasiva, como la “chipica” (*Cynodon dactylon*), elegir una especie que pueda competir contra ella, entre otras. De esta manera, se considera que para el logro de un viñedo sustentable se debe generar una estrategia para el manejo de coberturas vegetales con objetivos claros y priorizando la utilización de especies vegetales nativas de la región (Tabla 14).

Tabla 14: Estandarización de los valores de las estrategias que se emplean para el manejo de coberturas vegetales en el interfililar. Fuente: Roy, 2022.

Indicador	Valor	Valor estandarizado
Estrategia para el manejo de coberturas vegetales (en el interfililar)	Se mantiene el suelo desnudo, no se tiene ninguna estrategia para el manejo de coberturas vegetales.	0
	Se permite el crecimiento de la vegetación espontánea sin tener en cuenta su origen (exóticas o nativas). No se tienen en cuenta las funciones ecológicas que cumplen las especies.	1
	Se realiza la siembra de abonos verdes con especies exóticas. No se tienen en cuenta las funciones ecológicas que cumplen las especies.	2
	Se realiza la siembra de abonos verdes con especies exóticas. Se tienen en cuenta las funciones ecológicas que cumplen las especies.	3
	Se implementa una estrategia con objetivos claros según los requerimientos del ecosistema. Se favorece la presencia de especies nativas, ya sea mediante emergencia esporádica o siembra. Se tienen en cuenta las funciones ecológicas que cumplen las especies.	4

En los viñedos de Mendoza, el agua es abundante en el verano en forma de riego o lluvias, por lo que se debe realizar un control temprano de los cultivos de cobertura o de la vegetación espontánea para evitar la competencia por el agua y los nutrientes del suelo (Winkler, 1965). Sin embargo, para lograr un agroecosistema sustentable se recomienda que este tipo de controles se realicen sin la utilización de herbicidas, prefiriendo otros manejos alternativos (Greco y Uliarte, 2019).

Otra estrategia para el control de la cobertura vegetal puede ser la utilización de mulching vegetal (rastros) u artificial (plástico) que impide el crecimiento de la vegetación, aunque solo sería efectivo al pie de la hilera por los elevados requerimientos de mantenimiento. Otra estrategia consiste en utilizar desmalezadoras para cortar la vegetación, lo que provoca su senescencia, desecación y pérdida de la humedad retenida. Para evitar esto se puede emplear la utilización de un rodillo u otro instrumento que, en lugar de cortar, aplaste las especies herbáceas, sin perder humedad.

Tabla 15: Estandarización de los valores del tipo de control que se realiza sobre la cobertura vegetal. Fuente: Bodegas de Argentina, 2018; Greco y Uliarte, 2019.

Indicador	Valor	Valor estandarizado
Tipo de control de la cobertura vegetal	Se utilizan herbicidas para el manejo de la cobertura vegetal, tanto en el interfilas como al pie de la hilera de plantación.	0
	Se utilizan herbicidas para el manejo de la cobertura vegetal al pie de la hilera de plantación. Se utilizan labranzas (rastra) del suelo para el manejo de la cobertura vegetal en el interfilas.	1
	Se utilizan labranzas del suelo para el manejo de la cobertura vegetal, tanto en el interfilas (rastra) como al pie de la hilera de plantación (intercepa).	2
	Se utiliza una bordeadora para cortar la cobertura vegetal al pie de la hilera de plantación. Se utiliza una desmalezadora para cortar la cobertura vegetal en el interfilas.	3
	Se utiliza mulching (vegetal o artificial) o especies vegetales de baja altura para el manejo de la cobertura vegetal al pie de la hilera de plantación. Se aplasta la cobertura vegetal en el interfilas.	4

### Manejo de nutrientes

La viticultura es una actividad en la que se simplifica el ecosistema natural con el fin de producir uva de calidad, la cual es cosechada cuando alcanza las características óptimas buscadas por el productor. Esto implica una apertura del ciclo de los nutrientes, a través de la cosecha, por lo que los agroecosistemas modernos son definidos como “sistemas abiertos a los nutrientes”. Por lo tanto, a diferencia de un ecosistema natural, un agroecosistema no puede autoabastecerse de nutrientes, sino que requiere la incorporación de nutrientes externos al mismo para compensar las salidas (Abbona y Sarandón, 2014).

En la agricultura convencional se utilizan fertilizantes de origen sintético (fertilizantes químicos) los cuales se incorporan rápidamente a la planta pero tienen una menor eficiencia en su uso ya que al ser aplicados en exceso, aumentan el riesgo de lixiviación o pérdida. Consecuentemente, este tipo de procesos ha tenido como resultado, la contaminación de los acuíferos, como así también la pérdida de la capacidad productiva del suelo debido a una ineficiente reposición de nutrientes (Sarandón y Flores, 2014a). Los abonos orgánicos son de más lenta liberación de nutrientes, a la vez que la materia orgánica constituye alimento de los organismos del suelo y contribuye a la estructura del suelo.

Por esta razón, para lograr un agroecosistema sustentable se recomienda optar por abonos orgánicos en lugar de fertilizantes químicos, debido a que los primeros permiten proveer nutrientes y, además, mejorar las condiciones físicas y biológicas del suelo. A su vez, otra práctica recomendada para lograr una producción sustentable es la producción de abonos orgánicos en la finca, como compost y vermicompost, utilizando estiércoles de animales y residuos vegetales (Greco y Uliarte, 2019). En función de esto, en la Tabla 16 se han representado mediante una escala las prácticas que amenazan la sustentabilidad del agroecosistema y como aquellas que contribuyen a la misma.

Tabla 16: Estandarización de los valores de los tipos de manejo de nutrientes que se emplean. Fuente: Bodegas de Argentina, 2018; Greco y Uliarte, 2019.

Indicador	Valor	Valor estandarizado
Tipo de manejo de nutrientes	Se utilizan fertilizantes químicos sin conocimiento de lo que realmente se necesita. Las aplicaciones se realizan por calendario.	0
	Se utilizan fertilizantes químicos. Las aplicaciones se realizan en base a los nutrientes extraídos por cosecha.	1
	Se sustituye la utilización de fertilizantes químicos por abonos orgánicos. Los abonos orgánicos son producidos fuera de la finca. Las aplicaciones se realizan por calendario.	2
	Se utilizan abonos orgánicos producidos fuera de la finca. Las aplicaciones se realizan en base a los nutrientes extraídos por cosecha.	3
	Se utilizan abonos orgánicos producidos en la finca. Las aplicaciones se realizan en base a los nutrientes extraídos por cosecha.	4

### Manejo de plagas y enfermedades

Los productores vitivinícolas deben garantizar prácticas respetuosas con el medio ambiente y que produzcan uvas de calidad e inocuas, sin residuos químicos perjudiciales para la salud de los consumidores. Para ello, se debe limitar el uso de productos de síntesis química basándose en el control natural y biológico para el control de plagas y enfermedades, imitando a los sistemas naturales.

Existen numerosos tipos de manejo para el control de plagas y enfermedades, los cuales se elegirán según el tipo de agricultura que se implemente. En el caso de la convencional se realiza mediante la utilización de productos de síntesis química a calendario. El Manejo Integrado de Plagas (MIP) propone la combinación de métodos diversos para reducir las poblaciones de plagas de manera eficiente y que produzcan el menor impacto ambiental posible (Troilo y Becerra, 2019). En base a esta información se representa en la Tabla 17 aquellas prácticas que son consideradas más sustentables.

Tabla 17: Estandarización de los valores del tipo de manejo de plagas y enfermedades que se emplean. Fuente: Bodegas de Argentina, 2018; Greco y Uliarte, 2019.

Indicador	Descripción	Valor estandarizado
Tipo de manejo plagas y enfermedades	Se utilizan plaguicidas químicos para el control de plagas y enfermedades. Las aplicaciones se realizan a calendario.	0
	Se utilizan plaguicidas químicos para el control de plagas y enfermedades. Las aplicaciones se realizan en base a monitoreos y la sintomatología observada.	1
	Se sustituye la utilización de plaguicidas químicos por productor permitidos. Las aplicaciones se realizan a calendario.	2
	Se sustituye la utilización de plaguicidas químicos por productor permitidos. Las aplicaciones se realizan en base a monitoreos y la sintomatología observada.	3
	Se implementa un Manejo Integral de Plagas. Con diseño del sistema (biodiversidad para fomentar enemigos naturales) y únicamente se utilizan productos permitidos en caso de ser necesario .	4

## 3.2. Índices de la sustentabilidad ecológica

### 3.2.1. Índices de las categorías de análisis

El valor del indicador de sustentabilidad ecológica (ISE), que evaluó la satisfacción de este objetivo, se calculó como la suma algebraica de sus componentes multiplicados por su peso o ponderación. Sus componentes fueron las cuatro categorías de análisis evaluadas; calidad de suelo, salud de cultivo, biodiversidad y manejo técnico del agroecosistema. Para el cálculo del índice de cada una ellas se determinó la importancia de las variables a través de fórmulas que se expresan a continuación:

- Calidad de suelo

Se consideró que los indicadores más importantes, eran aquellos relacionados con las propiedades biológicas, debido a su incidencia en el resto de las variables (químicas y físicas), por lo que, en la ponderación, se le otorgó el doble de peso que al resto:

$$ICS = [PQ + PF + PB \times 2] / 4$$

Referencias:

