**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

# EVALUACIÓN Y DESARROLLO DE PROPUESTAS PARA MEJORAR LA SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LA FAMILIA BENTANCUR: PROFUNDIZACIÓN DEL ENFOQUE AGROECOLÓGICO

**por**

**Diego FERNÁNDEZ ARAMBURÚ**

**Trabajo final de grado**
**presentado como uno de los**
**requisitos para obtener el**
**título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

**2024**

Este Trabajo Final de Grado se distribuye bajo licencia
"Creative Commons **Reconocimiento**".

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a: _____

Ing. Agr. (PhD.) Mariana Scarlato

Codirector/a: _____

Ing. Agr. (PhD.) Santiago Dogliotti

Tribunal: _____

Ing. Agr. (PhD.) Santiago Dogliotti

_____

Ing. Agr. (PhD.) Paula Colnago

_____

Ing. Agr. (PhD.) Cecilia Berrueta

Fecha: 13 de diciembre de 2024

Estudiante: _____

Diego Fernández Aramburú

**AGRADECIMIENTOS**

A Daniel, Pablo y Ruben, por permitirme compartir con ellos un poco de lo que hacen para vivir todos los días con tanto orgullo y tanto esfuerzo.

A Mariana, por acompañarme, por tu paciencia, por la virtud de enriquecer este trabajo, por tu docencia, y por haber contribuido enormemente en mi formación.

A Isa y Santi, por ser parte esencial de este trabajo desde sus comienzos, por los años de carrera y charlas de cómo pensar la agronomía desde otro lugar, juntos.

A mi madre, porque esta victoria también es tuya.

A mis hermanos, por el seguimiento y el empuje a seguir desde el día uno.

A Eve, por ser el motor de arranque para transformar y encaminar este trabajo.

A Santiago, Paula y Guillermo, por su pasión, por su calidez, por los aprendizajes y por mostrarme lo maravillosa e importante que es la horticultura. A Julio, por hablarme una y mil veces de los “sistemas”, por su sencillez en la docencia, por su ejemplo.

A Magui, por su guía, su ayuda y sus aportes a este trabajo cuando más se necesitaron.

**TABLA DE CONTENIDO**

**PÁGINA DE APROBACIÓN** ..... **3**

**AGRADECIMIENTOS** ..... **4**

**LISTA DE TABLAS Y FIGURAS** ..... **8**

**RESUMEN** ..... **11**

**ABSTRACT** ..... **12**

**1. INTRODUCCIÓN** ..... **13**

**2. MARCO CONCEPTUAL** ..... **15**

2.1 ENFOQUE DE SISTEMAS ..... 15

2.2 HORTICULTURA Y AGRICULTURA FAMILIAR ..... 16

2.3 AGROECOLOGÍA ..... 17

2.3.1 TRANSICIONES AGROECOLÓGICAS ..... 18

2.3.2 HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS PARA EL TRABAJO CON SISTEMAS AGROECOLÓGICOS ..... 19

**3. MATERIALES Y MÉTODOS** ..... **20**

3.1 METODOLOGÍA ..... 20

3.1.1. CARACTERIZACIÓN ..... 21

3.1.2. DIAGNÓSTICO ..... 21

3.1.3. PROPUESTAS DE REDISEÑO ..... 32

3.2. SELECCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO ..... 32

**4. RESULTADOS** ..... **33**

4.1. CARACTERIZACIÓN ..... 33

4.1.1. UBICACIÓN ..... 33

4.1.2. LA FAMILIA Y EL PREDIO ..... 33

4.1.2.1. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA ..... 33

4.1.2.2. EL EQUIPO DE GESTIÓN PREDIAL ..... 34

4.1.2.3. HISTORIA DEL PREDIO Y DE LA FAMILIA ..... 36

4.1.2.4. OBJETIVOS DE LOS PRODUCTORES ..... 37

4.1.2.5. VINCULACIÓN ORGANIZACIONAL E INSTITUCIONAL Y ASISTENCIA TÉCNICA ..... 38

4.1.3. EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN ..... 38

4.1.3.1. RECURSOS HUMANOS ..... 40
4.1.3.2. RECURSOS NATURALES ..... 43
4.1.3.2.1. GEOLOGÍA Y SUELOS ..... 43
4.1.3.2.2. RECURSOS HÍDRICOS ..... 47
4.1.3.2.3. VEGETACIÓN ESPONTÁNEA ..... 47
4.1.3.3. RECURSOS DE CAPITAL ..... 49
4.1.3.4. HORTICULTURA ..... 50
4.1.3.4.1. MANEJO GENERAL ..... 55
4.1.3.4.2. CULTIVOS PRINCIPALES Y MANEJO ..... 58
4.1.3.4.3. COMERCIALIZACIÓN ..... 64
4.1.3.4.4. RESULTADOS BIOFÍSICOS Y ECONÓMICOS ..... 65
4.1.3.5. GANADERÍA ..... 69
4.2. DIAGNÓSTICO ..... 70
4.2.1. PUNTOS CRÍTICOS ..... 70
4.2.1.1. CICLO DE NUTRIENTES ..... 72
4.2.1.2. CICLO DE CARBONO ..... 74
4.2.1.3. REGULACIÓN BIÓTICA ..... 78
4.2.1.4. CICLOS HIDROLÓGICOS ..... 79
4.2.1.5. FLUJO DE ENERGÍA ..... 81
4.2.1.6. SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL ..... 82
4.2.2. SÍNTESIS DEL DIAGNÓSTICO ..... 85
4.3. PROPUESTAS DE REDISEÑO ..... 85
4.3.1. ESTRATEGIA Y OBJETIVOS ..... 85
4.3.2. DEFINICIÓN DEL PLAN DE PRODUCCIÓN, ORDENAMIENTO DE LA SUPERFICIE CULTIVADA Y ROTACIONES ..... 85
4.3.2.1. PLAN DE PRODUCCIÓN ..... 85
4.3.2.2. ROTACIONES PLANIFICADAS Y CRITERIOS ..... 88
4.3.2.3. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA ..... 92
4.3.2.4. PLAN DE USO DE SUELO ..... 98
4.3.2.5. AJUSTES EN MANEJO ..... 107
4.3.3. CORREDORES DE VEGETACIÓN NO CULTIVADA ..... 108
4.3.3.1. CRITERIOS DE DISEÑO ..... 108

4.3.3.2. CORREDORES DEFINIDOS..... 109

**5. DISCUSIÓN ..... 112**

5.1 APORTES A LA MEJORA AGROECOLÓGICA DEL SISTEMA ..... 113

5.2 BRECHAS DE CONOCIMIENTO Y SESGOS DEL TRABAJO ..... 114

5.3 EL MARCO MEDITAE COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS SOCIO-ECOLÓGICOS..... 117

5.4 APORTES HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO PARA PROMOVER SISTEMAS PREDIALES AGROECOLÓGICOS EN EL PAÍS..... 118

**6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 121**

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla No.


1. Procesos socio-ecológicos de los agroecosistemas ..... 22
2. Indicadores de resultado y método de estimación para cada proceso ecológico 24
3. Indicadores de manejo y método de estimación para cada proceso ecológico ... 28
4. Composición por núcleo familiar de los productores..... 34
5. Jornales totales y participación por tipo de mano de obra..... 40
6. Participantes, tareas y jornales semanales que realiza la mano de obra familiar 41
7. Asalariados permanentes contratados, tareas principales y dedicación semanal en el predio ..... 42
8. Asalariados zafrales junto a sus tareas principales y momento de contratación. 43
9. Análisis físico-químico del suelo (2015-2018)..... 46
10. Detalle de perfil de suelo realizado sobre cantero de tomate en invernáculos (vertisol)..... 46
11. Maquinaria para la producción y packing ..... 49
12. Familias, especies y variedades cultivadas en el predio..... 51
13. Área por semestre de uso de suelo de cuadros a campo y área total hortícola ... 53
14. Área por semestre de uso de suelo de invernáculos y área total hortícola ..... 54
15. Ciclos de producción y área sembrada por grupo de cultivos ..... 59
16. Características de los canales comerciales del predio ..... 64
17. Rendimientos de cultivos principales por grupo de cultivos ..... 66
18. Producción, ventas totales por canal y participación por rubro ..... 67
19. Costos operativos y estructurales ..... 68
20. Indicadores económicos del predio ..... 68
21. Puntos críticos del sistema para cada proceso socio-ecológico definido en el MEDITAE y sus indicadores ..... 70
22. Balance de nutrientes en cultivos principales en invernáculo y a campo..... 73
23. Balance de nutrientes a nivel del sistema predial..... 74
24. Contenidos de materia orgánica (MO) y carbono de los análisis de suelo disponibles ..... 75
25. Evolución proyectada para el carbono en el suelo ..... 75
26. Balance anual de carbono para los análisis de suelo disponibles..... 76

27. Uso de suelo, mineralización y balance de carbono durante la rotación en la secuencia “tipo” ..... 77
28. Área sembrada, producción total y rendimientos para los cultivos principales.. 81
29. Plan de producción para cuadros a campo ..... 87
30. Plan de producción para invernáculos ..... 88
31. Variación en área (Δ Área) y producción (Δ Prod.) resultantes de la propuesta de rediseño ..... 93
32. Máxima frecuencia en rotación para cada cultivo productivo ..... 94
33. Duración y tamaño de bloques por rotación ..... 95
34. Entradas y salidas de carbono por tipo para las rotaciones definidas ..... 96
35. Balance de carbono propuesto con las nuevas rotaciones ..... 97
36. Balance global de nutrientes del sistema bajo la nueva estructura de aportes y extracción ..... 98

Figura No.

1. Diagrama de división de responsabilidades y toma de decisiones de los productores ..... 36
2. Ubicación de las tres fracciones que componen el sistema predial ..... 39
3. Croquis de la fracción principal del predio (A) ..... 40
4. Grupos de suelos CONEAT en los que se ubica la fracción principal del predio (A) ..... 43
5. Fracción principal en la Carta de Reconocimiento de suelos del Departamento de Canelones (1:40.000) ..... 45
6. Áreas seminaturales no asociadas a la producción ..... 48
7. Límites de la fracción principal y área hortícola ..... 50
8. Nueva distribución de zonas productivas del sistema predial ..... 86
9. Zonas en las que se desarrollan las rotaciones a campo ..... 89
10. Secuencia anual de un bloque de rotación para la rotación de “campo intensiva” ..... 90
11. Secuencia anual de un bloque de rotación para la rotación 2 ..... 90
12. Secuencia anual de un bloque de rotación para la rotación 3 ..... 91
13. Secuencia anual de un bloque de rotación para la rotación protegida ..... 92
14. Nueva subdivisión de cuadros a campo y nueva enumeración de invernáculos. 99
15. Uso de suelo de cuadros a campo para el primer año de rotación ..... 99
16. Uso de suelo de cuadros a campo para el segundo año de rotación ..... 100

17. Uso de suelo de cuadros a campo para el tercer año de rotación ..... 100
18. Uso de suelo de cuadros a campo para el cuarto año de rotación ..... 101
19. Uso de suelo de cuadros a campo para el quinto año de rotación ..... 101
20. Uso de suelo de cuadros a campo para el sexto año de rotación ..... 102
21. Uso de suelo de cuadros a campo para el séptimo año de rotación ..... 102
22. Uso de suelo de cuadros a campo para el octavo año de rotación ..... 103
23. Uso de suelo de cuadros a campo para el noveno año de rotación ..... 103
24. Uso de suelo de invernáculos para el primer año de rotación ..... 104
25. Uso de suelo de invernáculos para el segundo año de rotación ..... 104
26. Uso de suelo de invernáculos para el tercer año de rotación ..... 105
27. Uso de suelo de invernáculos para el cuarto año de rotación ..... 105
28. Uso de suelo de invernáculos para el quinto año de rotación ..... 106
29. Uso de suelo de invernáculos para el sexto año de rotación ..... 106
30. Uso de suelo de invernáculos para el séptimo año de rotación ..... 107
31. Sistema predial con los corredores continuos definidos y la conexión entre las zonas seminaturales ..... 110
32. Disposición de corredores continuos e islas de vegetación en el sistema ..... 111

## RESUMEN

El modelo actual de producción intensiva establecido desde la segunda mitad del siglo XX se ha demostrado insuficiente para asegurar la sostenibilidad de los sistemas productivos a mediano y largo plazo, poniendo en riesgo a la seguridad alimentaria a nivel local, regional y mundial. La producción agroecológica se erige como una de las alternativas más sostenibles para contrarrestar las debilidades del modelo actual, poniendo el foco en entender los procesos naturales subyacentes de los ecosistemas y utilizarlos en equilibrio con las necesidades humanas de producción de alimentos y otros productos. Este trabajo tiene como objetivo el desarrollo de propuestas de rediseño de los sistemas prediales de producción para acompañar y colaborar hacia la transición agroecológica del sistema en estudio, con foco en el proceso de coinnovación.

En la sección 4.1, se caracterizó en detalle al sistema en estudio, describiendo su ubicación, composición, roles y objetivos. Luego, fue descrito el sistema de producción, permitiendo entender la magnitud del sistema, sus límites, sus características biofísicas y socio-económicas y dar una visión clara de los factores a considerar para la realización posterior de un diagnóstico.

En la sección 4.2, se evaluó al predio en función de seis procesos ecológicos definidos (ciclo de nutrientes, ciclo de carbono, regulación biótica y sucesión vegetal, ciclo del agua, flujo de energía, socio-económico y cultural) utilizando el marco MEDITAE como herramienta de evaluación, y establecer puntos críticos positivos (fortalezas) y negativos (debilidades) del sistema. Se evaluó que el desempeño del sistema es bueno, siendo los procesos socio-económico, hidrológico, regulación biótica, y ciclo del carbono, los puntos fuertes; y los de ciclo de nutrientes y energético los de menor desempeño y mayores oportunidades de mejora.

En la sección 4.3, se desarrollaron y evaluaron teóricamente dos propuestas de rediseño, con base en tres lógicas: (i) estabilizar la superficie cultivada sin pérdida de volumen de producción, (ii) planificar rotaciones equilibradas para reducir los desbalances de nutrientes y controlar malezas y, (iii) definir y planificar el manejo de áreas seminaturales entre las zonas productivas.

En el capítulo 5, se discuten los resultados y valoración del trabajo realizado para cada una de las etapas del proceso. La discusión se centra en cuatro temáticas principales, (i) aportes del trabajo a la mejora agroecológica del sistema, (ii) brechas de conocimiento y sesgos del trabajo, (iii) el marco MEDITAE como herramienta de evaluación de los procesos socio-ecológicos, y (iv) aportes hacia la construcción de conocimiento para promover sistemas prediales agroecológicos en el país.

*Palabras clave*: agroecosistemas, horticultura, transición agroecológica, MEDITAE, coinnovación

**ABSTRACT**

The current model of intensive production established since the second half of the twentieth century has proved insufficient to ensure the sustainability of productive systems in the medium and long term, putting food security at risk at local, regional and global levels. Organic farming is one of the most sustainable alternatives to counteract the weaknesses of the current model, Focusing on understanding the underlying natural processes of ecosystems and using them in balance with human needs for food production and other products. This work aims to develop proposals for the redesign of the production systems in order to accompany and collaborate towards the agroecological transition of the system under study, focusing on the co-innovation process.

In section 4.1, the system under study was characterized in detail, describing its location, composition, roles and objectives. The production system was then described, and it allowed us to understand the magnitude of the system, its limits, its biophysical and socio-economic characteristics, providing a clear picture of the factors to be considered for subsequent diagnosis.

In section 4.2, the site was evaluated against six defined ecological processes (nutrient cycle, carbon cycle, biotic regulation and plant succession, water cycle, energy flow, socio-economic and cultural) using the MEDITAE framework as an assessment tool, and to establish positive (strengths) and negative (weaknesses) critical points of the system. The system performance was evaluated as good, with the socio-economic, hydrological, biotic regulation and carbon cycle processes being the strengths; and the nutrient and energy cycle ones being the least performing and with greater opportunities for improvement.

In section 4.3, two proposals for redesign were developed and evaluated theoretically, based on three logics: (i) stabilize the cultivated area without loss of production volume; (ii) plan balanced rotations to reduce nutrient imbalances and weed control, and (iii) define and plan the management of semi-natural areas between productive zones.

Chapter 5 discusses the results and evaluation of work carried out at each stage of the process. The discussion focuses on four main themes, (i) contributions of work to agro-ecological improvement of the system, (ii) knowledge gaps and work biases, (iii) the MEDITAE framework as a tool for evaluating socio-ecological processes, and (iv) Contributions towards knowledge building to promote agro-ecological systems in the country.

*Keywords*: agroecosystem, horticulture, agroecological transition, MEDITAE, co-innovation

# 1. INTRODUCCIÓN

El modelo intensivo de producción de alimentos predominante ciertamente ha logrado aumentar los volúmenes de producción, pero no ha logrado asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción que sustentan la producción mundial de alimentos. Existen riesgos, ya evidenciables, de la pérdida de recursos valiosos como, entre otros, el suelo, la calidad del agua, biodiversidad, así como la reducción del número de productores familiares. Estos últimos conforman la población que principalmente sustenta al mercado interno de alimentos de origen vegetal en Uruguay, teniendo una gran relevancia social, económica y ambiental. La producción familiar ha sido afectada por la dinámica -y en ciertos casos volátil- economía mundial y regional, viéndose disminuido su número durante las últimas décadas (Ackermann & Díaz, 2016; Oficina de Estadísticas Agropecuarias [DIEA], 2011, 2022). Frente a la disminución de los precios de los productos y el aumento de los costos de producción, los agricultores familiares en el sur de Uruguay trataron de mantener sus ingresos intensificando su producción, poniendo en riesgo su sostenibilidad (Dogliotti et al., 2013; Scarlato García, 2023).

La agroecología se plantea como un cambio en el paradigma actual de producción (Altieri, 1995). Productivamente, asienta sus bases en la promoción de procesos ecológicos, como los ciclos de carbono y nutrientes, e hidrológico, los flujos de energía y la regulación biótica (Nicholls et al., 2016), que apuntan a replicar el funcionamiento natural de los sistemas naturales a los agroecosistemas en los que intervino el hombre. Al igual que la intensificación ecológica (Tittonell, 2014), la agroecología no plantea un único paquete tecnológico para aplicar de forma homogénea en cualquier agroecosistema, sino que plantea principios de diseño y manejo que revalorizan los recursos naturales y humanos específicos del sistema, con un enfoque sistémico, holístico, transdisciplinario y participativo (Gliessman & Rosemeyer, 2010; Tittonell, 2023).