ICS: Índice calidad de suelo

PQ: Propiedades químicas

PF: Propiedades físicas

PB: Propiedades biológicas

A su vez, para cada una de las propiedades se les designó distinta importancia a las variables consideradas:

- Propiedades químicas

En el caso de las propiedades químicas se consideró de mayor peso el contenido de materia orgánica del suelo:

$$IPQ = [MO \times 2 + S + (CN + CP + CK / 3) + RCN] / 5$$

Referencias:

PQ: Propiedades químicas

MO: Contenido de materia orgánica del suelo

S: Salinidad

CN: Contenidos de nitrógeno

CP: Contenidos de fósforo

CK: Contenidos de potasio

RCN: Relación carbono/nitrógeno

- Propiedades físicas

Para el caso de las propiedades físicas se les otorgó igual importancia a ambos indicadores:

$$PF = [RP + DAP] / 2$$

Referencias:

PF: Propiedades físicas

DAP: Densidad aparente

- Propiedades biológicas

En este caso, solo se analizó un indicador, por lo que se le asignó igual valor:

$$PB = AB$$

Referencias:

PB: Propiedades biológicas

AB: Actividad biológica

- Salud del cultivo

El índice que mide el grado de cumplimiento de la salud del cultivo (ISC), se calculó de la siguiente manera, otorgándoles el mismo peso a los 2 indicadores:

$$ISC = [R + IPE] / 2$$

Referencias:

ISC: Índice salud del cultivo

R: Rendimiento

IPE: Incidencia de plagas y enfermedades

- Biodiversidad

Para el índice de biodiversidad se consideraron de gran importancia los tres indicadores, por lo que se les asignó el mismo peso:



$$IB = [BV + BIA + BH] / 3$$

Referencias:

IB: Índice biodiversidad

BV: Biodiversidad vegetal

BIA: Biodiversidad de insectos y arañas

BH: Biodiversidad de hongos

- Manejo técnico del agroecosistema

Para el cálculo del índice de manejo técnico del agroecosistema se les asignó mayor importancia a los indicadores relacionados con la cobertura vegetal:

$$IMA = [TL + ((EAA + ES + TC) / 3) \times 2 + TMFS + TMPE] / 5$$

Referencias:

IMTA: Índice manejo técnico del agroecosistema

TL: Tipo de labranzas

EAA: Época del año y área de cobertura vegetal

ES: Estrategia para el manejo de coberturas vegetales

TC: Tipo de control de la cobertura vegetal

TMFS: Tipo de manejo de fertilidad del suelo

TMPE: Tipo de manejo de plagas y enfermedades

### 3.2.2. Índice de la sustentabilidad ecológica

Por último, con los datos de los indicadores de calidad de suelo (ICS), salud del cultivo (ISC), biodiversidad (IB) y manejo técnico del agroecosistema (IMTA), se calculó el índice de sustentabilidad ecológica (ISE), valorando a las cuatro categorías de análisis por igual, de acuerdo al marco conceptual definido previamente.

$$ISE = [ICS + ISC + IB + IMTA] / 4$$

Referencias:

ISE: Índice de la sustentabilidad ecológica

ICS: Índice calidad de suelo

ICC: Índice salud del cultivo

IB: Índice biodiversidad

IMS: Índice manejo técnico del agroecosistema

Se definió un valor umbral o mínimo que debía alcanzar el índice de sustentabilidad ecológica (ISE), para considerar a un sistema sustentable en esta dimensión: igual o mayor que el valor medio de la escala, es decir, 2. Además, se consideró que ninguna de las cuatro categorías de análisis debía tener un valor menor a 2.

## 4. Análisis y presentación de los resultados

### 4.1. Valores de cada indicador e índice por categoría de análisis

#### 4.1.1. Calidad de suelo

##### Propiedades químicas

Los datos de las propiedades químicas (Tabla 18) fueron relevados a partir de un análisis de suelo elaborado por el laboratorio de suelo, agua y material vegetal del INTA (EEA Mendoza) ([Anexo 2](#)).

*Tabla 18: Valores estandarizados (VE) que toman los indicadores para las propiedades químicas del suelo en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.*

Indicador	CONVENCIONAL		AGROECOLÓGICO	
	Resultado	VE	Resultado	VE
Contenido de materia orgánica (%)	1,98	3	2,32	4
Salinidad (CEes) (dS m <sup>-1</sup> )	1,61	2	1,22	3
Contenidos de N (ppm)	1239,44	4	1423	4
Contenidos de P (ppm)	20,77	4	19,31	4
Contenidos de K (ppm)	223,22	4	191,67	3
Relación C/N	9,25	3	9,39	3

##### Propiedades físicas

Para la obtención de los datos de resistencia a la penetración y densidad aparente (Tabla 19) se realizó un relevamiento a campo ([Anexo 3](#)).

*Tabla 19: Valores estandarizados (VE) que toman los indicadores para las propiedades físicas del suelo en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.*

Indicador	CONVENCIONAL		AGROECOLÓGICO	
	Resultado	VE	Resultado	VE
Resistencia a la penetración (KPa)	795,27	3	821,4	3
Densidad aparente (g cm <sup>-3</sup> )	1,48	2	1,43	3

##### Propiedades biológicas

Para los datos de actividad microbiológica total (Tabla 20) se tuvo en cuenta un análisis de suelo por el laboratorio de suelo, agua y material vegetal del INTA (EEA Mendoza) ([Anexo 2](#)).

Tabla 20: Valores estandarizados (VE) que toman los indicadores para las propiedades biológicas del suelo en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdiel, Luján de Cuyo.

Indicador	CONVENCIONAL		AGROECOLÓGICO	
	Resultado	VE	Resultado	VE
Actividad microbiológica total (mg CO <sub>2</sub> . g suelo -1.7d-1)	0,35	1	0,44	2

En base a los valores estandarizados obtenidos de las variables evaluadas para la calidad del suelo, es decir, las propiedades químicas, físicas y biológicas de este recurso, se calcularon los respectivos índices (Tabla 21).

Tabla 21: Valor que toma el índice para las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdiel, Luján de Cuyo.

Índice	CONVENCIONAL	AGROECOLÓGICO
Propiedades químicas (PQ)	3,00	3,53
Propiedades físicas (PF)	2,50	3,00
Propiedades biológicas (PB)	1,00	2,00

#### 4.1.2. Salud del cultivo

Para los datos de salud de cultivo (Tabla 22) se tuvo en cuenta el informe técnico realizado por profesionales del INTA, en el [Anexo 4](#) se muestran los resultados del mismo que fueron utilizados en el presente trabajo.

Tabla 22: Valores estandarizados (VE) que toman los indicadores para la salud del cultivo en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdiel, Luján de Cuyo.

Indicador	CONVENCIONAL		AGROECOLÓGICO	
	Resultado	VE	Resultado	VE
Rendimiento (kg/ha)	8.645	4	6.500	2
Incidencia de la enfermedad de Peronospora de la vid (%)	6	4	3	4

En base a los valores estandarizados obtenidos de las variables evaluadas para la salud del cultivo, se calcularon los respectivos índices (Tabla 23).

Tabla 23: Valor que toma el índice para la salud del cultivo en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdiel, Luján de Cuyo.

Índice	CONVENCIONAL	AGROECOLÓGICO
Rendimiento (R)	4,00	2,00
Incidencia de plagas y enfermedades (IPE)	4,00	4,00

### 4.1.3. Biodiversidad

Para los datos del índice de Shannon para la biodiversidad (Tabla 24) se tuvieron en cuenta distintas fuentes de información. Por un lado, para la vegetación se realizó una media a partir de los datos obtenidos a campo en dos momentos ([Anexo 5](#)). Por otro lado, para la biodiversidad de insectos y arañas se calculó el índice de Shannon a través de los datos relevados mediante un análisis de la diversidad de insectos y arañas del INTA ([Anexo 6](#)). Finalmente, para el cálculo del índice respecto a la biodiversidad de hongos se tuvieron en cuenta los datos relevados por Espinosa (2023) ([Anexo 7](#)).

*Tabla 24: Valores estandarizados (VE) que toman los indicadores para la biodiversidad en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.*

Indicador	CONVENCIONAL		AGROECOLÓGICO	
	Resultado	VE	Resultado	VE
Índice de Shannon para la biodiversidad vegetal	1,36	2	1,84	3
Índice de Shannon para la biodiversidad de insectos y arañas	0,91	1	1,23	2
Índice de Shannon para la biodiversidad hongos	1,70	2	2,23	3

En base a los valores estandarizados obtenidos de las variables evaluadas para la biodiversidad, se calcularon los respectivos índices (Tabla 25).

*Tabla 25: Valor que toma el índice para la biodiversidad en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.*

Índice	CONVENCIONAL	AGROECOLÓGICO
Biodiversidad vegetal (BV)	2,00	3,00
Biodiversidad de insectos y arañas (BIA)	1,00	2,00
Biodiversidad de hongos (BH)	2,00	3,00

### 4.1.4. Manejo técnico del agroecosistema

Para el relevamiento de los datos del manejo técnico del agroecosistema (Tabla 26) se realizó una entrevista guiada al Ing. agrónomo Sebastián Bonfanti ([Anexo 1](#)), representando a la bodega.

Tabla 26: Valores estandarizados (VE) que toman los indicadores para el manejo técnico del agroecosistema en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.

Indicador	CONVENCIONAL		AGROECOLÓGICO	
	Resultado	VE	Resultado	VE
Tipo de labranza en el interfilas	Se realiza una labranza convencional y vertical.	1	Se realiza una labranza conservacionista y vertical.	4
Época del año y área de cobertura vegetal)	Solo se permite el crecimiento de cobertura vegetal en épocas cortas a lo largo del año. Solo se permite el crecimiento de cobertura vegetal en el interfilas.	1	Se permite el crecimiento de cobertura vegetal durante todo el año (invierno y el verano), ya sea perenne o anual de resiembra. Se permite el crecimiento de cobertura vegetal en el interfilas y al pie de la hilera de plantación.	4
Estrategia para el manejo de coberturas vegetales (en el interfilas)	Se permite el crecimiento de la vegetación espontánea sin tener en cuenta su origen (exóticas o nativas). No se tienen en cuenta las funciones ecológicas que cumplen las especies.	1	Se realiza la siembra de abonos verdes con especies exóticas. Se tienen en cuenta las funciones ecológicas que cumplen las especies.	3
Tipo de control de la cobertura vegetal	Se utilizan herbicidas para el manejo de la cobertura vegetal al pie de la hilera de plantación. Se utilizan labranzas del suelo para el manejo de la cobertura vegetal en el interfilas.	1	Se utiliza una desmalezadora para cortar la cobertura vegetal en el interfilas.	3
Tipo de manejo de nutrientes	Se utilizan fertilizantes químicos. Las primeras aplicaciones se realizan por calendario y posteriormente se fertiliza según los requerimientos de la planta en base a la sintomatología observada.	1	Se reemplaza la utilización de fertilizantes por abonos orgánicos como bioles y compost. Todos los insumos son producidos fuera de la finca. Las primeras aplicaciones se realizan por calendario y posteriormente se fertiliza según los requerimientos de la planta en base a la sintomatología observada.	3
Tipo de manejo de plagas y enfermedades	Se utilizan plaguicidas y fungicidas para el control de plagas y enfermedades. Las primeras aplicaciones se realizan por calendario y posteriormente se fertiliza según los requerimientos de la planta en base a la sintomatología observada.	1	Se sustituye la utilización de plaguicidas y fungicidas químicos. Las aplicaciones se realizan a calendario.	3

En base a los valores estandarizados obtenidos de las variables evaluadas para el manejo técnico del agroecosistema, se calcularon los respectivos índices (Tabla 27).

Tabla 27: Valor que toman los índices para el manejo técnico del agroecosistema en las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo.

Índice	CONVENCIONAL	AGROECOLÓGICO
Tipo de labranzas (TL)	1,00	4,00
Época del año y área de cobertura vegetal (EAA)	1,00	3,00
Estrategia para el manejo de coberturas vegetales (ES)	1,00	3,00
Tipo de control de la cobertura vegetal (TC)	1,00	3,00
Tipo de manejo de fertilidad del suelo (MFS)	1,00	3,00
Tipo de manejo de plagas y enfermedades (TMPE)	1,00	3,00

## 4.2. Valores de los indicadores e índices de sustentabilidad ecológica

Para una comparación más clara de los dos sistemas en estudio, se realizó una representación tanto gráfica (Figura 9) como tabular (Tabla 28) de los resultados obtenidos. Mediante estos, se pudo obtener una interpretación particular como general de los distintos valores obtenidos.

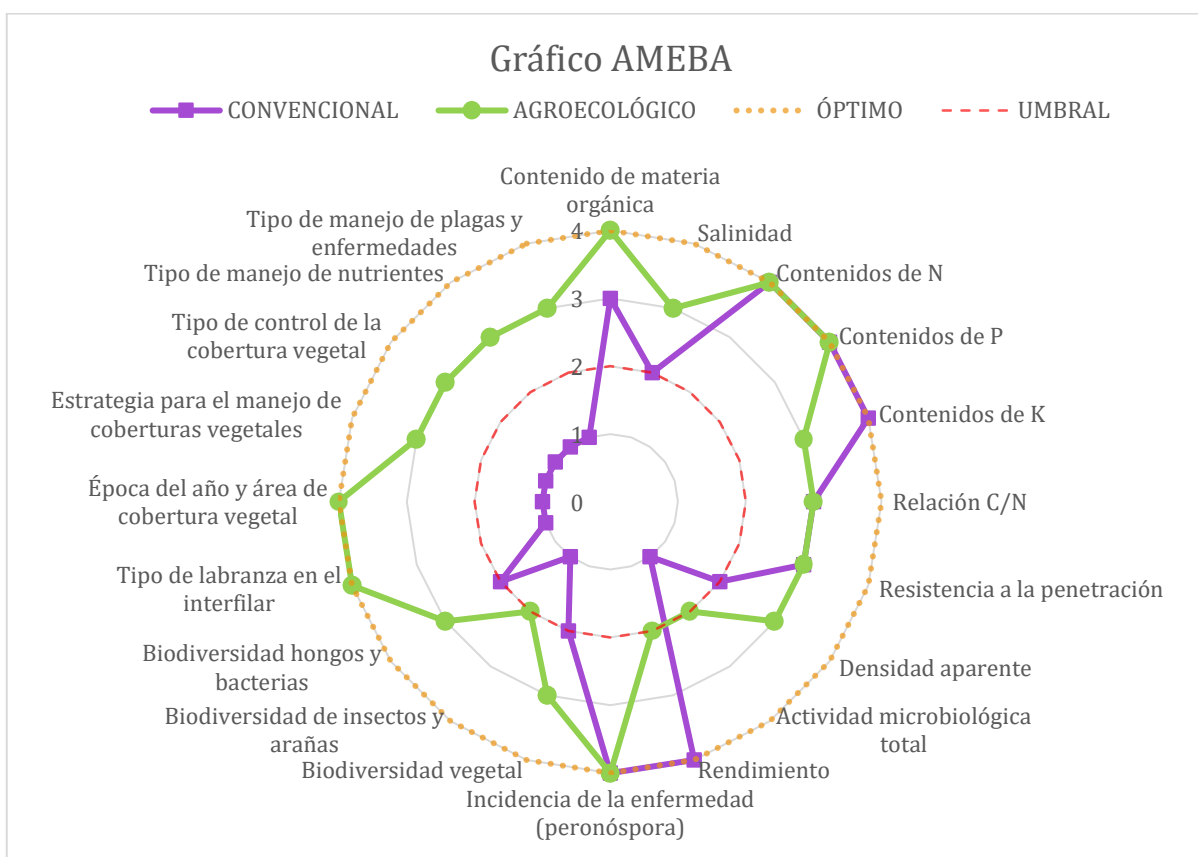


Figura 9: Diagrama AMEBA para representar los valores de los indicadores de la sustentabilidad ecológica de las parcelas convencional y con enfoque agroecológico en la finca de la Bodega Roberto Bonfanti ubicada en Perdriel, Luján de Cuyo. Los límites exteriores

Tabla 28: Valores estandarizados que toman los indicadores clasificados por colores para el manejo convencional (C) y agroecológico (A) para los descriptores de las categorías de análisis evaluadas.

Categoría de análisis	Indicador	C	A
Calidad del suelo	Contenido de materia orgánica	3	4
	Salinidad	2	3
	Contenidos de N	4	4
	Contenidos de P	4	4
	Contenidos de K	4	3
	Relación C/N	3	3
	Resistencia a la penetración	3	3
	Densidad aparente	2	3
	Actividad microbiológica total	1	2
Salud del cultivo	Rendimiento	4	2
	Incidencia de la enfermedad (peronóspora)	4	4
Biodiversidad	Biodiversidad vegetal	2	3
	Biodiversidad de insectos y arañas	1	2
	Biodiversidad hongos y bacterias	2	3
Manejo técnico del agroecosistema	Tipo de labranza en el interfilas	1	4
	Época del año y área de cobertura vegetal	1	4
	Estrategia para el manejo de coberturas vegetales	1	3
	Tipo de control de la cobertura vegetal	1	3
	Tipo de manejo de nutrientes	1	3
	Tipo de manejo de plagas y enfermedades	1	3

Finalmente, a partir de los índices obtenidos para cada categoría de análisis elegida se calculó el índice de sustentabilidad ecológica para los dos manejos vitícolas estudiados (Tabla 29).

Tabla 29: Valores que toman los índices de calidad del suelo (ICS), salud del cultivo (ISC), biodiversidad (IB), manejo técnico del agroecosistema (IMTA) y de la sustentabilidad ecológica (ISE), para las parcelas convencional y con enfoque agroecológico.