La coinnovación es una metodología que se ha desarrollado fuertemente en Uruguay durante los últimos 20 años como un enfoque para el trabajo en el diagnóstico y rediseño de sistemas de producción más sostenibles, obteniendo grandes mejoras agronómicas, económicas, sociales y ambientales en el proceso (Albicette et al., 2017; Colnago et al., 2022; Dogliotti et al., 2013; Rossing et al., 2010; Ruggia et al., 2021). Metodológicamente implica un proceso en etapas, incluyendo la caracterización, diagnóstico, rediseño, implementación, monitoreo y evaluación (Dogliotti et al., 2013). Este enfoque ha permitido sentar las bases para el rediseño participativo dentro de la definición de sostenibilidad. Sin embargo, a pesar de tener lineamientos coincidentes con la agroecología, los trabajos realizados en el país no se han enfocado específicamente en transiciones agroecológicas (Scarlato García, 2023).

Por tanto, surge la necesidad de generar una metodología con bases en la coinnovación que permita caracterizar, diagnosticar y rediseñar al agroecosistema en base a principios ecológicos que lo guíen hacia una transición agroecológica, logrando contribuir a la sostenibilidad de los recursos naturales y sociales presentes.

## OBJETIVOS DEL TRABAJO

El objetivo general del trabajo es contribuir al desarrollo de herramientas metodológicas y experiencias de su uso a nivel predial, para mejorar la sostenibilidad de los sistemas prediales hortícolas con un enfoque agroecológico. Para aportar a este objetivo, en el trabajo se definieron tres objetivos específicos:

- Caracterizar y diagnosticar un caso de estudio (predio) desde una perspectiva agroecológica en el marco de un proceso de coinnovación.
- Generar una propuesta de rediseño desde una perspectiva agroecológica acordes a los objetivos de los productores que permita mejorar la sostenibilidad del sistema.
- Aportar a la metodología de diagnóstico y rediseño participativo de predios hortícolas agroecológicos o en transición.

# 2. MARCO CONCEPTUAL

## 2.1 ENFOQUE DE SISTEMAS

La necesidad de un enfoque de sistemas para resolver los problemas de la agricultura está basada en la idea de que las unidades agrícolas son "agroecosistemas", y por lo tanto tienen las propiedades de los sistemas, como ser la productividad, la eficiencia, la resiliencia, o la estabilidad (Sarandón, 2002; Spedding, 1990). Estos agroecosistemas difieren de los ecosistemas ya que tienen uno o múltiples fines (por ejemplo, la producción de alimento, forraje, fibras), y son influenciados y modificados por personas a través del diseño y el manejo de estos (Spedding, 1990; Tittonell, 2023). Por esto, tienen una dimensión social y otra ecológica, haciéndolos sistemas socio-ecológicos (Tittonell, 2020).

La limitada porción de la realidad a la que llamamos sistema es en la que podemos identificar componentes (o subsistemas) que interaccionan entre ellos y con el ambiente exterior a través de entradas y salidas (Tittonell, 2023; Von Bertalanffy, 1968). El comportamiento del sistema no puede ser deducido necesariamente del comportamiento de los organismos o componentes constituyentes, ya que son sus interacciones las que le dan carácter de unidad (Becht, 1974; Spedding, 1990). De aquí surge, que los agroecosistemas revelen propiedades emergentes esenciales, tales como la productividad (medición del producto de consumo de interés), estabilidad (capacidad del sistema de mantener su productividad con nulas o mínimas variaciones frente a las fluctuaciones normales que se suceden en el ambiente), resiliencia (capacidad de recuperarse luego de sufrir algún shock interno o externo), diversidad (variación a nivel de genético, específico, poblacional o comunitario, aunque también puede verse desde ópticas económicas, productivas, entre otras), equidad (medida de distribución de los beneficios entre las personas que forman parte del capital social del sistema) (Conway, 1987; Sarandón, 2002).

Para tomar un enfoque sistémico en el trabajo con agroecosistemas, se requiere un claro conocimiento de los que son y cómo analizarlos. Al igual que cualquier otro sistema, los agroecosistemas tienen una organización y estructura de distinta índole y grado de complejidad, que ciertamente varía en función del foco del investigador (es notoria la diferencia de complejidad que existe entre un agroecosistema de producción de un único cultivo hortícola, a uno de producción de varios cultivos, producción de ganado, huevos, con varias familias involucradas en la producción y toma de decisión) (Tittonell, 2023). Asimismo, los agroecosistemas cambian a través del tiempo (al igual que las personas que intervienen en él) y del espacio, está continuamente recibiendo intercambios de materia, de información, de sistemas subyacentes (por ejemplo, cultivos hortícolas protegidos) y que lo contienen (suprasistemas, por ejemplo, la zona rural-productiva en la que se encuentra). Por tanto, lograr abarcar la complejidad real de los sistemas sin sobre simplificaciones, requiere que se estudien en base a sus dinámicas, para luego ofrecer soluciones a quienes las requieran (Spedding, 1990; Tittonell, 2023).

## 2.2 HORTICULTURA Y AGRICULTURA FAMILIAR

La producción de alimentos de origen vegetal en Uruguay tiene relevancia social, económica y ambiental (DIEA, 2022; Scarlato García, 2023). Actualmente, se cultiva un área cercana a las 14.000 ha de cultivos en 2.600 predios (DIEA, 2022). En un radio de 70 km alrededor de Montevideo, la ciudad capital del país, se concentra el 80% de los predios productivos y el 70% del área cultivada (Ackermann & Díaz, 2016). La producción comprende el 6% de los predios productivos del país, y el 7% de los trabajadores permanentes de la actividad agrícola (DIEA, 2011). La producción estimada anual es de 290.000 t (DIEA, 2011) y el producto bruto es cercano a los 340 millones de USD anuales, equivaliendo al 5,5% del producto bruto de la agricultura nacional (Ackermann & Díaz, 2016). De la totalidad de los predios hortícolas, el 85% de los predios son familiares (DIEA, 2011)

Dada la realidad productiva del país y su desarrollo histórico, el término "productor familiar" fue acuñado para hacer referencia a lo que en otros países se denomina "campesino", a pesar de que éste último, hace referencia a un tipo de producción que tiene como objetivo el autoconsumo y la comercialización de los excedentes, y dista de los objetivos de la producción familiar típica en Uruguay. De acuerdo con Piñeiro (2005), el término "productor familiar" está definido no por cuestiones cuantitativas (área que maneja, nivel de ingresos, asalariados contratados, etc.), sino por sus relaciones sociales de producción (principalmente dónde se da el trabajo sobre la tierra -si en propiedad o en usufructo-, la utilización de capital propio para realizarlo y la predominancia de la mano de obra familiar). Dicha producción está volcada hacia los mercados de productos, y vinculada a mercados satélite (de insumos, de dinero, de trabajo, de tierra) que permiten desarrollar la producción.

Un aspecto relevante es que la producción familiar entrelaza la realidad productiva con la realidad familiar, siendo estas dos unidades (productiva y familiar) esenciales para el devenir del sistema productivo, su desarrollo, mantenimiento y sucesión en el tiempo. A su vez, la producción sostiene monetariamente a la familia, no solamente al sistema productivo en sí, por lo que muchas decisiones se ven influenciadas por las necesidades de ambas unidades (Piñeiro, 2005). En este punto se construye el capital cultural y social de los predios, en el solapamiento de la realidad productiva y sus necesidades (inversión, mantenimiento, gastos, mano de obra, tiempo) con las de la familia (salud, tiempo, necesidades básicas, recreación y ocio, descanso, alimento, etc.), y la negociación constante entre suplir las necesidades de una u otra.

Dentro de la variabilidad intrínseca de la producción familiar, son distinguibles tres tipos que representan, de forma generalizada, las situaciones más frecuentes de productores: capitalizado, semi-asalariado y el productor familiar propiamente dicho (Piñeiro, 2005). El primero se distingue por la utilización preponderante de mano de obra asalariada (siendo relevante aún la mano de obra familiar), que le permite una frecuente reinversión de su capital año a año; el segundo, debido a sus insuficientes ingresos o pequeña escala, requiere vender (cualquiera sea el integrante de la familia) su mano de obra hacia el exterior del sistema y así complementar sus ingresos; mientras

que el tercero centra la totalidad de su mano de obra en el predio, puede tener o no contratación de mano de obra asalariada (siendo esta siempre de menor proporción a la familiar), y sus ingresos y/o escala productiva son suficientes para reproducir ambas unidades, productiva y familiar, pero con nula o escasa posibilidad de acumular capital (Piñeiro, 2005). Existen casos de movilidad entre estos tipos, habiendo posibilidad de que productores familiares típicos o semi-asalariados acumulen capital y cambien de tipología a capitalizados, o incluso llegando a dejar de serlo, pasando a ser empresarios (S. Dogliotti, comunicación personal, 2024).

## 2.3 AGROECOLOGÍA

El origen de la agroecología como hoy se la conoce puede remontarse a los inicios de la agricultura, ya que muchos de los conocimientos surgen de las tradiciones y la propia evolución de esta (Tittonell, 2023). Sin embargo, el concepto surge en la década de 1930 (Wezel et al., 2011). En estos últimos 90 años, su definición ha cambiado, siendo inicialmente definida como un enfoque científico utilizado para el estudio, diagnóstico y propuesta de alternativas de bajo costo para el manejo sustentable de agroecosistemas (Altieri, 1995, 1999; Gliessman, 2002, 2018), para luego ampliar el foco de su estudio a todo el sistema de producción de alimentos (Francis et al., 2003), y determinar sus tres principales dimensiones: ciencia, práctica y movimiento (Gliessman, 2018; Wezel et al., 2011).

La agroecología entonces aporta una visión más integral (reúne la investigación, la educación y la acción) del agroecosistema y su alcance puede extenderse a un sistema completo de producción de alimentos, incluyendo su componente ecológico, económico y social (Altieri, 2002). Esto hace que adquiera un aspecto transdisciplinario, integrando a su estudio distintas formas de conocimiento y experiencia para lograr sus objetivos. Incluye a todos los involucrados, desde el agricultor que produce el alimento hasta el que lo consume, por lo que se vuelve participativa (Gliessman, 2018; Tittonell, 2023). Busca tomar acciones en todos los niveles y componentes del sistema, contrastando la realidad actual del mismo con alternativas viables para los interesados; buscando entender la sostenibilidad con un enfoque de sistemas y holístico, utilizando los principios ecológicos como base (Altieri, 1995; Gliessman, 2018).

A nivel de los sistemas agroecológicos, los principios ecológicos son los lineamientos teóricos utilizados para optimizar procesos y componentes que existen en los ecosistemas naturales y sustentan los agroecosistemas (Altieri, 2002; Barrios et al., 2020). Estos principios se enfocan en la circulación de nutrientes y carbono en el agroecosistema (involucrando el suelo, las plantas, los microorganismos y animales, y la atmósfera) mediada por la actividad biológica y química; la regulación biótica (interacciones y procesos de los organismos vivos del agroecosistema) de los ciclos del carbono, los nutrientes y las poblaciones de plagas, malezas y patógenos; los ciclos hidrológicos (y su movimiento a través de la atmósfera, el suelo, las plantas, los animales y cuerpos de agua), los flujos energéticos (la captura de energía solar por parte de las plantas, su almacenamiento en estructuras de biomasa, las fuentes externas -como los combustibles fósiles- y la salida de energía como producto exportado) y los procesos

socioeconómicos (las interacciones del capital humano -y su historia, experiencias, conocimientos, necesidades y objetivos- con el entorno biofísico, el desarrollo y/o adopción de sistemas y tecnologías) (Altieri, 1999; Gliessman, 2002).

### 2.3.1 TRANSICIONES AGROECOLÓGICAS

La transición agroecológica puede ser definida como la reconfiguración gradual de un agroecosistema durante un tiempo definido, en el que, siguiendo principios agroecológicos, logra producir alimentos y brindar servicios ecosistémicos (Tittonell, 2023). Realizar una transición desde la actual agricultura industrial a una agroecológica puede devenir a través de distintos caminos, en función del contexto, factores internos a los sistemas, y principalmente del punto de inicio de la transición (Tittonell, 2023).

Dentro de toda una cadena de alimentos, existen muchos actores e interesados que influyen o toman parte en las decisiones que separan a los alimentos de los consumidores (Duru et al., 2015). Por tanto, la transición puede constar de múltiples escalas de evaluación, en función del objetivo (Anderson et al., 2019). La investigación reciente para evaluar y diseñar una transición agroecológica se ha centrado en tres grandes grupos: los sistemas productivos, los sistemas socio-ecológicos y los sistemas socio-tecnológicos (Duru et al., 2015). Los primeros están enfocados en el predio, careciendo de profundidad en la evaluación del contexto ecológico, político y económico en el que se inserta; los segundos profundizan en las carencias del primero, pero no logran escalar y hacer una evaluación local; y los terceros carecen de enfoque ecológico en sus evaluaciones. Dadas las limitaciones de cada enfoque, para lograr una transición de una cadena de producción de alimentos sostenible con un enfoque agroecológico requiere de varias transiciones simultáneas a diferentes escalas (Tittonell, 2019).

Gliessman y Rosemeyer (2010) plantea cuatro estadíos en esta transición, cada uno siendo un posible punto de partida: (i) aumentar la eficiencia actual de los sistemas, (ii) substitución de insumos y prácticas por alternativas más saludables y renovables, (iii) rediseñar el sistema en base a principios agroecológicos, (iv) reconfigurar las cadenas de valor en los sistemas alimentarios para conectar a productores con los consumidores.

La velocidad y permanencia de las reconfiguraciones agroecológicas están influenciadas por factores contextuales (valoración del conocimiento indígena-campesino-local, acceso a recursos naturales, equidad, sistemas de intercambio de conocimiento, insumos y alimentos, sistema político y discurso) que pueden o no promover los cambios propuestos, asegurando tanto el éxito como el fracaso de esta (en desmedro de la escala espacial que se esté evaluando) (Anderson et al., 2019).

Por tanto, la transición requiere de enfoques multidisciplinarios que logren manejar la complejidad, diversidad y dinámicas de los sistemas y las personas involucradas en ellos (Tittonell, 2023).

### 2.3.2 HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS PARA EL TRABAJO CON SISTEMAS AGROECOLÓGICOS

Existen numerosas herramientas metodológicas para el trabajo con sistemas agroecológicos, que buscan desde objetivos más específicos como la definición de prácticas de manejo agroecológicos (Wezel et al., 2013) a objetivos más escalables como la agricultura basada en la biodiversidad (Duru et al., 2015). El foco en esta sección se hará sobre dos grandes herramientas metodológicas base para el abordaje metodológico del presente trabajo: la coinnovación y los marcos de diagnóstico.

La coinnovación es un término acuñado recientemente para definir un enfoque que se distingue de los análisis causales del funcionamiento de los agroecosistemas, para uno que no solo se enfoca en caracterizar y diagnosticar, sino también en re-diseñar, implementar, monitorear y evaluar el sistema (Dogliotti et al., 2013). La coinnovación surge de la intersección de tres dominios: el enfoque de sistemas adaptativos complejos, la generación de entorno de aprendizaje social y el monitoreo dinámica de los procesos (Rossing et al., 2021). El primer dominio se centra en evaluar todos los actores que participan en el sistema y los elementos (materiales e inmateriales), estratégicas y sistemas de normas y valores que los primeros utilizan para relacionarse con otros actores y con los elementos del mismo (Axelrod et al., 1999; como se cita en Rossing et al., 2021); el segundo se centra en la colaboración existente entre todos los interesados que participan en el predio y los efectos provocados por esta interacción; mientras que el tercero se centra en la búsqueda de consensos al utilizar la información obtenida y hacia dónde dirigir el proyecto, y en última instancia, al sistema (Rossing et al., 2021; Scarlato García, 2023). El objetivo de este enfoque es trabajar en los agroecosistemas dentro de un marco temporal que responda a las necesidades propias de estos sistemas, tanto a nivel biofísico como social (Rossing et al., 2021). Esto implica que los proyectos de coinnovación exitosos deben ser aquellos en los que la toma de decisión sea conjunta entre los actores participantes (Scarlato García, 2023), donde la información que traigan los técnicos o investigadores se amalgame con la información del productor (Tittonell, 2023), en las que las soluciones a implementar sean ajustadas a la realidad de cada sistema (Dogliotti et al., 2013), y el cambio, re-evaluación y monitoreo sean constantes (Tittonell, 2023).

El enfoque de coinnovación ha tenido resultados exitosos en Uruguay (Albicette et al., 2017; Colnago et al., 2022; Dogliotti et al., 2013; Rossing et al., 2010; Ruggia et al., 2021) -además de en Latinoamérica y Europa- durante los últimos 20 años, enfocándose en el trabajo en los predios, siguiendo la lógica planteada por la coinnovación y el método científico tradicional: caracterización, diagnóstico, re-diseño, implementación, monitoreo y evaluación.

Los marcos de diagnóstico intentan transformar algo abstracto a medidas concretas que pueden ser evaluadas y comparadas (Tittonell, 2023). Estos han logrado, con mayor o menor grado de éxito, enfocarse en distintas escalas dentro de la cadena de alimentos.

El marco de evaluación MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad) (Masera et al., 1999)

es una de las principales herramientas de evaluación de las propiedades de los sistemas que tiene esta óptica. Este marco cumple con una de las exigencias de los agroecosistemas: la capacidad de ser nuevamente utilizado para evaluar el mismo sistema y ver sus avances, y poder establecer nuevos niveles de discusión con los involucrados e interesados en el sistema (Tittonell, 2023).

Nuevos marcos vendrán luego a hacer más operativa la evaluación de la sostenibilidad, permitiendo asesoramiento más concreto y facilitando el proceso de decisión en los sistemas (Cabell & Oelofse, 2012; Darnhofer et al., 2010; De Olde et al., 2016; Tittonell, 2023). Incorporando indicadores medibles y criterios claros, estos marcos brindan un enfoque más comprensible y pragmático para los involucrados en evaluar y promover la sustentabilidad en la agricultura (Tittonell, 2023).

Para lograr entender los procesos ecológicos subyacentes de los sistemas que se quieren evaluar, es necesaria una visión amplia y holística (Nicholls & Altieri, 2018, como se cita en Scarlato García, 2023).

Sin embargo, operacionalizar prácticas y transiciones agroecológicas en situaciones específicas y que involucre un proceso de aprendizaje conjunto entre todos los involucrados (o al menos entre los investigadores y los productores) de un sistema aún requiere mayor investigación específica para cada escala de evaluación existente (país, región, predio) (Scarlato García, 2023).

El marco de evaluación MEDITAE (Marco de Evaluación para Diagnosticar e Impulsar Transiciones Agroecológicas) (Scarlato, Rieppi et al., 2023) propone la definición de un marco diagnóstico compartido dentro de un proceso participativo entre técnico/investigador y agricultor con el objetivo de mirar al sistema desde una perspectiva agroecológica, siendo este el primer paso para impulsar la transición. A su vez, contribuye a definir el norte del sistema, hacia dónde se dirige el productor con la transición, haciendo visible la distancia a recorrer para llegar a ello y con un plan como base para lograrlo. El marco propone un nuevo método para hacer más claro el nexo entre las prácticas de manejo, cómo inciden sobre los procesos socio-ecológicos del sistema predial y los resultados obtenidos, facilitando el rediseño de los sistemas.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 METODOLOGÍA

La metodología se basó en la propuesta de coinnovación de Dogliotti et al. (2013), que se estructura en un proceso cíclico de caracterización y diagnóstico, re-diseño, implementación, monitoreo y evaluación. Para la realización de este trabajo, el foco se colocó en las etapas de caracterización, diagnóstico y rediseño del sistema. Las particularidades del trabajo respecto de los anteriores de coinnovación en el Uruguay (Albicette et al., 2017; Colnago et al., 2022; Dogliotti et al., 2013), fue el foco en sistemas agroecológicos y el uso del marco MEDITAE (Scarlato, Rieppi et al., 2023), en lugar del marco MESMIS (Masera et al., 1999) para guiar el proceso de análisis.

### 3.1.1. CARACTERIZACIÓN

La caracterización consistió en recopilar y analizar información del predio con el objetivo de entender su estructura, funcionamiento, actividades que se realizan y los roles que cumplen cada una de las personas que intervienen en el predio. En esta etapa se buscó responder quiénes son, qué hacen, cómo lo hacen y qué resultados obtienen.

Se realizaron diez visitas al predio durante el año 2019 y 2020, en las que se consultó a los productores sobre la familia, su historia productiva, los registros con los que contaban, características de la producción y la infraestructura disponible.

Además de las consultas y entrevistas abiertas o semiestructuradas realizadas a los productores, se revisaron antecedentes de la zona (fundamentalmente relacionadas a los recursos naturales), del predio (informes de certificación agroecológica, informes de proyectos realizados con instituciones educativas), y revisión de trabajos previos. Se realizaron recorridas y observación directa en el campo, procesamiento de registros de producción y comercialización de los productores.

### 3.1.2. DIAGNÓSTICO

El diagnóstico implicó realizar una evaluación del sistema en la que se logró evidenciar si el sistema cumple o no los objetivos que se plantean los productores. Para esto, progresivamente se desarrolló y aplicó el Marco de Evaluación y Diagnóstico para Impulsar Transiciones AgroEcológicas (MEDITAE) (Scarlato, Rieppi et al., 2023). Con este marco, se evaluó en qué medida el funcionamiento del sistema está basado en la promoción de seis procesos socio-ecológicos clave: ciclaje de carbono, nutrientes y agua; flujo de energía; sucesión vegetal y regulación biótica; socioeconómico y cultural (Altieri, 1999; Gliessman, 2002) (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Procesos socio-ecológicos de los agroecosistemas*

| **Proceso ecológico** | **Descripción** | **Objetivo** |
|---|---|---|
| Ciclaje de nutrientes | La circulación de nutrientes en el agroecosistema involucra el suelo, las plantas, los microorganismos y animales, y la atmósfera, y está mediada por la actividad biológica y química. | Maximizar el ciclaje de nutrientes en el sistema.<br>Minimizar las pérdidas para ser más eficientes y menor riesgo de contaminación.<br>Alcanzar niveles altos de fijación natural de N.<br>Mantener altos y balanceados niveles de formas estables y lábiles de nutrientes en el sistema en un adecuado balance con los requerimientos productivos |
| Ciclaje de carbono | La circulación de C en el agroecosistema involucra el suelo, las plantas, los microorganismos y animales, y la atmósfera, y está mediada por la actividad biológica y química. | Reducir las pérdidas de C orgánico de los suelos.<br>Mantener altos niveles de carbono orgánico en el suelo en diversas formas de C.<br>Maximizar el secuestro de C en la biomasa del sistema y el suelo. |
| Regulación biótica | Los organismos modifican gradualmente las condiciones ambientales de modo que otras especies pueden aparecer o reemplazar a las especies originales.<br>La regulación biótica modula los ciclos del carbono y los nutrientes y las poblaciones de plagas, malezas y patógenos. | Incrementar la abundancia y diversidad de comunidades bióticas en el sistema.<br>Promover antagonistas que puedan suprimir patógenos, plagas y malezas. |
| Ciclos hidrológicos | El agua se mueve a través de la atmósfera, el suelo, las plantas, los animales y los cuerpos de agua. | Maximizar la capacidad de capturar y retener agua de lluvia.<br>Maximizar el ciclo del agua.<br>Minimizar el anegamiento y la escorrentía superficial erosiva.<br>Minimizar las pérdidas de agua.<br>Lograr y mantener una alta calidad del agua. |
| Flujos de energía | El flujo de energía en un ecosistema implica capturar la energía solar por parte de las plantas y almacenarla en estructuras de biomasa.<br>En un agroecosistema, la energía también proviene de insumos basados en combustibles fósiles y sale con productos exportados. | Maximizar la capacidad de captar y utilizar energías renovables y reducir el uso de fuentes no renovables.<br>Maximizar los flujos de energía en el sistema.<br>Minimizar las pérdidas de energía |
| Socio- | Los procesos ecológicos y las | Generar buenas condiciones de vida para |

| | | |
|---|---|---|
| económico y cultural | condiciones socioeconómicas son interdependientes. Por ejemplo, el desarrollo y/o adopción de sistemas y tecnologías agrícolas resultan de interacciones entre los agricultores (su historia, experiencias, conocimientos, necesidades y objetivos), con otros y con el entorno biofísico. | agricultores y trabajadores.<br>Maximizar la producción de alimentos de alta calidad.<br>Lograr un bajo nivel de dependencia de insumos, tecnologías y conocimientos externos.<br>Fomentar el trabajo colaborativo y las redes.<br>Generar y promover relaciones justas entre agricultores, trabajadores y consumidores. |

*Nota.* Elaborado en base a Altieri (1999) y Gliessman (2002).

Asociado a cada proceso clave se definieron indicadores de resultado que reflejan el funcionamiento o estado de los procesos (Tabla 2) e indicadores de prácticas de manejo (Tabla 3) que reflejan el manejo, y permitirían identificar posibles explicaciones a los resultados del sistema. De todos los indicadores definidos, no todos lograron ser medidos ni utilizados para el análisis. Esto se debió a que no se logró definir un método de estimación fiable para medirlos o parámetros de referencia como para poder comparar, así como no se logró contar con el análisis y recopilación de información de calidad necesaria para su estimación. Por tanto, se definió excluir algunos indicadores, manteniendo un número igualmente robusto para consolidar el diagnóstico.

**Tabla 2.**

*Indicadores de resultado y método de estimación para cada proceso ecológico*

| Proceso ecológico | Indicadores de Resultado | Método estimación |
|---|---|---|
| Ciclo de nutrientes | Balance de nutrientes del sistema | Ingreso N, P, K – Salida N, P, K (Ciampitti & García, 2007) |
| | Balance de nutrientes en cultivos principales | N, P, K extraído – N, P, K aportado (Scarlato et al., 2022). |
| | Niveles de nutrientes principales en el suelo | P disponible (ppm, Bray & Kurtz, 1945) K, Na, Ca, Mg intercambiable (meq $100g^{-1}$, Isaac & Kerber, 1971) |
| | Fijación biológica de N | (ha de leguminosas/ha cultivada) por $año^{-1}$. |
| | pH y conductividad eléctrica del suelo | pH and conductividad eléctrica (CE) (relación 1:2.5 suelo:agua y suelo:KCl ) |
| | Eficiencia de uso de nutrientes | Kg producto cosechado / aportes NPK (Hedlund et al., 2003) |
| | Problemas de deficiencia de nutrientes | Frecuencia de ocurrencia de síntomas visibles: 1: sin síntomas, 2: no todos los años en algunos cultivos, 3: todos los años en algunos cultivos principales, 4: todos los años en todos los cultivos principales |
| | Erosión de suelo | 1: sin signos visuales, 2: local y ligera, 3: local y severa o generalizada y ligera, 4: generalizada y severa |
| Ciclo de carbono | COS activo relativo | COS mineralizable actual / COS mineralizable original *100 (Dogliotti et al., 2013). Textura del suelo (Forsythe, 1975) y análisis SOC (Nelson & Sommers, 1996). |
| | Balance anual de COS | Estimado por entradas de C (abonos verdes + pasturas + enmiendas orgánicas + restos de cultivo) y salidas de carbono (cosecha, mineralización) en cuadros - invernáculos representativos o con análisis de suelo disponible. Cuando sea posible, utilizando modelos empíricos para la región (Alliaume et al., 2012) |

| | | |
|---|---|---|
| | Erosión de suelo | 1: sin signos visuales, 2: local y ligera, 3: local y severa o generalizada y ligera, 4: generalizada y severa |
| | Profundidad del horizonte superficial del suelo | Con descripción de perfil de suelo disponible, profundidad media (m) de cuadros - invernáculos cultivados. |
| | Actividad biológica del suelo* | e.g. respiración |
| | Número de cultivos por año | Promedio de número de cultivos/cuadro o invernáculo |
| | Intensidad de laboreo de suelo | Número de intervenciones con herramientas (a campo e invernáculo) por año$^{-1}$. (Alliaume et al., 2012; usualmente: 4 a 8). |
| Regulación biótica | Actividad biológica del suelo* | e.g. respiración |
| | Diversidad de Artrópodos* | - |
| | Relevancia de malezas problemáticas | Frecuencia de plagas problemáticas. 1: sin ocurrencia, 2: no todos los años en algunos cultivos, 3: todos los años en algunos cultivos principales, 4: todos los años en todos los cultivos principales<br>Malezas problemáticas: perennes o anuales con alta tasa inicial de crecimiento, alta tasa y mecanismos diversos de multiplicación, mecanismos de resistencia, presente en más del 20% del área cultivada |
| | Diversidad de malezas | Número de malezas en cultivos principales. Escala: <5, 5-10, 10-15, 15-20, >20 |
| | Relevancia de plagas problemáticas | Frecuencia de plagas problemáticas (requieren control específico o afectan rendimiento o calidad comercial): 1: sin ocurrencia, 2: no todos los años en algunos cultivos, 3: todos los años en algunos cultivos principales, 4: todos los años en todos los cultivos principales |
| | Relevancia de enfermedades problemáticas | Frecuencia de enfermedades problemáticas (requieren control específico o afectan rendimiento o calidad comercial): 1: sin ocurrencia, 2: no todos los años en algunos cultivos, 3: todos los años en algunos cultivos principales, 4: todos los años en todos los cultivos principales |

| | | |
|---|---|---|
| Ciclos hidrológicos | Disponibilidad de agua para riego | Agua disponible ($m^3$) para riego por $año^{-1}$ |
| | Calidad del agua | Escala acorde a restricciones biológicas y/o químicas para la producción: 1: sin problemas, 2: <50% de las fuentes sin restricciones, 3: 50-75% de las fuentes con restricciones, 4: >75% de las fuentes con restricciones |
| | Erosión de suelo | 1: sin signos visuales, 2: local y ligera, 3: local y severa o generalizada y ligera, 4: generalizada y severa |
| Flujos de energía | Productividad del sistema | (t de alimento producido total) (ha totales)$^{-1}$ (año)$^{-1}$ |
| | Productividad del área cultivada | (t de alimento producido total) (ha cultivada)$^{-1}$ (año)$^{-1}$ |
| | Rendimiento de los cultivos principales | Dogliotti et al., 2013; Dogliotti et al., 2021; Berrueta et al., 2019; Colnago et al., 2022 |
| | Relación área cosechada y área cultivada | ha cosechada / ha cultivada |
| | Balance de energía* | Salidas de E – entradas de E |
| | Eficiencia de uso de energía* | Entradas de E / salidas de E |
| Socio-Económico y cultural | Ingreso neto familiar (INF) | IKp + Salarios Fictos |
| | INF/h trabajo familiar | INF/hs trabajadas por la familia |
| | Productividad del trabajo | (Ingreso de capital [IK] / hs trabajo) (Colnago et al., 2020) |
| | Relación costos efectivos y totales | Costos en efectivo / Costos totales |
| | Relación ingresos y egresos | Costos totales [CT] / producto bruto [PB] |
| | Número de personas potencialmente alimentadas por año | kg alimento $año^{-1}$ / 0.4*365 (OMS [1990]: 400 g de vegetales fresco por persona por día) |
| | Número de trabajadores por área total | EH / ha total |

| | |
|---|---|
| Equivalente hombre (EH) por área cultivada | EH / ha cultivada |
| Proporción de mano de obra familiar | EH familiar / EH total |
| Plusvalía* | Productividad del trabajo / salario |
| Eficiencia de comercialización | Precio promedio obtenido / precio mercado mayorista (informe semanal de precios e ingresos al Mercado Modelo).<br>Estimado anual para los cultivos principales |
| Percepción de calidad de vida | 1: muy insatisfecho, 2: algo insatisfecho, 3: satisfecho, 4: muy satisfecho, 5: extremadamente satisfecho |
| Estabilidad laboral | Número de trabajadores permanentes / número total de trabajadores |

*Nota*. Indicadores no estimados para este trabajo (*). Elaborado en base a Scarlato, Rieppi et al. (2023).

**Tabla 3.**

*Indicadores de manejo y método de estimación para cada proceso ecológico*

| Proceso ecológico | Indicadores de Manejo | Método estimación |
|---|---|---|
| Ciclo de nutrientes | Uso de biofertilizantes | Clases: 1: No, 2: Sí, ocasionalmente, 3: Sí, todos los años en los cultivos principales |
| | Cantidad de fuentes de nutrientes según tipo | 1: completamente sintético, 2: combinación sintético y orgánico, mayor proporción sintético, 3: combinación sintético y orgánico, mayor proporción orgánico, 4:completamente orgánico |
| | Criterio de uso de nutrientes | 1: sin considerar suelo o el cultivo (aplicación calendario/rutinaria), 2: considerando requerimiento de cultivos o estado del suelo, 3: considerando cultivo y suelo |
| | Cobertura de suelo anual | Promedio anual de número de cuadros o invernáculos cubiertos (e.g. cultivos, abonos verdes, pasturas, rastrojo) / número de cuadros o invernáculos totales |
| | Proporción de abonos verdes (AV) y/o pasturas en el área cultivada | (ha AV + pasturas) (ha cultivadas$^{-1}$) año $^{-1}$ |
| Ciclo de carbono | Frecuencia de uso de abonos verdes (AV) | Número AV/año promedio |
| | Frecuencia o intensidad de uso del suelo | Número cultivos (a campo e invernáculo) año$^{-1}$ |
| | Cobertura del suelo | Tipología: 1: alta canopia (abonos verdes, cultivos con alta cobertura), 2: baja canopia (rastrojo, cultivos con baja cobertura), 3: sin cobertura (suelo descubierto, laboreado, barbecho) |
| | Cobertura de suelo anual | Promedio anual de número de cuadros o invernáculos cubiertos (e.g. cultivos, abonos verdes, pasturas, rastrojo) / número de cuadros o invernáculos totales |
| | Tipo de cobertura (canopia) | Promedio de valor de cobertura: 1: mayoritariamente cobertura de alta canopia, 0,5: mayoritariamente cobertura de baja canopia, 0: mayoritariamente sin cobertura |

| | | |
|---|---|---|
| | Proporción de abonos verdes (AV) y/o pasturas en el área cultivada | (ha AV + pasturas) (ha cultivadas$^{-1}$) año $^{-1}$ |
| | Uso de abonos orgánicos | Kg MS (ha cultivada$^{-1}$) año $^{-1}$ |
| | Intensidad de laboreo de suelo | Número de intervenciones con herramientas (a campo e invernáculo) año$^{-1}$. (Alliaume et al., 2012; usualmente: 4 a 8). |
| Regulación biótica | Rotación de cultivos | 1: sin rotación, 2: rotación de algunos cultivos o de duración no establecida, 3: rotación para todos los cultivos con duración establecida |
| | Diversidad de rubros productivos | Número de actividades (hortícolas, ganaderas, avícolas, frutícolas, etc.) |
| | Diversidad de familias, especies y variedades cultivadas | Número de familias (F), especies (E) y variedades (V) de cultivos sembradas |
| | Área en policultivo | (ha de policultivos) (ha cultivadas$^{-1}$) año$^{-1}$ |
| | Aplicación de pesticidas sintéticos | Número de aplicaciones (año) $^{-1}$ |
| | Aplicación de pesticidas biológicos/botánicos | Número de aplicaciones (año) $^{-1}$ |
| | Criterios de manejo de plagas | 1: basado en pesticidas, aplicaciones calendario/rutinarias, 2: basado en pesticidas, con 2 o 3 prácticas culturales y monitoreo parcial, 3: 4 o más prácticas culturales, monitoreo de cultivos y de condiciones de riesgo.<br>Escala basada en prevalencia de pesticidas o prácticas culturales (calidad de la semilla, variedades resistentes/tolerantes), eliminación de plantas enfermas, manejo de períodos entre cultivos, limpieza de implementos, circulación de aire, rotación de cultivos). |
| | Proporción de áreas seminaturales (AS) en área cultivada | (ha seminaturales) (ha cultivadas) $^{-1}$ |

| | | |
|---|---|---|
| | Proporción de áreas seminaturales (AS) en área total | (ha seminaturales) (ha totales) $^{-1}$.<br>Área seminatural: área con más de 10 años sin perturbaciones. Pastoreo de baja intensidad no fue considerado como perturbación. |
| Ciclos hidrológicos | Cobertura del suelo | Tipología: 1: alta canopia (abonos verdes, cultivos con alta cobertura), 2: baja canopia (rastrojo, cultivos con baja cobertura), 3: sin cobertura (suelo descubierto, laboreado, barbecho) |
| | Tipo de cobertura (canopia) | Promedio de valor de cobertura: 1: mayoritariamente cobertura de alta canopia, 0,5: mayoritariamente cobertura de baja canopia, 0: mayoritariamente sin cobertura |
| | Tipo de sistema de irrigación | 1: por surcos, 2: por aspersión, 3: localizado |
| | Área regada | ha regadas |
| | Proporción de área regada sobre cultivada | (ha regadas con cualquier tipo de irrigación) (ha cultivadas) $^{-1}$ |
| | Tipo de fuentes de agua | 1: subterránea, 2: escurrimiento almacenada, 3: superficial |
| | Cobertura de suelo anual | Promedio anual de número de cuadros o invernáculos cubiertos (e.g. cultivos, abonos verdes, pasturas, rastrojo) / número de cuadros o invernáculos totales |
| Flujos de energía | Cobertura del suelo | Tipología: 1: alta canopia (abonos verdes, cultivos con alta cobertura), 2: baja canopia (rastrojo, cultivos con baja cobertura), 3: sin cobertura (suelo descubierto, laboreado, barbecho) |
| | Cobertura de suelo anual | Promedio anual de número de cuadros o invernáculos cubiertos (e.g. cultivos, abonos verdes, pasturas, rastrojo) / número de cuadros o invernáculos totales |
| Socio-Económico y cultural | Origen de semilla | Porcentaje de variedades cultivadas con semilla propia (P), locales/nacional (L) e importadas (I) |
| | Origen de fuentes de nutrientes | Porcentaje por tipo de origen: propio (P), local/nacional (L), importada (I) |

| | |
|---|---|
| Tipo de comercialización | Porcentaje por tipo: directa (D), intermediario cercano (IC), intermediario lejano (IL).<br>D: sin intermediarios entre productor y consumidor,<br>IC: un intermediario entre el productor y el consumidor,<br>IL: más de un intermediario entre el producto y el consumidor |
| Diversidad de canales comerciales | Número de canales comerciales |
| Diversidad de estrategias comerciales | Número de estrategias comerciales |
| Nivel de dependencia canales comerciales | Escala de capacidad de modificación de condiciones de venta con cada canal:<br>1: intermediario define el precio unilateralmente, 2: intermediario define el precio unilateralmente, pero se permite negociación del productor, 3: el precio se define conjuntamente entre productor e intermediario, 4: el precio lo define el productor. |
| Diversificación del ingreso por canal comercial | Porcentaje de ingresos para cada estrategia |
| Eficiencia cada canal comercial | % Costo en relación al precio del público estimados cada estrategia |
| Beneficios sociales de trabajadores | Número de trabajadores con beneficios sociales / número total de trabajadores |
| Número de vínculos con organizaciones/grupos | Número organizaciones/grupos que participan/pertenecen |
| Número de vínculos con instituciones | Número de instituciones que se vincula frecuentemente |
| Número de cultivos que explican> 50% ingresos | 1: 1 - 2 cultivos, 2: 3 - 5 cultivos, 3: 5 - 10 cultivos, 4: > 10 cultivos |
| Equidad intrafamiliar en la toma de decisiones | Número de trabajadores de la familia que participan en la toma de decisiones / número total de trabajadores en la familia |

*Nota*. Indicadores no estimados para este trabajo (*). Elaborado en base a Scarlato, Rieppi et al. (2023).