Índice	CONVENCIONAL	AGROECOLÓGICO
ICS	2,50	3,51
ISC	4,00	3,00
IB	1,67	2,67
IMTA	1,00	3,20
<b>ISE</b>	<b>2,29</b>	<b>3,09</b>

### 4.3. Análisis de la sustentabilidad

El análisis de los indicadores de las dos parcelas, a través de un diagrama AMEBA (Figura 9) y de la tabla de indicadores clasificados mediante colores (Tabla 28), permitió detectar grandes diferencias en los componentes de la sustentabilidad ecológica. A simple vista, se puede observar que el manejo convencional presenta mayor cantidad de puntos críticos en comparación con el sistema bajo enfoque agroecológico. Al comparar ambos manejos se puede observar que de manera global el manejo agroecológico está más próximo del logro de la sustentabilidad ecológica ya que la mayoría de sus puntos se encuentran cerca al óptimo.



En la parcela bajo enfoque agroecológico varios de los aspectos analizados tuvieron valores cercanos a los ideales. Mientras que el sistema convencional presentó aspectos críticos a la sustentabilidad. Aunque se logró un valor óptimo en el rendimiento en kilogramos de uva por hectárea ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de la parcela, el logro de este objetivo sería a costa del manejo intensivo y simplificación del agroecosistema que se ve reflejado en los puntos críticos observados en esta categoría de análisis. El efecto de este manejo también se puede ver en los bajos valores de las variables relacionadas con la biodiversidad del sistema.

De acuerdo a esto, se observa que el Índice de sustentabilidad ecológica, fue mayor en la parcela con enfoque agroecológico (ISE: 3,09) en comparación con la manejada con enfoque convencional (ISE: 2,29). Ambas parcelas lograron el valor umbral (2) de sustentabilidad para la dimensión evaluada, aunque el sistema convencional no alcanzó este límite en dos de las categorías de análisis evaluadas (IB: 1,67; IMA: 1,00).

Los indicadores de la calidad de suelo (Tabla 29) mostraron que el sistema agroecológico presenta un valor mayor (ICS: 3,51) con respecto al convencional (ICS: 2,50). En cuanto a las propiedades químicas, se observa que el índice es levemente mayor en el sistema bajo enfoque agroecológico (PQ: 3,53) debido al mayor contenido de materia orgánica al cual se le otorgó mayor importancia. Por otro lado, en el caso de las propiedades físicas si bien se observa un mismo valor en cuanto al indicador de resistencia a la penetración, existe una leve diferencia en la densidad aparente lo que le atribuye un valor mayor al sistema agroecológico. En el caso de las propiedades biológicas ambos sistemas presentan valores bajos, estando la del convencional por debajo del umbral (PB: 1,00), debido a la baja actividad microbiana que se observa en el suelo (Tabla 20).

En cuanto a los indicadores de salud del cultivo se observa que el índice es menor en el caso del sistema con enfoque agroecológico (ISC: 3,00) con respecto al convencional (ISC: 4,00), lo cual se debe al menor rendimiento observado en la parcela agroecológica (Tabla 22).

Como se mencionó, en el caso del índice de biodiversidad el sistema convencional no alcanza el valor umbral, lo cual se le atribuye a la baja biodiversidad de insectos y arañas (tabla de biodiversidad). Además, se observan mayores valores en el sistema bajo enfoque agroecológico en las demás variables de esta categoría, es decir, en la biodiversidad vegetal y de hongos.

Finalmente, en cuanto a la categoría de análisis del manejo técnico del agroecosistema los indicadores evaluados confirmaron el cambio de las prácticas en la parcela con enfoque agroecológico, con un valor por encima del umbral (3,20). En el caso del sistema convencional no se alcanzó este límite, debido a los bajos valores observados en todos los indicadores de esta categoría (Tabla 29).

## 5. Discusión

Como mencionan Sarandón et al. (2006) y Abbona et al. (2007), la evaluación de la sustentabilidad es un objetivo difícil de alcanzar debido a la propia complejidad y multidimensionalidad del término. Si bien los indicadores pueden ser una herramienta útil para evaluar los puntos críticos del logro de este objetivo en los agroecosistemas (Sarandón y Flores, 2009), no existe un conjunto de indicadores preestablecidos que permitan su utilización en forma universal. Por lo tanto, de acuerdo a los autores, es fundamental que el desarrollo de los indicadores sea realizado teniendo en cuenta las características locales de los agroecosistemas a analizar y de los objetivos del análisis.

Según el marco conceptual considerado, la conservación del capital natural ha sido señalada como un requisito necesario para la agricultura sustentable (Harte, 1995). De acuerdo a la presente evaluación de sustentabilidad la parcela manejada bajo una agricultura con enfoque agroecológico cumple con esta condición. Esto se debe a que en este sistema se observa

mediante los indicadores evaluados una preservación del suelo, de la biodiversidad, del cultivo y se realiza un manejo técnico acorde con una agricultura sustentable.

Por otro lado, en la parcela con sistema convencional se observa que hay un mayor rendimiento pero a costa de la degradación de los recursos naturales. Esto se observa debido al bajo valor de los indicadores relacionados con la preservación de la biodiversidad y el manejo técnico poco sustentable del agroecosistema. Esto coincide con otras evaluaciones de sustentabilidad donde se observó un mayor valor en la dimensión ecológica en sistemas manejados bajo una agricultura con enfoque agroecológico en comparación con sistemas convencionales (Fontana, 2013; Cataldi y Flores, 2019; Peredo y Barrera, 2019)

Además, en una evaluación de sustentabilidad ecológica realizada en viñedos (Abbona et al, 2007) se determinó que para el logro de este objetivo es necesario comprender los principios ecológicos que subyacen a las diferentes prácticas de gestión para poder predecir el impacto que podrían tener sobre los recursos naturales. Esto se relaciona con el objetivo de la agroecología, la cual surge como un nuevo paradigma que permite comprender los principios ecológicos para el diseño y gestión de agroecosistemas sustentables (Altieri, 2002, Sarandón y Flores, 2014b).

Al comparar los valores obtenidos en cada una de las categorías de análisis, se observó que el manejo con enfoque agroecológico minimizó las prácticas intensivas sobre el agroecosistema, mientras que en el sistema convencional se implementan prácticas que no priorizan la preservación del mismo. El sistema vitícola presenta mayor riesgo de deterioro bajo una agricultura convencional, debido a que los sistemas de labranza intensivos, el alto uso de productos químicos, el mal manejo de la biodiversidad vegetal con el mantenimiento del suelo descubierto altera dos aspectos fundamentales, considerados como pilares claves de la conservación, como lo son la fertilidad del suelo y la biodiversidad del sistema (Altieri y Nicholls, 2007; Cataldi y Flores, 2019).

A pesar del impacto negativo que pueden generar las prácticas de la agricultura convencional, en el caso de la fertilidad de suelos se observó que en ambos sistemas se alcanzan valores cercanos al óptimo. Esto puede deberse a que los valores alcanzados en el sistema convencional, corresponden a la adición de fertilizantes químicos. Sin embargo, estos pueden tener efectos negativos como la contaminación de alimentos, aguas, suelos y personas (Sarandón y Flores, 2014a). Mientras que en el sistema agroecológico los elevados valores de fertilidad corresponden a la adición de abonos orgánicos. Esto se ve reflejado en el mayor contenido de materia orgánica y la mayor actividad microbiana observada en este sistema alternativo. Por lo tanto, en este trabajo se destaca el efecto positivo que tiene la adición de la materia orgánica, en otras variables como la actividad microbiológica del suelo y la mejora de la estructura del suelo (Nicholls et al., 2004).

La conservación de la biodiversidad vegetal propuesta en el sistema con enfoque agroecológico se puede ver reflejada en los mayores valores obtenidos en el índice de Shannon con respecto al sistema convencional. Lo que comprueba que es una estrategia clave en el diseño de una parcela, ya que conlleva a una mayor diversidad de biota asociada, asegura una mejor polinización y una mayor regulación de plagas, enfermedades y malezas, mejora el reciclaje de nutrientes y energía, y tienden a tener mayor productividad total del ecosistema (Altieri y Nicholls, 2007).

Este efecto, se confirma además en la mayor biodiversidad de hongos observada en el sistema con enfoque agroecológico. Lo cual valoriza las relaciones observadas por Espinosa (2023) quien determinó que la abundancia de hongos fue mayor en los suelos con enfoque agroecológico que en los que recibieron un manejo convencional. Cabe destacar que, en el estudio mencionado, se encontró una relación positiva entre la abundancia de estos microorganismos con los contenidos de materia orgánica, el nitrógeno total y la conductividad eléctrica.

Asimismo, se observaron mayores valores de biodiversidad de insectos y arañas en el sistema con enfoque agroecológico, lo cual también podría ser el resultado de la conservación de la biodiversidad vegetal. Según Zerbino et al. (2012) en agroecosistemas donde se preserva este recurso, se observa un aumento en la cantidad de depredadores y parasitoides debido a la disponibilidad de presas alternativas, fuentes de polen y néctar, así como microhábitats adecuados. Además, debido a la cercanía que existe entre ambas parcelas, el sistema agroecológico podría estar actuando como un corredor biológico extendiendo estos beneficios. Lo cual explicaría los bajos niveles de sustentabilidad observados en esta variable, ya que la biodiversidad de insectos y arañas podría encontrarse extendida en ambas parcelas.

Finalmente, en cuanto a la salud del cultivo, se observó un mayor índice de sustentabilidad en la parcela convencional con respecto a la agroecológica. Esto se debe a que si bien la parcela con enfoque agroecológico demostró una baja incidencia de enfermedades (en este caso peronospora de la vid), se observó una baja calidad de cultivo debido a la disminución en su rendimiento. Esto es debido a que como se ha visto en la producción orgánica (Reganold y Wachter, 2016) el proceso de transición a sistemas alternativos implica una disminución en la producción y rendimiento.

Además, esta disminución del rendimiento podría haber sido acrecentada debido al cambio abrupto que hubo en cuanto al manejo del sistema. Varios autores (Marasas et al., 2014; Paliouff y Gornitzky, 2012), señalan que el proceso de transición consiste en una serie de pasos graduales, los cuales son necesarios para empezar a “desintoxicar” el sistema productivo y recuperar algunas de las propiedades ecológicas que permitan avanzar hacia un sistema más equilibrado. Un cambio repentino podría haber generado un estrés fisiológico en las plantas de vid, lo cual podría demandar de algunos años para la adaptación completa a esta nueva forma de manejo.

En este caso de estudio, a través de los indicadores establecidos, se pudo observar mayores puntos críticos en el sistema convencional con respecto al sistema bajo enfoque agroecológico. Existen tres aspectos que requieren de atención en el sistema bajo manejo con enfoque agroecológico: la actividad microbiana, el rendimiento del cultivo y la biodiversidad de insectos y arañas. Sin embargo, estos tres puntos podrían explicarse debido a que la finca aún se encuentra en un período de transición ecológica.

Las estrategias aplicadas en la parcela experimental con un sistema de manejo agroecológico son similares a las propuestas por Uliarte et al. (2019) para la transición de manejo convencional del viñedo hacia un sistema con enfoque agroecológico. En este estudio se concluyó que estas prácticas permitieron aumentar la biodiversidad, favorecer el equilibrio ecológico y mejorar la fertilidad del suelo, logrando con el tiempo niveles productivos próximos a los del manejo habitual a través de un esquema de aplicación de agroquímicos, labranzas y fertilizaciones con productos de síntesis. Además, según los autores estas estrategias pueden aumentar la resiliencia de los agroecosistemas vitícolas de zonas especialmente frágiles, promover la conservación de los recursos naturales, el equilibrio ecológico y la mitigación del cambio climático, reduciendo las necesidades de agroquímicos y con mayor armonía en zonas de transición urbano-rurales.

## 6. Conclusiones

En este trabajo se propuso la comparación de dos sistemas de manejo, uno con enfoque agroecológico y otro convencional. La comparación se realizó a través de una evaluación de la sustentabilidad enfocada únicamente en la dimensión ecológica. Esto fue con el fin de darle la profundidad necesaria al análisis de las variables ambientales para luego, evaluar con la misma profundidad las variables económicas y sociales. Es decir que, para conocer el estado de la sustentabilidad global del sistema, se debe completar la evaluación de las demás dimensiones.

A partir de la metodología propuesta por Sarandón y Flores se logró la construcción de indicadores con sus respectivas tablas estandarizadas para la comparación de ambos sistemas en estudio. Además, se construyeron índices para la sustentabilidad ecológica, como así también para las categorías de análisis y los descriptores evaluados a través de los indicadores. Debe tenerse en cuenta que los resultados podrían haber variado si el peso otorgado a los diferentes indicadores o dimensiones de análisis hubiera sido diferente.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que, según el índice de sustentabilidad ecológica, el sistema productivo vitícola con enfoque agroecológico presenta una mayor sustentabilidad que el convencional en la dimensión evaluada. Asimismo, se observó, que en el primero los índices de las categorías de análisis evaluadas alcanzaron valores de sustentabilidad iguales o por encima del umbral propuesto. Mientras que en el sistema con un manejo convencional se observó que en dos de las cuatro categorías propuestas no se alcanzó el mínimo que debía alcanzar el índice de sustentabilidad.

A pesar de que en el sistema bajo manejo con enfoque agroecológico la mayoría de las variables analizadas alcanzaron valores cercanos al óptimo de sustentabilidad, se observó que deben implementarse estrategias que aumenten la actividad microbiológica del suelo y la biodiversidad de insectos y arañas. Así como también, se debe realizar un seguimiento de la producción de la vid, ya que se observó que el rendimiento de la parcela experimental es bajo debido a que aún se encuentra en las etapas intermedias de transición.

Cabe destacar que la superficie de las parcelas es muy pequeña, por lo que se deberá estimar cuál será el impacto en la dimensión ambiental si el manejo con enfoque agroecológico se implementa en toda la finca. Este manejo, también tendrá repercusión en los aspectos económicos y sociales de la bodega, sobre todo es importante este último punto debido a la presión del conflicto urbano rural en el que se encuentra el área de estudio.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que en la evaluación no se estudió la preservación del recurso hídrico, esto se debe a que en ambos sistemas se aplica el mismo manejo y, además, no se tienen datos de su cantidad ni calidad. Esto no implica que este recurso no sea importante para la sustentabilidad del sistema, al contrario, la preservación del agua es fundamental, sobre todo en una provincia que se encuentra en emergencia hídrica. Por lo tanto, se considera que tanto el sistema de riego como la falta de conocimiento sobre la calidad y la cantidad de agua aplicada en la finca, como un aspecto crítico a ser evaluado y a mejorar para lograr la sustentabilidad ecológica.

Esta evaluación de sustentabilidad complementa los informes ya realizados por el INTA sobre las parcelas experimentales de la Bodega Roberto Bonfanti. Ambos sientan una base fundamental para en un futuro, manejar la totalidad de la finca en Luján de Cuyo con un enfoque agroecológico.

Finalmente, se considera que este trabajo deja una evidencia de que la agroecología puede ser un camino a seguir en la búsqueda de sistemas vitícolas sustentables en la provincia de Mendoza. Además, como se observó, es fundamental que la transición al manejo agroecológico se realice de forma gradual para evitar una disminución drástica en los rendimientos. Es importante considerar en un cambio de paradigma qué tan importante es la producción, ya que bajo la mirada de una sustentabilidad fuerte la producción del sistema no puede ser a costa de la degradación de recursos naturales.

## 7. Bibliografía

Abbona, E. A., Sarandón, S. J., Marasas, M. E., Astier, M. (2007). Ecological sustainability evaluation of traditional management in different vineyard systems in Berisso, Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. (Vol. 119). 335-345.

- Abbona, E. y Sarandón, S. (2014). Manejo de nutrientes en los agroecosistemas. En S. Sarandón y C. Flores (Eds.), *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables* (pp. 211-234). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata.
- Abraham, L., Alturria, L., Fonzar, A., Ceresa, A., y Arnés, E. (2014). *Propuesta de indicadores de sustentabilidad para la producción de vid en Mendoza, Argentina*. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo, 46(1).
- Altieri, M. A. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. *Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable*, 27-34.
- Altieri, M. (2004). *Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável*. Editora da Universidade/UFRGS.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas*, 16(1). <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/133>
- Altieri, A. (2010). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. *Agroecología: El Camino hacia una Agricultura Sustentable*.
- Ambrosino, M., Montecchia, M., Torres, Y., Ithurrart, L., Lucero, C. y Busso, C. (2021). Soil microbial structure and activity in a semiarid rangeland of Patagonia, Argentina: Plant species and defoliation effects. *Rhizosphere*, 19, 100382.
- Arroyo, M. (1990). Sobre el Concepto de Estructura Agraria. *Revista Geográfica*. (No. 112).141-152.
- Bedano, C., Domínguez, A., Rodríguez, M. P., Ortiz, C. y Escudero, J. (2022). La biología del suelo en sistemas agroecológicos. En C. Sarmiento (Ed.), *Agroecología a la carta* (pp. 9-25). Río Cuarto. UniRío Editora. <https://www.unirioeditora.com.ar/wp-content/uploads/2022/11/978-987-688-504-1.pdf>
- Bodegas de Argentina. (2018). *Protocolo de Autoevaluación de Sustentabilidad Vitivinícola de Bodegas de Argentina*. <https://observatoriova.com/wpcontent/uploads/2019/03/Bodegas-de-Argentina-Protocolo-de-Sustentabilidad.pdf>
- Brundtland, G. H. (1987). *Our Common Future*. World Commission On Environment And Development.
- Busscher, W. y Lipiec, J. (1993). Early growth of maize in compacted soil with fine and coarse structure. *International Agrophysics* 7: 77-83.
- Carmona, J., Tapia, R., y Martinelli, M. (2019). *Uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad ecológica en agroecosistemas de secano, San Juan, Argentina*. En M. F. Filippini y S. Greco (Eds.), *Primer Congreso argentino de agroecología* (pp. 909-912). Universidad Nacional de Cuyo. Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado.
- Cataldi, V. y Flores C. (2019). Análisis de sustentabilidad de dos sistemas de producción, uno convencional y otro en transición agroecológica a través de uso de indicadores en el Cinturón Hortícola de La Plata. Buenos Aires. Argentina. En M. F. Filippini y S. Greco (Eds.), *Primer Congreso argentino de agroecología* (pp. 972-976). Universidad Nacional de Cuyo. Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado.