Con las estimaciones de los indicadores y su análisis, se definieron puntos críticos positivos y negativos, y con ellos las áreas o procesos socio-ecológicos más robustos y débiles del predio. Luego, se realizó un intercambio con los productores en el que se discutieron los mismos. Esta dinámica permitió la definición conjunta de las áreas de fortalezas y debilidades del sistema, y con ello entender y definir las estrategias de rediseño que deberían desarrollarse para mejorar el sistema.

#### 3.1.3. PROPUESTAS DE REDISEÑO

Para las áreas con mayor oportunidad, se plantearon propuestas para mejorar los resultados de los indicadores que definen dicha área como tal, y alineadas con los objetivos de los productores. Una vez seleccionadas las propuestas con los productores, se diseñaron y evaluaron las propuestas en sucesivas etapas. Inicialmente, se definió un plan de producción, luego las rotaciones y el plan de uso del suelo, y finalmente se evaluó la viabilidad de la propuesta en función de la mano de obra disponible. Posteriormente, se diseñaron los corredores de vegetación que conectan todo el sistema, realizando la valoración -al igual que con el plan de producción- de viabilidad y conectividad de los corredores planificados.

### 3.2. SELECCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

El predio forma parte de un grupo de cinco predios hortícolas seleccionados para la tesis de doctorado de Scarlato García (2023). Los cinco predios fueron seleccionados para abarcar diferentes niveles de dotación de recursos, tipos de cultivos (de invernadero y de campo), niveles de uso de insumos agroquímicos, niveles de rendimiento, tipos de gestión de la explotación (ecológica o convencional) y relaciones con el mercado (venta directa o a través de intermediarios). Otros criterios de selección fueron (i) la participación en grupos de agricultores locales, (ii) la disposición a discutir cambios estratégicos, y (iii) la participación previa en procesos de investigación vinculados a estrategias de intensificación agroecológica o ecológica. Tres predios eran orgánicos/agroecológicos con trayectoria en producción hortícola de forma orgánica, y dos predios tenían manejo convencional con intención de iniciar una transición a producción orgánica/agroecológica.

Este trabajo se desarrolló en uno de los tres predios con manejo orgánico - agroecológico seleccionados.

# 4. RESULTADOS

## 4.1. CARACTERIZACIÓN

### 4.1.1. UBICACIÓN

El sistema de producción predial se encuentra en el paraje Valle Alegre, próximo a la ciudad de San Bautista (5 km), en el centro-norte del departamento de Canelones. Está ubicado a 30 km de la ciudad de Canelones y a 62 km de la ciudad de Montevideo.

### 4.1.2. LA FAMILIA Y EL PREDIO

#### 4.1.2.1. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA

El predio es gestionado y producido por tres hermanos (los productores): Daniel, Pablo y Rubén Bentancur. Cada uno tiene su núcleo familiar y la actividad predial es el sustento económico para cada uno de ellos.

Los tres núcleos constan de doce integrantes (contando a los productores), seis de ellos (los tres hermanos y tres de los hijos de las familias) trabajan en el predio (Tabla 4). Las tres familias residen en ciudades próximas al predio, estando ninguna residiendo actualmente en el predio. Quienes trabajan en el predio concurren diariamente con locomoción propia. Eso es inédito en el predio, ya que la generación de los productores es la tercera generación de productores en el predio, pero la primera que no vive allí.

Recientemente, en el 2019, los hijos de Daniel comenzaron a involucrarse más activamente en la producción y comenzaron a percibir un ingreso por sus tareas en el predio. Además, comenzaron un proyecto gastronómico como fuente de ingreso adicional. El hijo mayor se encontraba finalizando la carrera de Ingeniero Agrónomo, mientras que el segundo la estaba comenzando. El hijo menor no se encontraba estudiando en ese momento. Los tres hijos de Daniel se proyectan continuar trabajando en la producción predial.

**Tabla 4**

*Composición por núcleo familiar de los productores*

| Nombre | Núcleo familiar | Filiación | Edad | Trabajo en el predio |
|---|---|---|---|---|
| Daniel Bentancur | - | - | 45-60 | Sí |
| Hijo menor | Daniel | Hijo | 18-30 | Sí |
| Hijo mayor | Daniel | Hijo | 18-30 | Sí |
| Segundo hijo | Daniel | Hijo | 18-30 | Sí |
| Esposa Daniel | Daniel | Esposa | - | No |
| Pablo Bentancur | - | - | 45-60 | Sí |
| Esposa Pablo | Pablo | Esposa | - | No |
| Hijo menor | Pablo | Hijo | < 18 | No |
| Hija mayor | Pablo | Hija | < 18 | No |
| Rubén Bentancur | - | - | 45-60 | Sí |
| Esposa Rubén | Ruben | Esposa | 45-60 | No |
| Hijo Ruben | Ruben | Hijo | < 18 | No |

*Nota*. Edad en 2019.

Los productores y los tres hijos de Daniel involucrados en la producción tienen cobertura de salud y previsión social al estar registrados y realizar aportes como productores rurales.

Los productores suelen tener al menos un día libre a la semana y en la mayoría de los años, se toman entre una y dos semanas de vacaciones al año. Generalmente buscan los momentos menos atareados de las épocas de verano-otoño e invierno-primavera y las toman de forma rotativa, buscando que su ausencia no sea problemática para mantener el sistema productivo.

#### 4.1.2.2. EL EQUIPO DE GESTIÓN PREDIAL

Daniel, Rubén y Pablo son los encargados de la gestión del predio y de algunas tareas operativas del predio (Figura 1). Si bien todos los integrantes de las familias que están involucrados en el predio participan en la discusión de las decisiones estratégicas del predio, la decisión final sigue siendo tomada mayormente por los productores. Todas las decisiones de carácter estratégico y estructural del predio (stock de ganado, compras de maquinaria, tierra, etc.) se toman en conjunto entre los tres hermanos, realizando reuniones para tratar estos temas. Las decisiones más tácticas y operativas se toman día a día cuando interaccionan y ateniéndose cada uno a su área de responsabilidad.

Daniel es el encargado de la gestión general del predio. Él es el que toma la mayoría de las decisiones operativas en comparación con sus hermanos, ya que, expresado por él mismo, *"es necesario que uno solo tenga la voz de mando en el predio, para evitar problemas y confusiones, principalmente entre los empleados"*. Se encarga de la gestión de los empleados (contrataciones, despidos, designación de tareas, etc.), de la mayoría

de los pagos a proveedores y de todas las compras de insumos para la producción hortícola. En la producción hortícola, se encarga de la producción protegida y a campo, realizando la planificación productiva general, calendario de siembras, trasplantes, cosechas, manejo de los cultivos. Además, realiza el seguimiento de los predios que cuentan en Salto y Bella Unión, manteniendo comunicación con los encargados de los predios y visitándolos mensualmente.

Por otra parte, Daniel se encarga de la planificación y la toma de decisiones en el manejo de suelos junto con Pablo. Este último, se encarga enteramente de la gestión y manejo de la ganadería del predio, a nivel de manejo del rodeo vacuno y la producción de forraje.

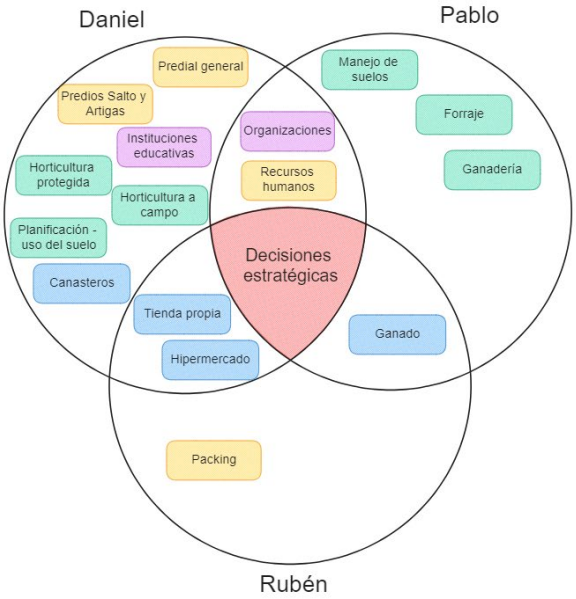
Daniel y Rubén son los responsables de la comercialización. Daniel se encarga exclusivamente de la gestión de las ventas a canasteros (armado de pedidos, entrega y cobro de estas) y gerencia de local de venta directa en Montevideo (Ecotienda). Rubén es el encargado de la gestión en torno al principal canal comercial del predio, Tienda Inglesa (hipermercado). Es el encargado de la comunicación con el hipermercado y de la entrega de mercadería. Además, es el responsable de la gestión en torno a los insumos utilizados en el packing del predio.

Daniel y Pablo son quienes tienen un rol activo en la vinculación organizacional (participación en reuniones de la cooperativa Punto Verde, actualmente más Pablo, y de la Red de Agroecología, actualmente más Daniel).

La distribución de las ganancias se hace de forma equitativa entre los tres hermanos. De la totalidad de las ganancias del predio, una vez descontados los gastos en efectivo del predio, un 70% se destina a mantenimiento y reinversión en la propia empresa, y el 30% restante, se divide en tres partes iguales, siendo un 10% para cada uno de los hermanos.

**Figura 1.**

*Diagrama de división de responsabilidades y toma de decisiones de los productores*




*Nota*. En amarillo se identifican las tareas de gestión operativa y de personal; en violeta las tareas asociadas a las vinculaciones del predio; en verde las tareas de producción; y en azul las de comercialización.

A partir del año 2019, se comenzaron a asignar nuevos roles y delegar algunas tareas a los hijos de Daniel, pero de forma parcial aun (por ejemplo, el hijo mayor a cargo de los cultivos de ajo y papa).

#### 4.1.2.3. HISTORIA DEL PREDIO Y DE LA FAMILIA

El predio tiene una larga historia en la producción. Inicialmente, el abuelo de los productores vivió en el campo lindero al predio actual. Su hijo (padre de los productores) compró más tarde el padrón donde se encuentra el casco del predio. Posteriormente, fue comprando nuevos padrones en base a créditos (en términos de Daniel *"se pagaba un crédito y se entraba en otro"*).

Si bien los hermanos Bentancur estuvieron vinculados a la producción desde su juventud, es hacia principios de la década de 1990 que asumen la responsabilidad en la gestión y comienzan a hacerse cargo del predio. En el predio se realizaba horticultura a campo, pero al poco tiempo de asumir la gestión (1990-91) construyeron el primer invernáculo, iniciando la producción protegida en el predio.

En 1990 se forma la cooperativa Punto Verde, de la cual los hermanos son miembros fundadores, con el fin de mejorar la colocación y venta de la producción. Ese mismo año, los hermanos Bentancur junto con otros productores de la cooperativa comienzan a probar el manejo orgánico en algunos cultivos motivados por la posibilidad de comercialización y valorización de su producción. Tuvieron su primera experiencia en 1991, realizando frutilla orgánica con resultados muy exitosos. Los años posteriores (1992 - 1994) fueron identificados como "años malos" para la producción, debido a una

crisis económica. El proceso de transición hacia un sistema orgánico iniciado años antes se vio enlentecido. Hacia el año 1995, y a partir de una demanda concreta del hipermercado, comenzaron a realizar pruebas de producción orgánica en una fracción del predio, y en 1996 deciden realizar producción completamente orgánica, con el fin de certificarla y así vender al hipermercado. Este proceso fue también vivido por varios de los integrantes de la cooperativa Punto Verde, pasando a conformarse como una cooperativa de producción orgánica. También a finales de los 90 se vinculan a la Asociación de Productores Orgánicos del Uruguay (APODU), y desde el 2005 son miembros de la Red de Agroecología del Uruguay.

Los tres hermanos representan la tercera generación produciendo en el predio y la primera de forma orgánica. Dicha transición y transformación en su sistema productivo se dio por varios motivos. Primeramente, como una salida económica frente a años de crisis, que provocaron problemas de endeudamiento. Luego, por el interés en el mercado incipiente de la producción orgánica. Por último, la incorporación de prácticas, tales como el uso de abonos verdes, impulsó a los productores a adentrarse aún más en el conocimiento de otras formas de producción.

El predio se ha ido consolidando y ampliando en su producción orgánica, de la mano con la consolidación de los vínculos comerciales. El área total del predio se ha seguido ampliando en la historia reciente, en 2007 se adquirieron 20 hectáreas adicionales en la zona. En torno al año 2015 adquieren un predio en Salto (7 ha), y en 2019 uno en Bella Unión. En el año 2020 se compran dos fracciones contiguas a la fracción principal del predio (21 ha), destinándose a producción hortícola a campo.

#### 4.1.2.4. OBJETIVOS DE LOS PRODUCTORES

El principal objetivo es lograr mantener una vida decente de acuerdo con sus posibilidades y aspiraciones personales, de cada uno de ellos y de los integrantes de sus familias. Paralelamente, el segundo objetivo es mantener la empresa y la forma en la que producen. Esto último es muy valorado por los productores. Se sienten orgullosos de tener una producción que beneficia a la sociedad y al ambiente, que les genera los ingresos necesarios para vivir y desarrollarse, y por el reconocimiento que genera de la sociedad para con ellos.

En este sentido, cobra importancia el objetivo de generar espacios para que las nuevas generaciones se involucren, puedan percibir un ingreso adecuado y puedan proyectarse en el predio.

Para lograr estos objetivos, los esfuerzos de los productores se dan en dos frentes: incrementar y diversificar el área cultivada buscando generar oportunidades para que los hijos se integren y diversificar los puntos de venta para alcanzar una mayor independencia a nivel comercial.

En cuanto a la producción, el objetivo central de los productores es poder cubrir durante todo el año las demandas de productos, en diversidad, calidad y cantidad. Para eso, realizaron la compra de los predios en la zona norte del país para la producción en contraestación. Apuntan también al aumento de la diversidad productiva dentro de la

horticultura, aumentando progresivamente el número de rubros hortícolas producidos – así como también el volumen producido -, y de esta manera lograr diversificar a su vez los canales de ventas (reduciendo su fuerte dependencia al canal principal de ventas que es el hipermercado) y mantener una calidad aceptable en sus productos comercializados. Sobre esto último, los productores entienden la calidad no solo desde el punto de vista cosmético (de la cual también están orgullosos de mostrar), sino también la calidad intrínseca de producir alimentos de forma orgánica.

#### 4.1.2.5. VINCULACIÓN ORGANIZACIONAL E INSTITUCIONAL Y ASISTENCIA TÉCNICA

Los productores tienen una fuerte vinculación y compromiso con la zona. Participan en diversos grupos y organizaciones, tienen vínculo con diversas instituciones, y también son referentes en el territorio para los vecinos. El predio cedió uno de sus invernáculos para la producción de hortalizas de una escuela pública especial de la zona, y los productores participan activamente de la comisión de fomento de su ciudad.

Son miembros fundadores de la cooperativa Punto Verde creada en el año 1990. Actualmente está conformada por siete predios. Esta cooperativa remite de forma conjunta la mayor parte de su producción a Tienda Inglesa.

Fueron miembros de URUCERT y APODU desde sus inicios (1996-1997). Desde su creación en 2005, son miembros de la regional Sauce-Santoral de la Red Nacional de Agroecología. En el caso de Daniel, ha cumplido funciones como delegado y coordinador de la regional en algunos períodos.

A nivel institucional, desde los años 90 y hasta la actualidad, el predio ha participado en numerosos proyectos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y Facultad de Agronomía. Ha participado de proyectos vinculados a manejo de suelos, manejo de biodiversidad, uso de material genético local, control biológico, entre otros.

Los productores cuentan con asistencia técnica tanto en la ganadería como en la horticultura. Un ingeniero agrónomo asesora a Pablo para los manejos de la producción ganadera, y una ingeniera agrónoma es quien asesora en la producción hortícola, realizando visitas cada 20 días durante todo el año. Una vez al año, junto a la ingeniera agrónoma, se realiza una planificación de los principales cultivos protegidos de verano. Se definen variedades, localización, fechas de siembra, trasplante y cosecha para los cultivos de tomate, morrón, berenjena, chaucha, pepino y melón.

### 4.1.3. EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

El predio se divide en tres grandes fracciones (Figura 2). La principal zona productiva o fracción principal abarca 56 ha (A) (Figura 3), en las que se desarrolla toda la horticultura (21 ha de extensión) y parte de la ganadería (16 ha), ambas de forma orgánica. La fracción siguiente en extensión es exclusiva de ganadería (B.1) y abarca 48 ha, en la que la producción es convencional. La tercer fracción tiene una superficie de 8 ha y al momento de la realización de este trabajo, solo contaba con un antiguo monte de manzanas con manejo orgánico (B.2). Entre 2019 y 2020 se comenzaron a hacer pruebas de cultivos en la fracción B.2 (e.g. zanahoria, cebolla, papa) por parte de uno de

los hijos de Daniel, con el fin de sembrarlo en la fracción principal en los próximos años.