- Catania, C., Martín, E., Monte, R., Avagnina de del Monte, S., Antelo, L., Molina, J., Mendoza, O., Flores, N., Kohlberg, E., Tonietto, J., Zanus, M., Bello, F., Mandelli, F., Crivallaro, C., Pereira, G., Montes, C., Peña, A., Pérez Acevedo, Y., Rodríguez Dopazo, A., Aranguren, M.,... Pedocchi, R. (2012). *Clima, zonificación y tipicidad del vino en regiones vitivinícolas Iberoamericanas*. CYTED, Madrid. ISBN 978-84-15413-10-3.
- De León González, F., Payán Zelaya, F. y Sánchez, R. S. (1998). Localización de capas compactadas en el perfil del suelo mediante penetrometría. *Terra Latinoamericana*, 16(4), 303-307.
- Díaz, J., Moreno-Elcure, F. y Jaramillo, C. (2017). *Estudio de la diversidad funcional entomológica asociada a agroecosistemas con manejo agroecológico*. VI Congreso Latinoamericano de Agroecología; X Congreso Brasileño de Agroecología; V Seminario de Agroecología del Distrito Federal y Alrededores, Brasilia, DF, Brasil. <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/2476>
- Espinosa, M. J. (2023). *Estudio del manejo con enfoque agroecológico y convencional sobre microorganismos y propiedades del suelo de un viñedo de Mendoza, Argentina*. [Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo]. <https://bdigital.uncu.edu.ar/fichas.php?idobjeto=19282>
- Fontana Martini, M. G. (2013). Aportes para la evaluación de la sustentabilidad. [Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo]. <https://bdigital.uncu.edu.ar/fichas.php?idobjeto=5438>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2000). *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. Boletín de tierras y aguas de la FAO. Roma.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2014). *Building a common vision for sustainable food and agriculture: Principles and approaches*. Rome.
- Filippini, M. F., Abril, A., Cony, M., Venier, M., Noe, L., Cónsoli, D., Vallone, R. (2008). *Aplicación de abonos orgánicos y químicos en un cultivo de ajo blanco (Allium sativum L.) regado con efluentes tratados*. Trabajo subsidiado por la SECTYP-Universidad Nacional de Cuyo. IV Jornadas de Actualización en Riego Y Fertirriego. <https://www.ina.gob.ar/cra/index.php?seccion=10>
- Flores, S. (2019). Relevamiento de flora del área protegida Bosque de Bologna para la obtención de un índice de diversidad Shannon Wiener a través de una aplicación móvil. *Fides Et Ratio*, 17, 215-238. [http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v17n17/v17n17\\_a11.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v17n17/v17n17_a11.pdf)
- Fruitos, A. Greco, Silvina & César, Ferrer. (2019a). *Transición Agroecológica y Servicios Ecosistémicos en la Producción Vitícola Certificada de Luján de Cuyo*.
- Fruitos, A., Portela, J. A., Del Barrio, L., Mazzitelli, M. E., Marcucci, B., Giusti, R. Alemanno, V., Chaar, J., López García, G., González Luna, M., Aquino, N., Debandi, G. (2019b). Modelos de manejo del espacio interfilar en viñedos: percepciones acerca de su valor como proveedores de servicios ecosistémicos. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo*.
- Galván-Miyoshi, Y., Maser, O., López Ridaura, S. (2008). *Evaluación de sustentabilidad: Un enfoque dinámico y multidimensional*. SEAE. España. 41-57
- Gliessman, S. (1998). *Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*.

- Gliessman, S. (2014). Agroecology and social transformation. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 38(10), 1125-1126.
- Gómez, D. T. (2020). *Sostenibilidad: apuntes sobre sostenibilidad fuerte y débil, capital manufacturado y natural*. *IyD*, 8(1), 131-143. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inclusion.8.1.2021.131-143>
- Greco, S. y Uliarte, E. (2019). Apartado: Manejo de suelo. En M. F. Filippini (Ed.), *Guía para la producción sustentable en el sector vitivinícola* (pp. 34-38). Bodegas de Argentina para la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (Nación).
- Harte, M. J. (1995). Ecology, sustainability, and environment as capital. *Ecological Economics* 15. 157-164.
- Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV). (2022). *Informe anual de superficie*. <https://www.argentina.gob.ar/inv/vinos/estadisticas/superficie/anuarios>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2018). *Censo Nacional Agropecuario*. República Argentina. <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-8-87>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2022). Fichas técnicas de plagas y enfermedades de cultivos intensivos: frutales de carozo, vid y nogal. ISSN: 2796-9975
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (s. f.). Guía para la interpretación de fertilidad de suelos en zonas áridas de regadío.
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F. and Schuman, G.E. (1997), Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial). *Soil Science Society of America Journal*, 61: 4-10. <https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100010001x>
- Lafalla Manzano, L. y Céspedes, S. (2019). Estudio comparativo de sustentabilidad de un sistema hortícola agroecológico con dos sistemas colindantes, Guaymallén, Cinturón Verde de Mendoza. En M. F. Filippini y S. Greco (Eds.), *Primer Congreso argentino de agroecología* (pp. 923-926). Universidad Nacional de Cuyo. Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado.
- López, A. J. (2009). *Manual de edafología*. Sevilla, España. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. [https://ens9004-inf.d.mendoza.edu.ar/sitio/geologia-goemorfologia/upload/04-JORDAN\\_LOPEZ.pdf](https://ens9004-inf.d.mendoza.edu.ar/sitio/geologia-goemorfologia/upload/04-JORDAN_LOPEZ.pdf)
- Martí L., Filippini M. F., Salcedo C., Drovandi A., Troilo S., Valdés A. (2011). Evaluación de metales pesados en suelos de los oasis irrigados de la Provincia de Mendoza: I. Concentraciones totales de Zn, Pb, Cd y Cu. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*. 43(2): 203-221.
- Martín, F. (2009). *Las transformaciones recientes en la agricultura de oasis en Mendoza, Argentina*. Una aproximación al caso de la reestructuración vitivinícola desde la economía política de la agricultura. [Tesis Magíster en Estudios Sociales Agrarios, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales].
- Martínez, L. (2011). *Efecto de aplicación de abonos orgánicos sobre las características físicoquímicas y microbiológicas de suelos bajo cultivo de vid en Mendoza*. Universidad de Buenos Aires. <https://core.ac.uk/reader/33998370>
- Martínez, A. y Huerta, K. (2018). *La revolución verde*. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(8), 1040-1052. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i8.6717>



- Martínez de Toda, F. (2011). *Claves de la viticultura de calidad*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Masera, O., Astier, M. y López-Ridaura, S. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El marco de evaluación MESMIS*. Mundi-Prensa, México. 109 pp.
- Matienco, Y., Veitia, M. y García, G. (2010). Las plantas florecidas: un componente básico para la conservación de artrópodos benéficos en fincas de la agricultura urbana y suburbana. *Agricultura Orgánica*, 3, 26-28.
- Medina, E. M. (2018). Efecto de diferentes manejos agronómicos sobre indicadores bioquímicos y microbiológicos de calidad de suelos de viñedos, San Juan, Argentina. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de San Juan]. Repositorio Institucional CONICET Digital. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/83839>
- Municipalidad de Luján de Cuyo. (2018). *Plan De Ordenamiento Territorial, Luján De Cuyo. Zona Sur: Distrito Perdriel*. <https://lujandecuyo.gob.ar/plan-municipal-de-ordenamiento-territorial/>
- Nicholls, C., y Altieri, M. (2002). Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (Costa Rica) 65, 50 - 64. <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5827/A2029e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nicholls, C., Altieri, M., Dezanet, A., Lana, M., Feistauer, D. y Ouriques, M. (2004). A rapid, farmer-friendly agroecological method to estimate soil quality and crop health in vineyard systems. *Biodynamics*, 33-39.
- Páez, A. y Camelo, R. Insectos en la Agricultura. En L. Brochero (Eds.), *Insectos en la comunidad Misak: Resguardo de Guambia, Cauca, Colombia* (pp. 94-101). Dirección de Bienestar Universitario, sede Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. [http://bienestar.bogota.unal.edu.co/pgp/Publicaciones/polom\\_misak\\_uto/polom\\_misak.html](http://bienestar.bogota.unal.edu.co/pgp/Publicaciones/polom_misak_uto/polom_misak.html)
- Peredo, S. y Barrera, C. (2019). Evaluación participativa de la sustentabilidad entre un sistema campesino bajo manejo convencional y uno agroecológico de una comunidad Mapuche de la Región de la Araucanía (Chile). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo, 51(1), 323-336.
- Perez-Brandán, C., Arzeno, J., Huidobro, J., Grümberg, B., Conforto, C., Hilton, S., Bending G., Meriles, J. y Vargas-Gil, S. (2012). Long-term effect of tillage systems on soil microbiological, chemical and physical parameters and the incidence of charcoal rot by *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid in soybean. *Crop Protection*, 40, 73-82.
- Pol, R. (2005). Situación ambiental en la Ecorregión del Monte. En A. Brown, U. Martínez Ortiz, M. Acerbi y J. Corcuera (Eds.), *La Situación Ambiental Argentina 2005* (pp. 227-239). Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Porta, J., López-Acevedo, M., y Poch, R. M. (2008). *Introducción a la edafología: Uso y protección del suelo*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Olalde, V. y Aguilera, L. (1998). Microorganismos y biodiversidad. *Terra Latinoamericana*, 16(3), 289-292. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57316312.pdf>
- Reganold, J. y Wachter, J. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature plants*, 2(2), 1-8.

- Reily, J., Rueda, A. y Trutmann, P. (2002). *Guía salud de suelos: Manual para el cuidado de la salud de suelos*. Grupo de Trabajo sobre Salud de Suelos. Universidad de Cornell y Zamorano. Honduras
- Rodríguez, J., Matus, M., Catania, C. y de Del Monte, S. A. (1999). Caracterización ampelográfica de la variedad Malbec, cultivada en Mendoza (Argentina) según el método de la OIV. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, Universidad Nacional de Cuyo, 31(2), 85-93.
- Romanella, C. (1957). *Boletín de Estudios Geográficos: Los suelos de la región del Río Mendoza*.
- Roy, M. (2023). Los viñedos argentinos, ¿posibles nichos para la biodiversidad? *Anuario Rioplatense de la Francofonía*, 60-80. <https://revistas.udelar.edu.uy/OJS/index.php/ARF/article/view/980>
- Sarandón, S. (2002). *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable*. Ediciones Científicas Americanas, La Plata.
- Sarandón, S., Zuluaga M., Cieza, R., Gómez, C., Janjetic, L. y Negrete, E. (2006). *Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores*. *Revista Agroecología*, (1), 19-28. España.
- Sarandón, S. y Flores, C. (2009). *Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica*. *Revista Agroecología*, (4), 19-28.
- Sarandón, S. y Flores, C. (2014a). La insustentabilidad del modelo de agricultura actual. En S. Sarandón y C. Flores (Eds.), *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables* (pp. 13-41). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata.
- Sarandón, S. y Flores, C. (2014b). La Agroecología: el enfoque necesario para una agricultura sustentable. En S. Sarandón y C. Flores (Eds.), *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables* (pp. 42-69). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata.
- Sarandón, S. y Flores, C. (2014c). Análisis y evaluación de agroecosistemas: construcción y aplicación de indicadores. En S. Sarandón y C. Flores (Eds.), *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables* (pp. 42-69). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata.
- Sarandón, S. (2019). Biodiversidad, agrobiodiversidad y agricultura sustentable: Análisis del Convenio sobre Diversidad Biológica. En M. Altieri (Ed.), *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones* (pp. 95-116). Sociedad Científica Latinoamérica de Agroecología.
- Seybold, C., Mausbach, M., Karlen, D. y Rogers, H. (1997). Quantification of soil quality. [https://www.researchgate.net/publication/247310442\\_Quantification\\_of\\_soil\\_quality](https://www.researchgate.net/publication/247310442_Quantification_of_soil_quality)
- Strafile, D. y Becerra, V. (2001). *Sanidad del Viñedo Argentino*. INTA Mendoza. IDIA XXI, 1, 53-56. <https://biblioteca.org.ar/libros/150475.pdf>
- Tonolli, A. J. y Ferrer, C. S. (2018). *Comparación de marcos de evaluación de agroecosistemas*. Tropical and Subtropical Agroecosystems. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

- Troilo, L. y Becerra, V. (2019). Apartado: Manejo fitosanitario. En M. F. Filippini (Ed.), *Guía para la producción sustentable en el sector vitivinícola* (pp. 43-48). Bodegas de Argentina para la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (Nación).
- Uliarte, M. (2004). *Manejo de suelo mediante coberturas vegetales establecidas su influencia en el microclima de viñedo bajo riego (cv. malbec)*. [Tesis Magíster en Scientiae en Viticultura y Enología, Universidad Nacional de Cuyo - Facultad de Ciencias Agrarias, Agro Montpellier - Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - E.E.A. Mendoza, Institut National de la Recherche Agronomique - France].
- Uliarte, E., Ferrari, F., Martínez, L., Dagatti, C., Ambrogetti, A. y Montoya, M. (2019). *Estrategias de manejo para la transición hacia viñedos sostenibles en Mendoza. Management strategies for the transition to sustainable vineyards in Mendoza*. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. 51. 105-124.
- UNEP/CDB/COP/5 (2000) *The Biodiversity Agenda*. Decisiones adoptadas por la conferencia de las partes en el convenio sobre la diversidad biológica en su quinta reunión. Apéndice. Nairobi, 15-26 de mayo de 2000. <https://www.cbd.int/doc/meetings/cop/cop-05/official/cop-05-23-es.pdf>
- United States Department of Agriculture. (1999). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*.
- Vallone, R. C., y Nijensohn, L. (2002). *Guía de orientación para regantes de zonas áridas: Con énfasis en el manejo del agua en áreas salinas*. Chacras de Coria: UNCuyo, Facultad de Ciencias Agrarias.
- Wilson, M., Andriulo, A., Ligier, D., Sasal, M., Bran, D., Gaitan, J. Becker, A., Lupi, A. M., Mortola, N., Romaniuk, R., Albarracín, G., Civeira, G., Loewy, T., Irizar, A., Boizard, H., Léonard, J., Videla, C., Picone, L., Arzeno, J. y Costa J. (2017). *Manual de Indicadores de Calidad del Suelo para las ecorregiones de Argentina*.
- Winkler, A. J. (1965). *Viticultura General*. Editorial continental. México.
- Zerbino, S., Panizzi, A., y Clocllet, F. (2012). Efecto de las estructuras ecológicas en la dinámica poblacional de insectos plaga y de los reguladores naturales. Las Brujas – Estación Experimental “Wilson Ferreira Aldunate”. *Revista INIA*, 674, 51-54. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12671/1/sad-674-2012-Zerbino-Panizzi-Clocllet.pdf>

### **Bibliografía de anexos**

- Studer, P. (2021). *Propuesta de indicadores y evaluación de sustentabilidad para viticultores de perfil empresarial en la zona de Luján de Cuyo, Mendoza*. [Tesis de Maestría en Scientiae en Viticultura y Enología. Mendoza, Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias]. <https://bdigital.uncu.edu.ar/19285>
- Braun-Blanquet, J. (1979). Fitosociología. *Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Ed. Blume, Madrid.

# 8. Anexos

## Anexo 1

### Guía para la entrevista de caracterización del agroecosistema

**Realizado por:** Landete Schwers, Alina

Para la elaboración de la estructura de esta entrevista se utilizó como base la guía propuesta por Studer (2021).

**Entrevistado:** Bonfanti, Sebastián

#### Introducción

- ¿Qué significa para la empresa el término sustentabilidad?
- ¿Qué significa para la empresa el término agroecología?
- ¿Por qué la empresa está interesada en producir de manera sustentable?

#### Sobre la dimensión socioeconómica

- ¿Me podría contar un poco sobre la historia de la bodega y el viñedo?
- ¿Qué familiares trabajan en la bodega? ¿Cuáles son sus funciones?
- ¿Cuántos trabajadores fijos hay en total? ¿Y temporarios? (aproximadamente)
- ¿Qué actividades realizan?
- ¿Cuáles son sus productos?
- ¿Cuál es la producción anual de uva? ¿Y de vino?
- ¿Qué cantidad de uva es procesada en la bodega? ¿Y cuánto es vendida?
- ¿Cuáles son sus canales de comercialización? (vinoteca, supermercado, etc.)
- ¿Tienen relaciones con otras organizaciones e instituciones? ¿Con cuáles?
- ¿En un futuro piensan en certificar sus productos (acciones de sustentabilidad)?

#### Sobre la dimensión ecológica

- ¿Cuáles son los límites de la bodega? ¿Qué se encuentra del otro lado de la bodega (hacia el norte, hacia el sur, hacia el este y hacia el oeste)?
- ¿Qué tipo de variedades de vid hay plantadas? ¿Qué variedad se encuentra en la parcela agroecológica?
- ¿De dónde proviene el agua utilizada para el riego? ¿Posee datos sobre su calidad (análisis de agua)? ¿Es suficiente el agua que reciben para el riego del viñedo? ¿Quién se encarga del riego por surcos?
- ¿A qué llaman biodiversidad? ¿Conocen su importancia?
- ¿Qué animales se pueden observar en el viñedo?
- ¿Qué tipo de energía utilizan (convencional o renovables)?

#### Sobre la dimensión técnica

- Preguntas tanto para la parcela agroecológica como para la convencional:
- ¿Cómo es el manejo del suelo? (lo más detallado posible)
  - ¿Cuántas pasadas de tractor se realizan?
  - ¿Qué tipo de implementos se utilizan?
  - ¿Cuál es la profundidad del arado?
  - ¿El pan de tierra se invierte parcial o totalmente?
- ¿Tienen la incidencia de alguna plaga?
- ¿Cómo es el manejo de las enfermedades?

- ¿Qué insumos se utilizan? ¿Cuál es su origen (quién los provee)? ¿Qué cantidad se utiliza?
- ¿Cómo es el manejo de los nutrientes (la reposición)?
  - ¿Qué insumos se utilizan? ¿Cuál es su origen (quién los provee)? ¿Qué cantidad se utiliza?
- ¿Cómo es el manejo del clima (frente a heladas, viento zonda, granizo)?
- ¿Cómo es el manejo de las malezas?
  - ¿Qué insumos se utilizan? ¿Cuál es su origen (quién los provee)? ¿Qué cantidad se utiliza?
  - ¿Qué se realiza con los restos de poda?