La producción hortícola es la actividad principal del predio, en donde se dedica la mayoría de la fuerza de trabajo y los recursos económicos, siendo la que genera la mayor parte de los ingresos de las tres familias.

**Figura 2.**

*Ubicación de las tres fracciones que componen el sistema predial*

*Nota*. Fracción principal hortícola y ganadera con manejo orgánico (A), zona exclusiva ganadera con manejo convencional (B.1) y monte viejo de manzanos con manejo orgánico (B.2). Adaptado de Google (2024).

**Figura 3.**

*Croquis de la fracción principal del predio (A)*

*Nota*. Zonas seminaturales, montes y pasturas (verdes), invernáculos (gris), cursos de agua o tajamares (azul), cuadros a campo (marrón), casa, galpón y cámara (rojo, naranja y negro, respectivamente) y la infraestructura de riego (bomba en rojo sobre el curso de agua, y equipo de filtrado en celeste). Adaptado de Google (2023).

4.1.3.1. RECURSOS HUMANOS

La mano de obra del predio estuvo compuesta por 22 personas, entre mano de obra familiar, contratada asalariada y zafral. Durante el ejercicio agrícola, se realizaron 5200 jornales, equivalente a 17,3 EH y a 248 jornales/ha dedicada a horticultura. La mano de obra zafral no pudo estimarse para el período, pero según el relato de los productores implica una cantidad menor de horas. Sin considerar la mano de obra contratada zafral, la distribución de la mano de obra fue 65% asalariada, y un 35% familiar (Tabla 5).

**Tabla 5.**

*Jornales totales y participación por tipo de mano de obra*

| Mano de obra | Jornales/año | EH/año | Distribución |
|---|---|---|---|
| Familiar | 1820 | 6,1 | 35% |
| Asalariada permanente | 3380 | 11,3 | 65% |
| Total | 5200 | 17,3 | 100% |

*Nota*. No se logró estimar mano de obra asalariada zafral para el ejercicio (*).

La mano de obra familiar, estimada en 1820 jornales por año, está compuesta por seis integrantes de la familia, que participan en el predio en distintas funciones (Tabla 6).

**Tabla 6.**

*Participantes, tareas y jornales semanales que realiza la mano de obra familiar*

| Nombre | Tareas | Jornales por semana |
|---|---|---|
| Daniel | Organización general del predio<br>Horticultura protegida y a campo<br>Vinculación organizacional e institucional<br>Packing (operativa)<br>Gestión de rrhh<br>Comercialización hortícola | 7 |
| Pablo | Rubro ganadero<br>Manejo de suelos<br>Gestión de rrhh<br>Vinculación organizacional | 7 |
| Rubén | Comercialización hortícola<br>Packing (gestión, insumos, rrhh) | 7 |
| Hijo menor | Siembra y cosecha en invernáculos<br>Gestión de ventas de canasteros | 5 |
| Hijo mayor | Manejo de vivero<br>Producción a campo (ajo, cebolla, boniato, papa, zanahoria) | 6 |
| Segundo hijo | Packing | 3 |

Se contrataron 13 personas como asalariados permanentes, aportando un total de 3380 jornales en el año, para distintas tareas y con algunas variaciones en la carga horaria (Tabla 7).

**Tabla 7.**

*Asalariados permanentes contratados, tareas principales y dedicación semanal en el predio*

| Nombre | Tareas en cultivos | Tareas en packing | Previsión social | Jornales por semana |
|---|---|---|---|---|
| Asalariado | Plantación, levante y transporte de cosecha Desmalezado y curas | Envasado manual de zapallo, morrón y crucíferas | Jubilado | 6 |
| Asalariado | Aplicación de curas Funciones varias | Envasado y sellado | BPS | 6 |
| Asalariada | Manejo de tomate Cosecha pepino y chaucha Control de hormigas | Encargada de bolsas | BPS | 6 |
| Asalariada | Cosecha cherry Funciones varias | Envasado de bandejas | BPS | 6 |
| Asalariada | Cosecha hojas | Packing tomate | Caja rural | 6 |
| Asalariada | Cosecha hojas Registro de pedidos de canasteros | Envasado de bandejas | BPS | 3 - 5 |
| Asalariado | Cosecha | - | - | 6 |
| Asalariada | Cosecha cherry | Envasado hojas | - | 3 |
| Asalariado | Trasplante y cosecha | Lavado y envasado de hojas | BPS | 5 |
| Asalariada | Cosecha cherry | Envasado de tomate | BPS | 5 |
| Asalariado | Manejo de morrón Clasificación de tomate Aplicación de curas | Envasado de hojas | Jubilado | 6 |
| Asalariada | Cosecha cherry | Envasado de tomate | - | - |
| Asalariado | Funciones varias | Lavado y limpieza | BPS | 6 |

Por otro lado, se contratan asalariados zafrales durante la primavera y el verano, en los picos de mayor producción, ya sea vinculado a las cosechas, instalación y mantenimiento de cultivos (manejo de plantas, desmalezado). Las personas contratadas son residentes de la zona y de confianza para los productores (Tabla 8).

**Tabla 8.**

*Asalariados zafrales junto a sus tareas principales y momento de contratación*

| Nombre | Tareas | Jornales al año | Momento del año |
|---|---|---|---|
| Zafral | Según necesidad | Variable | Según necesidad |
| Zafral | Cosecha y envasado de tomate | Variable | Primavera y verano:<br>Días de carga de mercadería |
| Zafral | Según necesidad | Variable | Según necesidad |

La mano de obra a lo largo del año es estable, en la medida en que el 81% de los trabajadores son permanentes. Esto ha sido algo buscado por los productores y se identifica como una fortaleza, por la facilidad y confiabilidad en la gestión de los empleados.

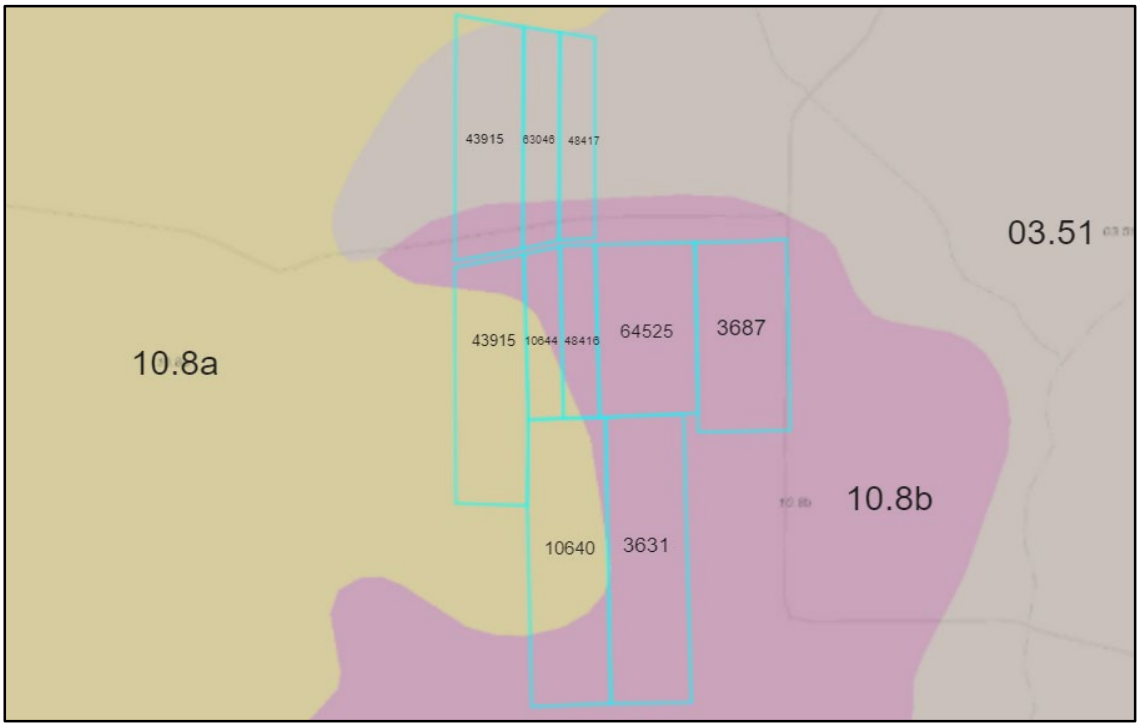
### 4.1.3.2. RECURSOS NATURALES

#### 4.1.3.2.1. GEOLOGÍA Y SUELOS

La fracción A, se ubica dentro de tres grupos CONEAT, el 10.8b, 10.8a y 03.51, de los cuales el primero ocupa un 61,3% del área total (Figura 4, Anexo A).

**Figura 4.**

*Grupos de suelos CONEAT en los que se ubica la fracción principal del predio (A)*




*Nota*. Adaptado de Dirección General de Recursos Naturales (DGRN, 2020).

El grupo 10.8b corresponde a zonas con relieve suavemente ondulado a ondulado con predominio de pendientes de 1 a 4%. El material geológico es sedimento limo arcilloso de color pardo y normalmente con concreciones de carbonato de calcio. Este grupo normalmente se localiza en posiciones de bajo riesgo de erosión, como son los

interfluvios altos y laderas de pendientes suaves. Presenta un nivel de erosión moderada, con áreas asociadas de erosión ligera, donde predomina la erosión laminar, con pérdida variable de los horizontes superiores. Los suelos corresponden a vertisoles rúpticos típicos y lúvicos, y brunosoles éutricos y subéutricos típicos, de color negro o pardo muy oscuro, textura franco arcillo limosa, fertilidad alta y moderadamente bien drenados.

El grupo 10.8a también corresponde a zonas con tipo de suelo y pendientes similares al grupo 10.8b, diferenciándose por la presencia de laderas convexas con riesgo natural de erosión alto.

El grupo 03.51 corresponde a zonas de planicies altas, a veces laderas muy suaves, con pendientes menores de 1 %, excepcionalmente inundables. El material geológico corresponde a sedimentos limo arcillosos de color pardo. Los suelos dominantes son brunosoles éutricos lúvicos, de color pardo a pardo oscuro, textura franco limosa, fertilidad alta y drenaje imperfecto.

Según la Carta de Reconocimiento de suelos del Departamento de Canelones escala 1:40.000 (DGRN, 2020), el predio se localiza dentro de tres unidades de mapeo (SRo;CadP;PdlP;Pant e2, Ba;PPa;PdlP;CGr;LP;AdJ, y EJ;Jua;Cer;PB;LV e2) (Figura 5, Anexo B).

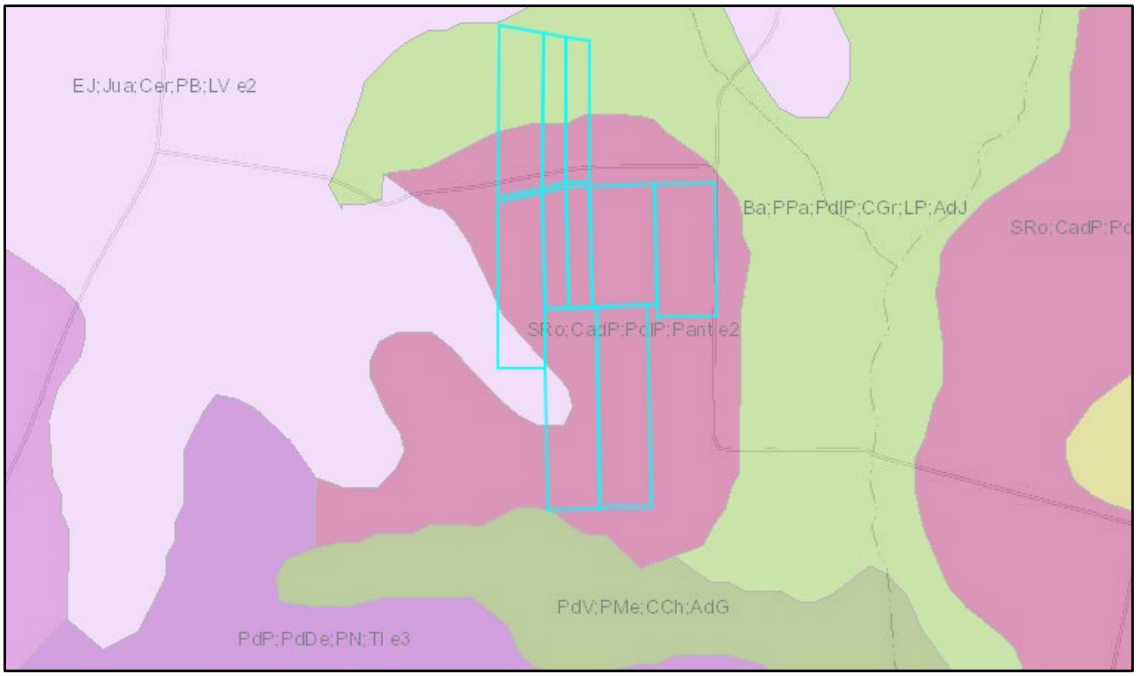
La unidad SRo;CadP;PdlP;Pant e2 es la que cubre la mayor área de la fracción principal (Figura 5). Corresponde a zonas de lomadas suaves y los suelos se desarrollan a partir de sedimentos de la formación Libertad. Los suelos predominantes son los de la serie Santa Rosa (SRo), que se caracterizan por ser profundos, con conductividad hidráulica en flujo saturada estimada baja y escurrimiento superficial medio a alto. En esta unidad los suelos presentan grado de erosión moderado (e2).

La unidad Ba;PPa;PdlP;CGr;LP;AdJ, se desarrolla en un relieve de valles planos a partir de sedimentos limo arcillosos pertenecientes a la formación Libertad sobre sedimentos de la formación Dolores.

La unidad EJ;Jua;Cer;PB;LV e2, se desarrolla en un relieve de lomadas a partir de sedimentos pertenecientes a la formación Libertad, sobre formación Fray Bentos. La Serie dominante es EJ y sus suelos más frecuentes son brunosoles éutricos típicos limo arcillosos, con fase vértica.

**Figura 5.**

*Fracción principal en la Carta de Reconocimiento de suelos del Departamento de Canelones (1:40.000)*




*Nota*. Adaptado de DGRN (2020).

La caracterización físico-química de los suelos se obtuvo de análisis realizados entre los años 2015 y 2019, en seis invernáculos y un cuadro a campo (Tabla 9).

Los suelos son de texturas franco limosa a franco arcillosa, todos con pH neutro y la conductividad eléctrica oscila entre 0,7 y 1,4. Los valores de carbono orgánico están en un rango de 2,7% a 3,9%. En cuatro invernáculos, los niveles están por encima de los valores originales de los suelos (Durán, 1985).

Los niveles de macronutrientes fueron elevados. El N como $NO_3$ se encontró en un rango de 46 a 284 µg N/g, el P Bray I varió entre 178 y 645 mg/kg; y el K, entre 1,1 y 2,2 meq/100g.

**Tabla 9.**

*Análisis físico-químico del suelo (2015-2018)*

| Año | Ref.* | Text. | Arc (%) | Lim (%) | Are (%) | pH[1] | CE[2] | MO (%) | C Org. (%) | N-$NO_3$[3] | Bray I[3] | Ca[4] | Mg[4] | K[4] | Na[4] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2015 | 35 | FrL | 20 | 70 | 10 | 6,9 | 0,7 | 5,0 | 2,9 | 60,3 | 220,6 | 55,3 | 7,7 | 1,3 | 1,8 |
| 2016 | 33 | FrL | 20 | 70 | 20 | 6,9 | 0,7 | 6,3 | 3,6 | 46,4 | 312,5 | 21,6 | 7,5 | 1,5 | 1,8 |
| 2017 | 17 | FrL | 20 | 60 | 10 | 6,9 | 1,4 | 6,6 | 3,9 | 283,9 | 177,7 | 32,9 | 8,2 | 2,2 | 2,5 |
| 2017 | 2 | FrL | 20 | 60 | 20 | 6,9 | 1,0 | 5,3 | 3,1 | 155,9 | 295,0 | 18,1 | 7,0 | 1,6 | 1,4 |
| 2018 | 42 | - | 30 | 60 | 10 | 6,4 | 1,4 | 4,7 | 2,7 | - | 246,0 | 15,5 | 3,9 | 1,1 | 2,3 |
| 2018 | 28 | - | 40 | 50 | 20 | 6,9 | 1,3 | 4,0 | 2,3 | - | 645,0 | 17,4 | 6,8 | 1,3 | 1,9 |

| Año | Ref. | Arc (%) | Lim (%) | Are (%) | MO (%) | C Org. (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2019 | Campo | 30 | 60 | 10 | 5,0 | 2,9 |

*Nota*.*Referencia del cuadro o invernáculo. [1] medido en $H_2O$, [2] mmhos/cm, [3] mg/kg, [4] meq/100g.

Se realizaron tres perfiles de suelos en la zona de invernáculos constatándose la presencia de vertisoles. Se presenta uno de ellos de forma representativa (Tabla 10). El mismo presenta una profundidad del horizonte A de 0,39 m, de color pardo oscuro a negro, textura franco y franco-arcillosa, con estructura granular grande y fuerte lo cual evidencia suelos de fertilidad natural alta, bajo riesgo de sequía, riesgo moderado de erosión y drenaje moderadamente imperfecto por la presencia de arcilla en alta proporción.

**Tabla 10.**

*Detalle de perfil de suelo realizado sobre cantero de tomate en invernáculos (vertisol)*

| Horizonte | Profundidad (cm) | Color | Textura | Estructura | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0-14 | Pardo oscuro | Franco | Granular | - |
| A2 | 14-39 | Negro | Arcilloso Franco | Granular | - |
| AB | 39-58 | Negro | Arcilloso | Bloques subangulares | - |
| B | 58,0 | Negro | Arcilloso | Bloques subangulares | Con raíces |

#### 4.1.3.2.2. RECURSOS HÍDRICOS

La fuente de suministro de agua para riego consta de un pequeño curso de agua que surge de una desembocadura del arroyo Pando. Cuenta con dos embalses realizados para retener mayor volumen de agua, y está localizado en el extremo norte del predio.

Para extraer el agua, se cuenta con una bomba sumergible que toma el agua desde el curso y la distribuye a las distintas cañerías que conducen a todos los invernáculos y algunos cuadros. La bomba está colocada en la zona de mayor concentración de invernáculos a una distancia de 500 metros de la toma de agua (ver Figura 3).

La capacidad del arroyo y el caudal de la bomba abastece de agua a la totalidad del área de invernáculos (2,2 ha), y 35% del área total de cuadros a campo, equivalente a 6,5 ha (promedio anual). La proporción de área regada total sobre la cultivada es de 0,41.

El tipo de sistema que utilizan para el riego es localizado. Se utilizan cintas con goteros en la totalidad de los invernáculos y en la mayoría de los cuadros regados. Cuentan además con aspersores, que utilizan ocasionalmente.

El agua es alcalina, principalmente por el alto contenido de calcio. Esto trae problemas a los cultivos protegidos por la acumulación de calcio en el suelo y al sistema de riego por la obturación de las cintas. Para neutralizar el pH, cada 10 días se le agregan 15 kg de ácido cítrico.

#### 4.1.3.2.3. VEGETACIÓN ESPONTÁNEA

Se distinguieron tres tipos de vegetación no cultivada o espontánea dentro del predio. La primera está relacionada a las unidades de producción, ya sean cuadros o invernáculos, y está compuesta por corredores ubicados entre los invernáculos y los cuadros a campo. Abarca una superficie total aproximada de 31.475 m² (5,6% del área total del predio). Los productores son conscientes de la importancia en el manejo de estas áreas para el control de plagas y enfermedades, y como reservorio de enemigos naturales y polinizadores. En general mantienen vegetación alta y de diversos estratos. En los bordes de cuadros y cultivos se realizan cortes, pero intentando hacerlo de forma escalonada en el tiempo y solo a la altura necesaria para evitar problemas de falta de ventilación o controlar el avance de la vegetación hacia el interior de los cuadros. Allí se desarrollan varias especies espontáneas, como ser gramilla (*Cynodon dactylon*), cebadilla (*Bromus sp.*), trébol blanco (*Trifolium repens*), raigrás (*Lolium sp.*), cyperaceas, chirca negra (*Eupatorium buniifolium*), achicoria (*Cichorium intybus*), solidago (*Solidago sp.*), pasto chato (*Axonopus sp.*), yerba carnicera (*Conyza bonariensis*), paspalum (*Paspalum sp.*), stipa (*Stipa sp.*) y yuyo colorado (*Amaranthus sp.*). En ocasiones se siembran algunas especies beneficiosas a criterio de los productores (lavanda, romero y árboles nativos, entre otros) para mejorar la polinización y aumentar la presencia de enemigos naturales en los cultivos protegidos. La diversidad observada en estos espacios es media a alta (siempre mayor a 10 especies/m²).

El segundo tipo son áreas seminaturales, que no están asociadas a las unidades de producción. No tienen un uso hortícola, y puntualmente pueden tener pastoreo de ganado. Abarcan un área total aproximada 11,2 ha (20% del área total del predio)

(Figura 6). Estos espacios no tienen un manejo definido, por lo que se deja crecer la vegetación libremente. Los productores indicaron su utilidad como reservorio de flora y fauna. La diversidad observada en estos espacios es media a alta (siempre mayor a 10 especies/m²).

El tercer tipo refiere a aquella vegetación presente dentro del área cultivada, donde se busca sí tener un control de estas para evitar problemas en el cultivo. Suele aparecer una diversidad elevada de especies (más de 10), entre las cuales se identificaron con mayor frecuencia: gramilla (*Cynodon dactylon*), verdolaga (*Portulaca oleracea*), paspalum (*Paspalum sp.*), yuyo colorado (*Amaranthus sp.*), corrihuela (*Convolvulus arvensis*), achicoria (*Cichorium intybus*), rábano, mostacilla.

**Figura 6.**

*Áreas seminaturales no asociadas a la producción*

*Nota*. Adaptado de Google (2023)

### 4.1.3.3. RECURSOS DE CAPITAL

Los productores han adquirido la maquinaria y las herramientas que les son imprescindibles para las tareas que conlleva la producción, además de ampliar su infraestructura productiva, como es el caso de los invernáculos (Tabla 11).

**Tabla 11.**

*Maquinaria para la producción y packing*

| Ítem | Uso | Características |
|---|---|---|
| **Infraestructura** | | |
| Equipo de filtrado | Riego | 30.000 L de capacidad |
| Bombas | Riego | Tres de inyección (10 HP, 5 HP y 2,5 HP) |
| Cámara de frío | Packing/depósito | Capacidad para 2.500 cajones |
| Cámara de frío | Packing/depósito | Capacidad para 12 bines |
| Galpón | Packing/depósito | Para limpieza, clasificación y envasado |
| Invernáculos | Producción | 28 invernáculos (21.950 m²), buen estado, madera curada, retechados cada 4-6 años |
| **Maquinaria y herramientas** | | |
| Cinta de riego | Riego | 20.880 m |
| Camión | Comercialización | Volkswagen. Tiene furgón |
| Zorras | Transporte de producción | Tres zorras: 1.000 kg, 4.000 kg (4 ruedas) y 1.500 kg (2 ruedas) |
| Envasadora automática | Packing/depósito | De bandejas |
| Empacadora | Packing/depósito | Para envasado en packing |
| Tractores | Laboreo | Massey Ferguson (84 HP, 4x4)<br>Dongfeng (60 HP, 4x4)<br>Fiat 640 (64 HP, 4x2)<br>Case 470 (34 HP, 4x2) |
| Excéntrica aradora | Laboreo | 24 discos |
| Afinadora | Laboreo | Tatú. 32 discos |
| Cincel | Laboreo | 7 pinchos |
| Rastras | Laboreo | Tres (dos rastras de 4 cuerpos, una de 3 cuerpos) |
| Encanteradora | Laboreo | De discos |
| Rotoencanterador | Laboreo | |
| Pala frontal | Laboreo | Para abono |
| Chirquera | Laboreo | 1,5 m de largo |
| Niveladora | Laboreo | |
| Estiercolera | Fertilización/ Curas | |
| Fertilizadora sembradora | Fertilización/ Curas | |
| Atomizadoras | Fertilización/ Curas | Dos mochilas manuales |

#### 4.1.3.4. HORTICULTURA

La horticultura es el rubro principal del predio, actividad a la que se le dedican la mayor parte de los recursos del sistema. Se realiza en la fracción A del predio (ver Figura 2) y en el año tomado para la caracterización en este trabajo (2018) el área cultivable hortícola abarcó 21 ha del total de la fracción de 56 ha. A finales de 2019 la fracción se expandió a 69 ha debido a la adquisición de 13 ha para cultivos de campo (Figura 7). La producción en la nueva área comenzó en el año 2020.

**Figura 7.**

*Límites de la fracción principal y área hortícola*

*Nota*. La línea amarilla indica los límites de la fracción, áreas marrones corresponden a los cuadros a campo, las verdes corresponden a invernáculos, casco del predio indicado en gris, galpón en violeta y packing en negro. Las áreas en rojo son los nuevos padrones, ambos adquiridos en 2019 y comenzados a utilizar en el 2020, aumentaron el área hortícola en 13 ha. Adaptado de Google (2023).

El rubro hortícola presentó una gran diversidad de familias, especies y variedades cultivadas en el ejercicio, siendo algo frecuente año a año. Se cultivaron durante el ejercicio 23 especies distintas (cultivos) de 9 familias botánicas. Además, dentro de las especies, se utilizaron 45 variedades (Tabla 12).

**Tabla 12.**

*Familias, especies y variedades cultivadas en el predio*

| Familia | Cultivo | Especie | Variedades/subespecies botánicas | Área sembrada |
|---|---|---|---|---|
| Solanaceae | Tomate<br>Morrón<br>Berenjena<br>Ají | *Solanum lycopersicum*<br>*Solanum melongena*<br>*Capsicum annuum* | *Solanum lycopersicum var. cerasiforme*<br>*Solanum lycopersicum var. Roma*<br>*Capsicum annuum var. annuum*<br>*Solanum melongea var. ovigerum* | 1,6 ha |
| Cucurbitaceae | Zapallo<br>Zapallito de tronco<br>Calabacín<br>Melón<br>Zucchini<br>Pepino | *Cucurbita maxima*<br>*Cucurbita pepo*<br>*Cucumis melo*<br>*Cucumis sativus*<br>*Cucurbita moschata* | *Cucurbita maxima var. zapallito*<br>*Cucurbita moschata var. butternut*<br>*Cucurbita pepo var. cylindrica*<br>*Cucurbita maxima x Cucurbita moschata* | 7,8 ha |
| Brassicaceae | Kale<br>Repollo<br>Coliflor<br>Nabo<br>Rúcula<br>Brócoli<br>Rabanito<br>Repollitos de Bruselas | *Brassica oleracea*<br>*Raphanus sativus*<br>*Eruca vesicaria*<br>*Brassica rapa* | *Brassica oleracea var. botrytis L.*<br>*Brassica oleracea var. capitata L.*<br>*Brassica oleracea var. gemmifera DC*<br>*Brassica oleracea var. italica Plenck*<br>*Brassica oleracea var. sabellica L*<br>*Raphanus sativus var. sativus*<br>*Brassica rapa subsp. rapa* | 3,1 ha |
| Asteraceae | Lechuga | *Lactuca sativa* | *Lactuca sativa var. capitata*<br>*Lactuca sativa var. crispa* | 1,1 ha |
| Apiaceae | Perejil<br>Apio<br>Hinojo | *Petroselinum crispum*<br>*Apium graveolens*<br>*Foeniculum vulgare* | - | 0,8 ha |
| Lamiaceae | Albahaca<br>Tomillo | *Ocimum basilicum*<br>*Thymus vulgaris* | - | 0,2 ha |
| Amaranthaceae | Acelga<br>Remolacha<br>Espinaca | *Beta vulgaris*<br>*Spinacia oleracea* | *Beta vulgaris var. cicla*<br>*Beta vulgaris subsp. vulgaris* | 0,3 ha |
| Fabaceae | Chaucha | *Phaseolus vulgaris* | - | 0,1 ha |
| Amaryllidaceae | Cebolla<br>Ciboulette | *Allium cepa*<br>*Allium schoenoprasum* | - | 0,6 ha |
| Hortalizas[1] | Varios | Varias | - | 3,0 ha |

*Nota*. [1]Las hortalizas componen una serie amplia de cultivos (principalmente de las familias Asteraceae, Apiaceae, Lamiaceae y Amaranthaceae). En el uso del suelo, no se contó con el cultivo específico que se sembró y se indicó bajo este nombre.

Los cultivos principales realizados a campo son calabacín, melón, lechuga y crucíferas. El área sembrada fueron 13,6 ha de cultivos a campo, y el área cultivable en el ejercicio consistió en 18,8 ha distribuidos en 15 cuadros de distinta extensión.

Estos cultivos se realizaron mayoritariamente en secano, a excepción de algunos cuadros con lechuga o crucíferas ubicados próximos a los invernáculos y algunos cuadros con melón, que se realizaron con riego. Los cultivos se fertilizaron únicamente al momento de preparar el suelo para la siembra.

Los cultivos hortícolas se intercalan con cultivos forrajeros (ej. moha) y praderas de leguminosas y/o gramíneas, que frecuentemente son utilizadas para la producción ganadera (Tabla 13). La frecuencia de uso del suelo, considerando horticultura y forraje fue de 2,0 cultivos/cuadro/año. Considerando solo los cuadros con cultivos hortícolas, la frecuencia fue de 2,33 cultivos/cuadro/año.

Hacia finales del ejercicio analizado, parte de los cultivos de lechuga que se realizaron a campo pasaron a realizarse bajo micro y macrotúneles.

**Tabla 13.**

*Área por semestre de uso de suelo de cuadros a campo y área total hortícola*

| Cuadros | | 2018 | | 2019 | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ref.** | **Área (m²)** | **Otoño - Invierno** | **Primavera - Verano** | **Otoño - Invierno** | **Primavera - Verano** |
| 8 | 5.190 | Repollo blanco - brócoli | Abono verde | Descanso | Pradera |
| 9 | 7.780 | Kale - brócoli - repollo blanco | Abono verde | Descanso | Pradera |
| 10 | 2.500 | Kale | Abono verde | Lechuga | Abono verde |
| 13 | 2.088 | Abono verde | Lechuga | Ciboulette - lechuga | Brócoli - coliflor |
| 14 | 1.900 | Abono verde - repollo blanco | Repollo | Repollo | Abono verde |
| 15 | 2.016 | Abono verde | Zucchini | Descanso | Cebolla - zapallito de tronco |
| 17 | 5.000 | Abono verde | Melón | Calabacín | Pradera |
| 18 | 4.100 | Zapallito de tronco - perejil | Brócoli - repollo blanco | Kale - perejil | Abono verde |
| 19 | 1.600 | Abono verde - ciboulette | Perejil - apio | Ciboulette - zucchini | Abono verde |
| 20 | 5.500 | Calabacín - rastrojo | Abono verde - hortalizas | Repollo blanco - coliflor - brócoli | Calabacín |
| 21 | 6.600 | Abono verde | Melón - calabacín | Melón | Abono verde |
| 22 | 12.000 | Abono verde | Melón - hortalizas | Melón | Pradera |
| 23 | 3.200 | Pradera | Pradera | Pradera | Pradera |
| 24 | 4.200 | Pradera | Pradera | Pradera | Pradera |
| 25 | 60.000 | Pradera | Pradera | Zapallo kabutiá | Abono verde |
| 26 | 50.000 | Zapallo | Abono verde - zapallo | Moha | Pradera |
| 27 | 6.200 | Rastrojo | Rastrojo | Moha | Repollo - brócoli |
| 44 | 4.200 | Lechuga - abono verde | Ciboulette | Lechuga - zucchini | Abono verde |
| 45 | 4.200 | Brócoli - repollo blanco | Lechuga - perejil | Brócoli - repollo blanco | Abono verde |
| Total | 188.274 | 86.970 | 49.204 | 109.688 | 15.804 |

*Nota*. El total de las columnas “Otoño - Invierno” y “Primavera - verano” hacen referencia al área cultivada hortícola, excluyendo a los cultivos forrajeros, abonos verdes y cuadros con rastrojo/descanso.

Los cultivos principales realizados en invernáculos fueron tomate, lechuga, morrón y rúcula. La horticultura protegida se desarrolló en 29 invernáculos de un área promedio de entre 690 y 900 $m^2$. La intensidad de uso del suelo fue mayor que en los cuadros a

campo y hubo escaso uso de abonos verdes en el ejercicio analizado, situación que según los productores se condice con lo que sucede cada año (Tabla 14). La frecuencia de cultivos fue 2,3 cultivos/invernáculo.año$^{-1}$, dando un área de cultivos protegidos anual de 4,3 ha.año$^{-1}$.

La producción se realiza completamente regada por riego con goteo. Las fertilizaciones se realizan antes de la instalación del cultivo, al preparar el suelo, y durante el mismo a través de fertirriego.

**Tabla 14.**

*Área por semestre de uso de suelo de invernáculos y área total hortícola*

| **Invernáculos** | | **2018** | | **2019** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ref.** | **Área (m²)** | **Otoño - Invierno** | **Primavera - Verano** | **Otoño - Invierno** | **Primavera - Verano** |
| 1 | 900 | Acelga - apio | Tomate - hortalizas | Berenjena - albahaca | Espinaca - hortalizas |
| 2 | 900 | Lechuga | Tomate - hortalizas | Chaucha - ají | Kale - hortalizas |
| 3 | 690 | Tomate cherry | Repollo Blanco - hortalizas | Tomate | Repollo Blanco - hortalizas |
| 4 | 690 | Tomate cherry | Pepino - chaucha | Tomate cherry - pepino | Repollo Blanco - remolacha - hortalizas |
| 5 | 690 | Berenjena - apio - pepino | Chaucha - hortalizas | Tomate cherry | Hortalizas - chaucha |
| 6 | 690 | Remolacha | Pepino - hortalizas | Tomate perita | Pepino - hinojo |
| 7 | 800 | Zucchini - zapallito | Brócoli - coliflor | Abono verde | Acelga |
| 23 | 750 | Acelga - perejil | Hortalizas | Tomate perita | Rúcula - remolacha - hortalizas |
| 24 | 750 | Tomate - espinaca | Tomate - hortalizas | Tomate perita | Lechuga - remolacha - hortalizas |
| 25 | 750 | Lechuga | Berenjena - hortalizas | Chaucha | Espinaca - hortalizas |
| 26 | 750 | Tomate cherry | Apio, morrón - hortalizas | Pepino - tomate | Tomate - hortalizas |
| 27 | 750 | Tomate - hinojo | Hortalizas | Tomate | Lechuga - hortalizas |
| 28 | 750 | Espinaca - nabo | Hortalizas - tomate | Tomate | Acelga - hortalizas |
| 29 | 750 | Tomate cherry - albahaca | Morrón - hortalizas | Berenjena - morrón - ají | Morrón - hortalizas |
| 30 | 750 | Rúcula - tomillo - hortalizas | Rúcula - albahaca - hortalizas | Rúcula - albahaca - chaucha | Rúcula - albahaca - apio |
| 31 | 750 | Tomate | Hortalizas - rúcula | Tomate | Espinaca - hortalizas |
| 32 | 750 | Descanso | Tomate - tomate cherry | Tomate | Remolacha - nabo - hortalizas |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 33 | 900 | Lechuga - hortalizas | Tomate cherry - rúcula | Tomate cherry - ají | Lechuga - rúcula |
| 34 | 690 | Remolacha - hortalizas | Chaucha - hortalizas | Morrón | Pepina - tomate cherry |
| 35 | 690 | Cebolla | Melón - hortalizas | Berenjena | Tomate cherry - hortalizas |
| 36 | 750 | Chaucha - ají | Tomate - hortalizas | Tomate - albahaca | Espinaca - lechuga - kale |
| 37 | 360 | Albahaca | Rúcula | Rúcula | Albahaca |
| 38 | 750 | Tomate - rabanito | Lechuga - hortalizas | Pepino - chaucha | Hortalizas |
| 39 | 750 | Tomate - rabanito | Morrón - hortalizas | Rúcula - perejil - hortalizas | Lechuga - rúcula - apio |
| 40 | 750 | Tomate | Hortalizas | Tomate cherry | Remolacha - lechuga |
| 41 | 900 | Tomate | Morrón - hortalizas | Morrón | Perejil - Hortalizas |
| 42 | 900 | Morrón | Tomate - hortalizas | Tomate | Espinaca - Apio - Nabo |
| 43 | 900 | Morrón | Hortalizas | Tomate cherry - rabanito | Lechuga - Hortalizas |
| 34.1 | 750 | Tomate cherry - albahaca | Tomate - hortalizas | Morrón - ají | Remolacha - nabo - hortalizas |
| Total | 21.950 | 21.200 | 21.950 | 21.950 | 21.950 |

#### 4.1.3.4.1. MANEJO GENERAL

El manejo general de la horticultura se basa en dos aspectos centrales que son el suelo y la diversidad espacial y temporal. Los productores han trabajado prestando especial atención a estos dos aspectos desde sus inicios en la producción orgánica, considerando el suelo como la base de la producción y la sostenibilidad del predio. La diversidad la visualizan como un aspecto clave para mantener la calidad del suelo, para lograr un sistema más equilibrado (como por ejemplo en relación con problemas sanitarios), a la vez que la diversidad es clave para poder satisfacer los requerimientos de la demanda de los canales comerciales que abastecen.