## Anexo 2

### Análisis de suelo

Para el análisis de las propiedades químicas y biológicas del suelo se tuvieron en cuenta los datos muestreados y analizados por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

**Fuente:** Informe “Análisis del suelo” - Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (INTA) - Laboratorio de Suelo, Agua y Material Vegetal

**Realizado por:** Martínez, Laura.

*Tabla 30: Análisis de suelo para manejo convencional y agroecológico del viñedo ubicado en la Finca Bonfanti, Perdriel, en el año 2022.*

Parámetros	Convencional	Agroecológico
Vol. sed. (cm <sup>3</sup> %g)	102	103
Clasificación textural	Franco	Franco
Materia orgánica (%) (Walkley&Black)	1,98	2,32
Salinidad (CEes) (dS m <sup>-1</sup> )	1,61	1,22
N Total (mg kg <sup>-1</sup> o ppm)	9,25	9,39
P - H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 1:10 (mg kg <sup>-1</sup> o ppm)	20,77	19,31
K int Ac-NH <sub>4</sub> pH 7 (mg kg <sup>-1</sup> o ppm)	223,22	191,67
Relación C/N	9,25	9,39

*Tabla 31: Actividad microbiana total (AMT) ((mg CO<sub>2</sub> gsue<sup>-1</sup> 7d<sup>-1</sup>) en el suelo para manejo convencional y agroecológico del viñedo ubicado en la Finca Bonfanti, Perdriel, Luján de Cuyo en el año 2022.*

Parámetros	Convencional	Agroecológico
AMT (mg CO <sub>2</sub> gsue <sup>-1</sup> 7d <sup>-1</sup> )	0,44	0,35

## Anexo 3

### Parámetros físicos

Para el análisis de las propiedades físicas del suelo se realizó un muestreo del suelo.

**Realizado por:** Landete Schwers, Alina; Uliarte, Ernesto Martin; Martínez, Laura; Funes Pinter, Mariano Iván.

*Tabla 32: Densidad aparente (DAP) ( $\text{g cm}^{-3}$ ) y resistencia a la penetración (kPa) en el suelo para manejo convencional y agroecológico del viñedo ubicado en la Finca Bonfanti, Perdriel, Luján de Cuyo en el año 2022.*

<b>Parámetros</b>	<b>Convencional</b>	<b>Agroecológico</b>
DAP ( $\text{g cm}^{-3}$ )	795,27	821,40
Resistencia a la penetración (kPa)	1,48	1,43



## Anexo 4

### Salud del cultivo

Para el análisis de las variables de salud del cultivo se tuvieron en cuenta los datos muestreados y analizados por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

**Fuente:** “Informe Técnico - MÓDULO PRODUCTIVO / DEMOSTRATIVO DE VID BAJO MANEJO AGROECOLÓGICO PARA UN ÁREA DE CONFLICTO URBANO-RURAL DE LUJÁN DE CUYO, MENDOZA - ENERO 2023 - Convenio de Colaboración Técnica INTA-BODEGA BONFANTI”

### **Estado sanitario del viñedo: Incidencia de enfermedades**

**Realizado por:** Escoriaza, Georgina y Longone, María Valeria. Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (INTA)

*Tabla 33: Incidencia (%) de la enfermedad Peronospora de la vid, según se realice un manejo agroecológico o convencional en las parcelas experimentales de la Finca Bonfanti, Perdriel, Luján de Cuyo en el año 2022.*

<b>Parámetros</b>	<b>Convencional</b>	<b>Agroecológico</b>
Incidencia (%)	6	3

### **Producción de uva**

**Realizado por:** Uliarte, Ernesto Martin. Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (INTA)

*Tabla 34: Rendimiento (kg pl<sup>-1</sup>) y producción de la vid (kg ha<sup>-1</sup>), según se realice un manejo agroecológico o convencional en las parcelas experimentales de la Finca Bonfanti, Perdriel, Luján de Cuyo en el año 2022.*

<b>Parámetros</b>	<b>Convencional</b>	<b>Agroecológico</b>
Producción (kg pl <sup>-1</sup> )	1,33	1,00
Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	6.500	8.645

## Anexo 5

### Biodiversidad vegetal

#### Más detalle

Para el cálculo del índice de Shannon para la biodiversidad vegetal se realizó un promedio (Tabla 37) entre los valores obtenidos a partir de dos muestreos de la vegetación. En ambas instancias, se utilizó el Método Fitosociológico desarrollado por Braun-Blanquet (1979). Este método permite realizar un inventario de todas las especies vegetales (flora) presentes en una parcela. En las dos instancias, se consideró esta parcela consistió en un área de 1m<sup>2</sup>. En ellas a cada especie observada se le asignó un valor de abundancia-dominancia (porcentaje de cobertura de la especie) según la siguiente escala:

*Tabla 35: Escala de abundancia-dominancia y valor medio según el método Braun-Blanquet (1979).*

<b>Abundancia-dominancia (A-D)</b>	<b>Valor medio</b>
+individuos muy raros	1%
1 individuos abundantes de baja cobertura	5%
2 hasta 25% de cobertura vegetal	12%
3 entre 25% y 50% de cobertura vegetal	37%
4 entre 50% y 75% de cobertura vegetal	62%
5 más del 75% de cobertura vegetal	87%

De esta manera, a partir del valor medio de cada especie y la cobertura vegetal total, se pudo obtener la abundancia relativa de cada especie ( $p_i$ ), la cual es necesaria para el cálculo del Índice de Shannon, como se explica en la sección 3.1.3.

**1er instancia- Realizada por:** Landete Schwers, Alina

*Tabla 36: Índice de Shannon de la biodiversidad vegetal para manejo agroecológico o convencional del viñedo de la Finca Bonfanti, Perdriel en marzo 2023.*

<b>Número de repetición</b>	<b>Convencional</b>	<b>Agroecológico</b>
1	1,14	1,42
2	1,40	1,60
3	1,23	1,66
4	1,12	1,63
5	0,95	1,35
<b>Promedio</b>	<b>1,18</b>	<b>1,53</b>

**2da instancia -Realizada por:** Estudiantes de la materia “Ecología Agrícola” de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo. Docente: Silvina Greco.

*Tabla 37: Índice de Shannon de la biodiversidad vegetal para manejo agroecológico o convencional del viñedo de la Finca Bonfanti, Perdriel en mayo 2023.*

<b>Número de repetición</b>	<b>Convencional</b>	<b>Agroecológico</b>
1	1,8748	2,0142
2	1,15	1,83
3	1,62	2,0996
4	1,945	1,984
5	1,453	2,05
6	1,99	2,32
7	1,85	1,88
8	1,59	1,865
<b>Promedio</b>	<b>1,68</b>	<b>2,00</b>

*Tabla 38: Promedio del Índice de Shannon de la biodiversidad vegetal para manejo agroecológico o convencional del viñedo entre muestreos realizados en marzo y mayo 2023. Finca Bonfanti, Perdriel.*

<b>Muestreo</b>	<b>Convencional</b>	<b>Agroecológico</b>
Marzo	1,18	1,53
Mayo	1,68	2,00
<b>Promedio</b>	<b>1,36</b>	<b>1,84</b>

## Anexo 6

### **Biodiversidad de insectos y arañas**

Para el cálculo del índice de Shannon para la biodiversidad de insectos y arañas se tuvo en cuenta el muestreo realizado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

**Fuente:** Informe “DIVERSIDAD DE INSECTOS Y ARAÑAS ASOCIADA A VIÑEDOS CON DIFERENTE SISTEMA DE PRODUCCIÓN: CONVENCIONAL VS AGROECOLÓGICO, EN MENDOZA.”

#### **Realizado por:**

- Responsable de línea: Carla Dagatti
- Participantes: Bruno Marcucci (INTA), Emilia Mazzitelli (INTA), Marcela Gonzalez (INTA) Florencia Fernández Campón (CONICET) y Ernesto Martín Uliarte

*Tabla 39: Índice de Shannon de la biodiversidad de insectos y arañas para manejo agroecológico o convencional del viñedo de la Finca Bonfanti, Perdriel en marzo 2023.*

	<b>Convencional</b>	<b>Agroecológico</b>
Índice de Shannon	0,91	1,23

## Anexo 7

### **Biodiversidad de hongos**

Para el cálculo del índice de Shannon para la biodiversidad de hongos se tuvo en cuenta el muestreo realizado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

**Fuente:** Datos elaborados para la tesis de Grado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo “Estudio del manejo con enfoque agroecológico y convencional sobre microorganismos y propiedades del suelo de un viñedo de Mendoza, Argentina”.

**Realizado por:** Espinosa, María José

*Tabla 40: Índice de Shannon de la biodiversidad de hongos para manejo agroecológico o convencional del viñedo de la Finca Bonfanti, Perdriel en el año 2023.*

	<b>Convencional</b>	<b>Agroecológico</b>
Índice de Shannon	0,70	2,23