La planificación del uso del suelo se realiza en el corto (zafra a zafra) y mediano plazo (anualmente). El plan de producción se basa en la experiencia de los productores con relación a los recursos disponibles para realizarla y la colocación comercial de los productos. Si bien puede haber ajustes en el área de cada cultivo de un año a otro, esto es relativamente estable.

En la producción protegida, anualmente se realiza la planificación de fechas de siembra y asignación de invernáculos para los cultivos de ciclo largo (tomate, morrón, chaucha y berenjena). Los restantes cultivos se intercalan con estos cultivos de ciclo largo (de siembra temprana) si se siembran en el mismo invernáculo o se les asignan invernáculos específicos. En algunos cultivos de hoja importantes (lechuga), se planifican

invernáculos para su cultivo casi exclusivo. Por motivos de sanidad y rendimiento de los cultivos se busca no repetir un mismo cultivo que haya estado en el mismo invernáculo en alguno de los 3 años anteriores, particularmente los cultivos de ciclo largo, aunque muchas veces esto no es posible y se termina realizando un año sí y otro no el mismo cultivo. La planificación de los invernáculos se hace junto a la ingeniera agrónoma que asesora al predio.

La producción a campo es definida previo al inicio de cada estación de crecimiento, habiendo cultivos preestablecidos pero cuyas superficies pueden variar por mejores precios de venta, y disponibilidad de recursos (suelo preparado, previsión de lluvias y agua para riego, y disponibilidad de mano de obra). Al igual que en los invernáculos, se busca que no se repita el mismo cultivo en el mismo cuadro en tres años. Además, dentro de la planificación anual se insertan las praderas cortas formando parte de la secuencia de cultivos. Pero aún no existe una secuencia establecida en la producción a campo, ni una rotación establecida producto de esta planificación menos estructurada, por lo cual muchas veces se termina repitiendo cultivos en áreas que vienen de cultivos anteriores porque les son más fáciles de preparar o ya tienen infraestructura de riego instalada, por ejemplo. Para la producción a campo no cuentan con apoyo de un técnico.

La diversidad tanto cultivada como no cultivada y su manejo espacio-temporal es un proceso que los productores han aprendido a manejar con el paso de los años, adquiriendo conocimiento práctico hasta llegar a la versión actual de manejo, que permite un control y seguimiento de la diversidad que es abarcable para los productores. El manejo se centra en lograr diversidad dentro de cada uno de los espacios dónde se instale un cultivo, así como año a año. Esto se logra particularmente en los invernáculos, donde una proporción importante del área se realiza asociando cultivos.

La diversidad espacial más notoria se observa en los invernáculos. En el 67 % de los invernáculos se realizan policultivos, que equivale al 69% del área protegida (2,9 ha.año$^{-1}$). En los cultivos de hojas en invernáculos, se siembran varios cultivos en simultáneo, y se los produce en mismas condiciones de siembra, riego, fertilización y cosecha; simplificando el manejo y tareas rutinarias. Los cultivos de ciclo largo de tomate y morrón suelen realizarse solos, pero suelen sembrar islas de especies florales con el fin de contrarrestar la homogeneidad del invernáculo. Para los cultivos a campo, el 16% de los cuadros se siembran en policultivos, siendo un 27% del área sembrada a campo (3,6 ha.año$^{-1}$). En este caso, en algunos cuadros se combinan cultivos. Cuando sucede, son policultivos de lechuga con otros cultivos de hoja, varias especies de crucíferas o cuadros con cucurbitáceas de fruto inmaduro (zapallito o zucchini) en verano. Los cuadros de kabutiá, melón y calabacín son sembrados en cuadros exclusivos para esos cultivos. También se realizaron cuadros exclusivos de lechuga, kale, ciboulette y repollo.

Los productores tienen conocimiento sobre buenas prácticas para promover la salud y calidad del suelo, como ser el uso de enmiendas orgánicas, la realización de rotaciones con abonos verdes y praderas, entre otras, que logran implementar de forma más o menos exitosa.

Las enmiendas orgánicas se utilizan por su aporte de los macro y micronutrientes para satisfacer los requerimientos de los cultivos, y como forma de aportar materia orgánica al suelo. Se utiliza abono de gallina (en cuadros a campo e invernáculos) y compost de rumen (solo en invernáculos). Se aplican 7,7 t/ha.año$^{-1}$de abono de gallina en cuadros a campo y 10,6 t/ha.año$^{-1}$ en invernáculos; mientras que de compost se aplican 13,6 t/ha.año$^{-1}$ en los invernáculos. Los aportes se realizan de forma generalizada y con una frecuencia semestral en todo el predio (cuadros de campo o invernáculos). Esto generó problemas de desbalance entre los nutrientes requeridos y los aportados. Es un problema que los productores identificaron como tal, y por este motivo, el compost fue incluido recientemente (2014), debido a la necesidad de aportar una enmienda con mayor materia orgánica estabilizada que permita mantener la calidad actual del suelo, aporte niveles más equilibrados de nutrientes y no provoque un exceso de aporte de nutrientes en forma más lábiles.

La cobertura del suelo es importante para los productores, y valoran sus beneficios para el suelo. Buscan realizar abonos verdes como la avena en invierno y la moha en verano, y praderas cortas de tres años de lotus, raigrás y festuca que utilizan luego para el pastoreo de ganado. También buscan dejar los rastrojos de los cultivos y minimizar los cuadros vacíos o en barbecho. Sin embargo, debido a la elevada carga de trabajo, y la prioridad en el uso de recursos del área de invernáculos, en el área de cultivos a campo se evidenció una escasa planificación de la cobertura del suelo, provocando que la instalación de los abonos, praderas y cultivos no se hiciese, se hiciese de forma tardía o tuviera un manejo deficiente. Por otra parte, en la producción protegida, solo se han realizado instalaciones puntuales de abonos verdes en algunos invernáculos. Los productores identifican dificultades en el manejo de altos volúmenes de biomasa en corto período de tiempo y el manejo de la nutrición del cultivo posterior, así como la reducción del área cultivable.

Las intervenciones mecánicas en el suelo varían entre invernáculos y cultivos a campo. Para los primeros, se realiza un promedio de 5,8 pasadas/invernáculo.año$^{-1}$, considerando un número de pasadas promedio por cultivo de 2,5. A campo, las intervenciones promedio es 8,6 pasadas/cuadro.año$^{-1}$, siendo 4 las intervenciones promedio por cultivo.

Los productores realizan análisis químicos de los suelos solamente en invernáculos con uso más intensivo y sostenido en el tiempo y con frecuencias no superiores a una vez cada cuatro años. Además, al momento de la renovación de nylon de invernáculos, y de instalación de nuevos invernáculos, se realizan análisis de suelo para ajustar el aporte inicial de enmiendas.

Los productores realizan los aportes de nutrientes fundamentalmente con el abonado al suelo. Como fue mencionado, los momentos y volumen a aportar responden a una rutina que se ha mantenido a lo largo de los años del predio, con el fin de facilitar la logística y el manejo predial. No responde directamente a los requerimientos de los cultivos a instalar, el contenido de nutrientes del suelo o del propio abono. En algunos cultivos, sobre todo en aquellos de ciclo largo, también realizan fertirriego durante los cultivos,

de acuerdo con el monitoreo de crecimiento y desarrollo y frente a la aparición de signos de deficiencia. Se utilizan principalmente sales (sulfatos) y se aportan micronutrientes.

Los cultivos protegidos se riegan de forma diaria y varía la frecuencia de riegos diarios dependiendo de la época (en verano se llega a regar hasta 3 veces en el día, para el caso del tomate). A campo se instalan cintas de riego en los policultivos de hoja, crucíferas, cucurbitáceas de frutos inmaduros, y en algunos cultivos de cucurbitáceas más extensivos (melón, zapallo) cuando hay disponibilidad de cinta y agua suficiente. En estos últimos en general no se instala en toda el área, se busca asegurar un cuadro de cada cultivo y el resto queda en secano.

El manejo de plagas tiene una mayor atención en los cultivos protegidos, en donde se realizan monitoreos habitualmente con una frecuencia semanal, y control en la medida que se defina necesario. Puntualmente, cuando se identifican problemas (e.g. oídio o polilla en tomate), se utilizan productos orgánicos habilitados. En los cultivos a campo no se realiza un monitoreo específico, se observa cuando se realiza alguna intervención de manejo, pero en general no se realizan curas.

En relación con las malezas, los productores manejan un concepto de convivir con las malezas, eliminándolas solamente en donde hacen competencia directa al cultivo. La razón de esto último se debe a que los productores reconocen en las malezas su utilidad como reservorios de fauna benéfica para sus cultivos. Sin embargo, el control de malezas en las zonas cultivables es el problema más relevante que tiene el predio, particularmente en los cuadros de cultivos a campo. En los invernáculos se utiliza mulch de nylon negro para este propósito, lo cual resulta efectivo y se complementa con carpidas puntuales en la zona entrecanteros cuando las malezas son muchas o adquieren un porte elevado. Generalmente, en el caso de los cultivos de hoja, un mismo nylon se utiliza para sacar varias cosechas. De esa forma, logran mantener un control más prolongado de las malezas y mayor vida útil para el nylon, lo que implica menos costo, trabajo y contaminación. Cuando no se coloca nylon (muchos ciclos cortos de verano en los que el nylon se perfora mucho dificultando las tareas), se realiza desmalezado manual y mecánico. A campo se utiliza mulch negro en algunos cultivos de hoja y algunas crucíferas. En los cuadros de mayor extensión como el caso del zapallo, el desmalezado se realiza de forma manual y mecánica. Muchas veces, debido a la sobrecarga de trabajo y la planificación de corto plazo, la instalación de cultivos a campo se da sobre cuadros recientemente laboreados, que no permite la utilización de la técnica de “falsa siembra”, y la tarea de desmalezado durante el cultivo es postergada, llegando a perder cultivos por enmalezamiento. Tampoco se realiza un manejo estratégico en los períodos cuando no hay cultivo. A pesar de la intención de mantener el suelo cubierto, suele haber periodos prolongados de suelo descubierto, y por falta de tiempo no se realizan tareas de corte para evitar la semillazón de malezas.

#### 4.1.3.4.2. CULTIVOS PRINCIPALES Y MANEJO

Dada la diversidad cultivada en el predio, el manejo de los cultivos se organiza en grupos de cultivos que tienen un manejo similar. A continuación, se detalla el manejo de

cultivos distinguiendo cuatro grupos que presentan diferencias en tipo de producción, fecha de siembra, duración del ciclo de cultivo y requerimientos de riego y/o nutrición. Estos 4 grupos son: Estivales de ciclo largo, Crucíferas, Hojas, y Cucurbitáceas (Tabla 15).

**Tabla 15.**

*Ciclos de producción y área sembrada por grupo de cultivos*

| Grupo | Cultivo | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Área (ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Estivales ciclo largo | Tomates | | | | | | | | | | | | | 1,1 |
| | Morrón | | | | | | | | | | | | | 0,3 |
| | Berenjena Chaucha Ajíes | | | | | | | | | | | | | 0,2 |
| Crucíferas | Repollos Brócoli | | | | | | | | | | | | | 2,1 |
| | Otros | | | | | | | | | | | | | 1,0 |
| Hojas | Lechuga Otros | | | | | | | | | | | | | 4,4 |
| Cucurbitáceas | Zapallos Calabacín | | | | | | | | | | | | | 5,9 |
| | Zapallito Zucchini Pepino | | | | | | | | | | | | | 0,6 |
| | Melón | | | | | | | | | | | | | 1,4 |

*Nota*. Las franjas de color indican el período desde la primera siembra o trasplante hasta la última cosecha.

#### 4.1.3.4.2.1. ESTIVALES DE CICLO LARGO

Especies incluidas en este grupo: todas las variedades de tomate, morrón, berenjena y ajíes; y chaucha.

Rol y estrategia general: grupo principal en volumen de producción y ventas. Es el grupo con mayor planificación previa y es el que define la rotación de cultivos en los invernáculos. Se busca tener diversidad intraespecífica, y abastecer por el período más prolongado posible desde el sur, y complementar el resto del año con la producción en contraestación producida en los predios del norte. Dentro de este grupo, el tomate es el cultivo que mayor atención y cuidado tiene en el predio.

Protección: todos los cultivos de este grupo se realizan de forma protegida en invernáculos.

Ciclos, fechas de trasplante y cosecha: entre los meses de septiembre a junio. En todas las especies se realizan ciclos largos, con siembra en julio, trasplante en agosto, y cosecha de fin de noviembre a lo máximo que pueda extenderse el cultivo. En el caso de tomate y chaucha también se realizan ciclos tardíos, generalmente con siembra de diciembre, trasplante de enero y cosecha marzo a junio.

Área: 1,6 ha totales, de las cuales 1,1 ha corresponden a tomate, 0,3 a morrón y 0,2 a berenjena, chaucha y ajíes.

Laboreo de suelo: se forma el cantero con rotoencanterador y si se identifica que el suelo está apretado en profundidad se realiza una pasada de cincel.

Variedades de tomate: larga vida, americano, cherry, cherry perita, tigre, tommy.

Densidad y marco de plantación en tomate: filas intercaladas a 0,40 m o en una única fila con una planta hacia cada lado del cantero (1,4 plantas/m²)

Uso de mulch: se utiliza mulch inorgánico (nylon) en todos los cultivos, se coloca al finalizar la preparación del suelo y previo al trasplante.

Abonado de base: abono de gallina (0,4 a 0,45 kg/m²) y compost (1,38 kg/m²).

Fertilización durante el cultivo: junto con el riego, se fertiliza con sulfatos de potasio, de hierro, de zinc y de magnesio. Las cantidades aproximadas aplicadas durante un ciclo son: 2,26 kg/ha de sulfato de Zn, 17,6 kg/ha de sulfato de K, 1,07 kg/ha de sulfato de Mg y 0,93 kg/ha de sulfato de hierro.

Manejo del riego: se realiza con cintas con goteros cada 0,30 m. El volumen de riego va aumentando progresivamente a medida que el cultivo se desarrolla. En base al monitoreo realizado por la ingeniera agrónoma del predio durante 2014 (M. Scarlato, comunicación personal, 2023), en un ciclo corto el volumen aplicado es de 0,35 m³/m² de invernáculo, mientras que en un ciclo largo el volumen aplicado es de 2,8 m³/m².

Conducción y manejo de planta: los plantines se producen fuera del predio, con un viverista convencional pero que se los maneja de forma orgánica. Previo al trasplante la bandeja se sumerge en Trichoderma, y se realiza un riego al trasplante con EM (dosis de 10 L cada 1.000 $m^2$). La conducción de las plantas se hace a un solo tallo. El desbrote se intenta realizar una vez por semana, pero habitualmente se ve atrasado por la falta de tiempo. El deshoje se realiza con el objetivo de mantener la sanidad y ventilación del cultivo, pero se busca que sea el mínimo imprescindible.

Sanidad del cultivo: el oídio es una enfermedad recurrente en el predio, que no genera pérdidas graves en los cultivos salvo en años muy húmedos según el productor. En algunos invernáculos hay problemas de pérdida de plantas o reducción pronunciada de la producción de algunos focos de plantas por fusarium y nemátodos en menor medida. En el caso de las plagas, los trips son un problema en los cultivos tempranos, diabrótica y chinches en todos los ciclos, aunque no se tiene una cuantificación de su impacto productivo. La polilla del tomate algunos años es problemática y genera pérdidas en el cultivo. El manejo consiste en retirar plantas enfermas, eliminar manualmente insectos,

utilización de trampas para el caso de la polilla, y el uso de plaguicidas orgánicos (principalmente baicen p.a. matrine y aceite de neem p.a. azadirachtin).

#### 4.1.3.4.2.2. CRUCÍFERAS

Especies: kale, repollo, coliflor, nabo, brócoli, rabanito, repollitos de bruselas.

Rol y estrategia general: principales cultivos a campo producidos durante el invierno y la primavera. Tiene el menor volumen producido total y ventas, además de tener el menor número de cultivos incluidos en el grupo (7). Se busca mantener la oferta a lo largo de la mayor parte del año, realizando siembras escalonadas, y combinando cultivos protegidos y a campo.

Protección: el 90% del área cultivada se realiza a campo. La parte restante se realiza protegida. Rabanito y nabo, que ocupan pequeñas áreas, se realizan 100% protegidos. Por el contrario, repollos, repollito de bruselas, coliflor y brócoli se realizan 100% a campo. En el caso de kale se realiza en ambos sistemas.

Ciclos, fechas de trasplante y cosecha: Se busca tener la mayor parte del año, pero el momento de mayor producción se concentra en invierno y primavera (junio a diciembre). Los períodos principales de siembra de repollos, brócoli y coliflor son entre junio y agosto, intercalando las variedades de distinto largo de ciclo. La siembra de nabo y rabanito se realiza con una frecuencia mensual a lo largo de todo el año.

Área total y por cultivo: 3,3 ha totales, repollos y coliflor 2,1 ha (64% del área total).

Laboreo de suelo: en los cultivos a campo se realizan dos pasadas de excéntrica para preparar el suelo, y una única pasada de encanteradora. En el invernáculo depende del uso previo, pero suele solo reencanterarse.

Variedad: para repollo, brócoli y coliflor, se utilizan variedades precoces, intermedias y tardías.

Densidad y marco de plantación: se siembran con una densidad de 16.000 plantas/ha. La distancia entre plantas es de 0,4 m y 1,5 m de entrefila.

Uso de mulch: en cultivos protegidos se utiliza nylon negro, a campo en general no.

Abonado de base: se aplican 0,5 - 0,7 kg/m² de cantero de abono de gallina junto con la incorporación del rastrojo del cultivo anterior.

Fertilización durante el cultivo: no se realiza.

Manejo del riego: se realiza en base a monitoreo visual y al tacto de la humedad. En general, se realizan riegos diarios en verano, y riegos cada 3 o 5 días en invierno.

Manejo de planta: los plantines se realizaban fuera del predio, pero a partir de mediados de 2020 se comenzaron a realizar en el predio. Los trasplantes se realizan con aplicación de EM al suelo. No existe manejo de plantas posterior al trasplante.

Problemas y manejo sanitario: al momento de hacer intervenciones en los cultivos, se realiza también un monitoreo de las plantas para detectar plantas enfermas o falladas, que se retiran para evitar propagación de enfermedades. Las enfermedades y plagas

específicas en este grupo no son de gravedad, siendo el pulgón la plaga identificada como problemática (no se identificaron enfermedades). El manejo del pulgón se hace con aceite de neem y baicen. La hormiga también es una amenaza importante para el cultivo, generando grandes pérdidas de plantas en algunos momentos.

#### 4.1.3.4.2.3. CULTIVOS DE HOJAS

Especies: lechugas, espinaca, acelga, rúcula, remolacha, albahaca, apio, mizuna, perejil, entre otros.

Rol y estrategia general: son cultivos que muy frecuentemente son sembrados en policultivo. Ocupan los canteros o invernáculos libres que dejan otros cultivos luego de que se arrancan. Dada la demanda creciente que han tenido estos cultivos, se está destinando mayor planificación en la etapa de plantines para ajustarse a la demanda y lograr cubrir la misma a lo largo de todo el año.

Protección: invernáculos y ocasionalmente macrotúneles.

Ciclos, fechas de trasplante y cosecha: Los plantines se realizan fuera del predio, con una frecuencia de cada 15 días para asegurar la producción a lo largo de todo el año. Se realizan trasplantes quincenales de 400 m² de cultivos de hoja variados, donde la cantidad de cada especie puede variar entre fechas en función de la demanda y disponibilidad de plantines. En general, la lechuga suele ser el cultivo que ocupa una proporción mayor.

Área total: 4,4 ha anuales.

Laboreo de suelo: se realiza el encanterado al inicio del ciclo del primer ciclo del cultivo, y luego se van retirando los restos del cultivo (según la sanidad de este). Luego, se vuelve a trasplantar en el espacio dejado por las raíces, y se rellena con un puñado de compost estacionado. Luego de 3 ciclos de cultivo, se quita el mulch, se abona y se vuelve a encanterar.

Densidad: En lechuga se utilizó una densidad de 8 plantas/m². En las restantes especies (ej. mizuna, perejil, remolacha), la densidad de siembra fue de 50 plantas/m².

Uso de mulch: mulch inorgánico de nylon, utilizado durante tres ciclos.

Abonado de base: 4000 kg de MF/ha de abono de gallina cada vez que se retira el mulch y se vuelve a encanterar (cada 3 ciclos). Al comenzar el segundo y tercer ciclo, se le añade un puñado de compost cuando se trasplantan los plantines. El tamaño del puñado de compost que se coloca en el lugar del trasplante aumenta en el tercer ciclo.

Fertilización durante el cultivo: no hay fertilización planificada.

Manejo del riego: riego por goteo. En invierno una vez por semana durante una hora, mientras que, en el verano, se riega todos los días durante 1,5 a 2 hs. En días de muy alta temperatura (28ºC antes de las 9:00 hs.) se riega dos veces al día.

Manejo de planta: Para el trasplante, con el nylon colocado, se realizan los agujeros de las tres filas que se realizan por cantero y se coloca el puñado de compost y se trasplanta.

Problemas y manejo sanitario: A nivel de enfermedades, el oídio es el principal problema en remolacha, nabo y acelga. Esta enfermedad se trata con una mezcla de leche y bicarbonato de sodio. En caso de que la enfermedad se propague demasiado, se realizan aplicaciones de azufre. Luego, a nivel general, se dan años puntuales con alta incidencia de peronospora y Botrytis. En el caso de las plagas, la hormiga es la principal amenaza para el cultivo, siendo un cuello de botella para el control orgánico. No es un problema recurrente, pero sí de gravedad cuando sucede. Los trips en otoño y los pulgones en primavera son un problema frecuente, que, en la mayoría de los casos con aplicaciones de aceite, baicen y/u hongos entomopatógenos se controla.

#### 4.1.3.4.2.4. CUCURBITÁCEAS

Especies: distintas variedades de zapallo (calabacín, kabutiá), melón, zapallito, pepino y zucchini.

Rol y estrategia general: grupo principal de cultivos estivales a campo.

Protección: La mayoría de estos cultivos se realizan a campo, aunque en años puntuales, se han realizado de forma protegida los cultivos de zapallito, zucchini, pepino y melón.

Ciclos, fechas de trasplante y cosecha: para zapallos y calabacín se realiza un único ciclo (en el caso de calabacín, con dos cosechas), comenzando las siembras en septiembre y octubre. En el caso de zucchini y zapallito de tronco, se realizan siembras escalonadas cada mes o mes y medio a partir del mes de septiembre hasta enero.

Área total: 7,9 ha. Zapallos y calabacín abarcan 5,9 ha (75% del total del grupo).

Laboreo de suelo: se realizan dos pasadas de excéntrica para preparar el suelo, y una única pasada de encanteradora. Para el caso del melón, se hace una pasada adicional de rotoencateradora.

Variedad: kabutiá y calabacín (en general atlas). Las demás especies se utilizan variedades o híbridos según disponibilidad en el mercado.

Densidad: Calabacín y kabutiá a 1 m entre planta, y 1,8 m entre fila. Las restantes cucurbitáceas a 0,5 m entre planta y 1,8 entre fila.

Uso de mulch: no se utiliza.

Abonado de base: 15.000 kg/ha de cama de gallina.

Fertilización durante el cultivo: no se realiza.

Manejo del riego: no hay riego planificado, se realiza en períodos de alto déficit hídrico y solo en algún cuadro cercano a la fuente de agua.

Problemas y manejo sanitario: el más importante son las malezas, que son determinante en la pérdida de cuadros enteros en la mayoría de los años. A mediados y fin de ciclo suele aparecer problemas de oidio para lo cual no se realiza ningún manejo específico.

#### 4.1.3.4.3. COMERCIALIZACIÓN

El predio tiene dos grandes estrategias de comercialización, a través de intermediarios y de forma directa (Tabla 16). La venta a intermediarios a su vez implica tres tipos de canales comerciales: hipermercados (Tienda Inglesa), supermercados y puestos, y canasteros. La intermediación de estos implica el cobro de un porcentaje del valor de venta final, con diferente grado de negociación de este para los productores. El hipermercado determina de forma no negociable este porcentaje, mientras que, con los supermercados, puestos y canasteros, existe un espacio de negociación para llegar a un acuerdo entre las partes.

La venta directa a consumidores se realiza en Ecotienda (local de venta de productos orgánicos ubicado en Montevideo en el que participa Punto Verde) y en Chacra Melilla (feria de productores orgánicos). El precio en ambos casos es definido directamente por los productores.

La mayor parte de la producción se comercializa a través de la cooperativa Punto Verde. Por allí se comercializa todas las ventas a Tienda Inglesa, a los supermercados más pequeños, a Ecotienda, a una canastera (ubicada en Soriano) y a Chacra Melilla. El volumen restante se vende a través de canasteros, que les compran directamente a los productores.

**Tabla 16.**

*Características de los canales comerciales del predio*

| Estrategia | Canal | Agentes | Ubicación | Frecuencia | Período | Forma de venta[1] | Packing |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Venta con intermediario | Hiper mercado | 1 | Montevideo | Semanal | Todo el año | Colectiva | Sí |
| | Supermercado y puestos | 7 | Canelones San José | Semanal | Todo el año | Colectiva | Sí |
| | Canasteros | 21 | Montevideo Canelones San José Maldonado | De 1 a 3 veces/sem. | Todo el año | Individual | No |
| Venta directa | Chacra Melilla | 1 | Canelones | Semanal | Todo el año | Colectiva | Sí |
| | Ecotienda | 1 | Montevideo | Semanal | Todo el año | Colectiva | Sí |

*Nota*. [1]La forma de venta colectiva es a través de la cooperativa Punto Verde, y llevan la producción al lugar. En el caso de la individual, una parte de lo comercializado es recogido en el predio, y otra parte la llevan al lugar de acopio de mercadería de los canasteros.

La dinámica de comercialización depende del canal comercial. Para el caso de Tienda Inglesa, los pedidos de productos son realizados semanalmente y entre los productores

de Punto Verde coordinan qué productos y qué cantidades entrega cada uno. Ruben es el encargado de recoger y llevar la mercadería de todo el grupo al centro de acopio.

Para los supermercados y la canastera de Soriano, el hijo menor de Daniel se encarga de coordinar y organizar las ventas. Los supermercados y la canastera le envían los pedidos, y él solicita a los miembros de la cooperativa que le envíen la oferta disponible de productos para cubrir esta demanda. Recopilada esta información, junto a uno de los productores de la cooperativa coordinan cuántos kg cada productor va a destinar para cubrir la demanda de estos puntos de venta. Esta decisión se basa en las ventas actuales, disponibilidad de productos y necesidad de cada productor de vender hacia estos canales. La entrega de la mercadería la realiza el hijo menor de Daniel junto al hijo de uno de los productores de la cooperativa, los jueves a los supermercados de Canelones.

Es importante destacar dos aspectos de la comercialización del predio, que actualmente determinan los planes futuros del mismo. Tienda Inglesa es el principal canal de comercialización en cuanto a cantidad de producción destinada al mismo (90%). Sin embargo, es el canal en el que los productores tienen menor control, por lo que están sujetos y deben adaptarse a las modificaciones que la empresa realice. A raíz de esta situación, los productores han buscado nuevos canales comerciales. Es así como las ventas a través de canasteros tienen una importancia creciente. Esto se ve reflejado en el último año, donde el número de canasteros aumentó de 9 a 21. Esta venta a través de canasteros también tiene mucha utilidad para los productores, dado que les aporta información directa acerca de las demandas de los consumidores, que permite hacer modificaciones en los rubros producidos y tomar decisiones productivas (probar nuevos cultivos). Además, los productores tienen mayor control de la cadena, permitiendo mejor negociación de precios, cantidades y calidad de los productos vendidos, y requiere menor trabajo de packing.

Estos dos aspectos de Tienda Inglesa y de los canasteros, llevan al predio a plantear como objetivos a futuro seguir pluralizando sus canales de venta. Estos cambios estarían enfocados en dos puntos: aumentar la importancia de los canasteros (a costa, en parte, de la disminución de Tienda Inglesa) y de generar un nuevo canal de comercialización, a través de la venta en ferias. Este último punto se centraría en la creación de una nueva feria de productos orgánicos en Montevideo, en la que varios productores (además de los que integran Punto Verde), puedan vender sus productos, intentando no competir en días y barrios con las ferias ya existentes.

#### 4.1.3.4.4. RESULTADOS BIOFÍSICOS Y ECONÓMICOS

La producción y venta de productos del predio se explicó mayormente por ventas al hipermercado, que, según los productores, fue el canal al que se destinó el 90% de la producción. Para este canal, se contó con la totalidad de los registros de ventas del ejercicio analizado. El 10% restante se explicó por las ventas a otros canales para los cuales no se contó con registro. De forma de estimar lo que corresponde a dichos canales, se definió adicionar un 10% de producción e ingresos a los obtenidos para el hipermercado.

El volumen de alimento total producido en el predio fue de 416.812 kg en el ejercicio. Considerando el área cultivable hortícola, el rendimiento global fue de 19.827 kg/ha.

Dada la gran diversidad de rubros comercializados y la calidad de información disponible, el rendimiento se estimó solo para los cultivos principales para cada uno de los cuatro grupos definidos: tomate, lechuga, repollo y zapallo (Tabla 17). Para la lechuga, el área sembrada se compuso de secciones de invernáculos que comparte con otros cultivos de hoja y los cuadros a campo que fueron definidos para su cultivo. En el caso del zapallo, la producción estuvo seriamente afectada durante el ejercicio debido a que la superficie sembrada no logró ser manejada correctamente (retraso en tareas de control de malezas, retraso en manejo de riego), por lo que hubo pérdida de cuadros cultivados que se tradujo en un bajo rendimiento final.

**Tabla 17.**

*Rendimientos de cultivos principales por grupo de cultivos*

| Cultivo | Superficie (ha) | Producción (t) | Rendimiento (t/ha) |
|---|---|---|---|
| Tomate | 1,1 | 153,3 | 146,0 |
| Lechuga | 1,1 | 29,8 | 27,5 |
| Repollo | 1,1 | 36,5 | 32,5 |
| Zapallo | 5,0 | 25,1 | 5,0 |

Al igual que para la estimación de rendimiento, para la definición del producto bruto se tomó una distribución del 90% de los ingresos provenientes de las ventas al hipermercado, y un 10% proveniente de los restantes canales (Tabla 18).

No se consideraron variaciones de inventario, ya que los productos en su mayoría tienen baja vida post cosecha y la producción se ajusta a la demanda del hipermercado. En este sentido, los ingresos por concepto de venta a los canales de hipermercado y canasteros corresponden al producto bruto del predio para el ejercicio.

Se realizaron ventas por un total de $22.909.268 en el ejercicio. Las mismas involucraron a 61 productos distintos, de los cuales 11 explicaron el 51,6% de las ventas totales del ejercicio (seis variedades de tomate, una variedad de morrón, melón, una variedad de zapallo, rúcula y una variedad de lechuga) (Anexo C).

Los precios de venta en el hipermercado fueron en general más elevados que los precios obtenidos en la Unidad Agroalimentaria de Montevideo (UAM, principal canal nacional de venta de productos hortícolas) estando el precio -promedialmente- más alto en tomate, calabacín y melón (74%, 104% y 62%, respectivamente) y más bajo en lechuga (16%). Otros canales tuvieron mayores fluctuaciones en precio y demanda. El hipermercado permitió mayor planificación y estabilidad económica durante el ejercicio.

Los cultivos estivales de ciclo largo explicaron la mayor parte del producto bruto (PB) del predio, que condice con la importancia en planificación y destino de insumos que tienen esos cultivos (Tabla 18). Son también los que reciben precios más favorables, y tienen mayor y más constante demanda por parte del hipermercado. Para las hojas

sucede lo mismo, pero en menor medida dados los menores precios y demanda de volumen que el hipermercado brinda. Para el grupo de cucurbitáceas, la situación para el ejercicio fue desfavorable por las pérdidas de cultivos que se dieron durante el mismo. Por este motivo en el ejercicio analizado tuvo una baja relevancia relativa, en comparación a la relevancia que los productores manifestaron llegaba a tener otros años.

**Tabla 18.**

*Producción, ventas totales por canal y participación por rubro*

| Grupo | Producción total (t) | Venta a hipermercado (US$) | Venta a otros canales (US$) | Total (US$) | Participación (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Estivales ciclo largo | 201,5 | 228.528 | 22.853 | 251.381 | 49,4% |
| Hojas | 73,0 | 141.455 | 14.145 | 155.600 | 30,6% |
| Crucíferas | 42,9 | 22.502 | 2.250 | 24.752 | 4,9% |
| Cucurbitáceas | 99,4 | 70.329 | 7.033 | 77.361 | 15,2% |
| Total | 416,8 | 462.814 | 46.281 | 509.095 | 100,0% |

Los costos de comercialización son los costos más importantes del predio, en torno al 31% de los costos totales. Estos son más elevados que los valores más frecuentes de los predios (15-25%) debido a la logística de entrega y comisión que el hipermercado cobra al vender sus productos allí.

En costos de estructura, la mano de obra es un componente importante, equivalente a un 67% de los costos de estructura y a un 38% de los costos totales. Dada la cantidad de trabajadores permanentes y el alto número de jornales que realiza la familia debido a que muchos miembros de esta realizan tareas allí (6), explica la enorme relevancia de la mano de obra en los costos totales del predio (Tabla 19).

**Tabla 19.**

*Costos operativos y estructurales*

| Tipo de costo | Costo (US$) | Participación (%) |
|---|---|---|
| **Costos operativos** | | |
| Comercialización | 108.437 | 31,6% |
| Insumos - Semillas | 7.500 | 2,2% |
| Abonos | 4.100 | 1,2% |
| Fitosanitarios | 7.500 | 2,2% |
| Nylon (mulch e invernáculo) | 3.034 | 0,9% |
| Packing | 10.667 | 3,1% |
| Combustible | 8.889 | 2,6% |
| **Costos de estructura** | | |
| Mano de obra familiar | 44.492 | 13,0% |
| Mano de obra contratada | 85.133 | 24,8% |
| Electricidad | 7.667 | 2,2% |
| Depreciación infraestructuras | 11.707 | 3,4% |
| Depreciación maquinaria | 15.352 | 4,5% |
| Reparación y mantenimiento | 28.762 | 8,4% |
| Total | 343.240 | 100,0% |

Dada la diversidad de cultivos no fue posible estimar el margen bruto por cultivo, y se estimaron indicadores económicos globales del predio. El ingreso de capital y el ingreso de capital propio fueron positivos, y el ingreso neto familiar fue elevado (Tabla 20).

**Tabla 20.**

*Indicadores económicos del predio*

| Indicador | Resultado |
|---|---|
| Producto bruto | $22.909.269 |
| Costos en efectivo | $12.225.986 |
| Costos en no efectivo | $3.219.807 |
| Ingreso capital propio (IKp) | $7.463.476 |
| Ingreso neto familiar (INF) | $9.465.630 |
| INF/hr trabajo familiar | $650 |
| Productividad laboral (IK/hr trabajo) | $320 |
| Costos en efectivo / costos totales | 0,79 |
| Costos totales / producto bruto | 0,67 |

#### 4.1.3.5. GANADERÍA

La ganadería en el predio es el rubro secundario luego de la horticultura. Su función principal es de reserva de capital adicional a lo que se tiene ahorrado o en insumos, infraestructura y producción de la horticultura. De esta forma, ante imprevistos, pueden recurrir a la venta de animales para solventarlos.

La ganadería del predio consistió en un sistema de invernada de novillos a base de campo natural y pasturas sembradas. El sistema de invernada es nuevo ya que siempre se realizó cría y recría. Dada la expansión de la horticultura en el predio, surgió la necesidad de tener una producción ganadera con un manejo más simple, por lo que se recurrió a la invernada de novillos. Esto redujo la mano de obra y el tiempo dedicado al rubro en general.

El stock ganadero al inicio del trabajo estaba compuesto de 80 novillos, y las razas utilizadas fueron Hereford y Aberdeen Angus. El área destinada fue de 64 ha, divididas en dos fracciones de 48 y 16 ha.

La fracción más extensa de 48 ha, constó de dos padrones (20 y 24 ha) y se localizó a 8 km del predio principal donde se realiza el rubro hortícola. Allí los recursos forrajeros eran campo natural y praderas de tres años de lotus, trébol blanco y raigrás. En esta fracción se colocaban los novillos durante la mayor parte del ciclo productivo, desde que se compraban hasta una fecha muy cercana a la de venta.

La fracción de 16 ha forma parte del predio donde se realiza la horticultura y el manejo que se realiza allí es orgánico, al igual que en el rubro hortícola. Los recursos forrajeros utilizados fueron praderas de tres años de lotus, trébol blanco y festuca. La siembra se realizó con laboreo profundo con excéntrica, fertilización con nitrógeno y fósforo al voleo, y siembra en línea. Se aplicaron 1300 kg/ha de abono de gallina previo a la siembra.

El ciclo productivo abarcaba un período de 12 a 18 meses, y se mantuvo estable desde que se instaló el sistema de invernada. Los animales se compraban en remates televisados e ingresaban en otoño a la fracción más grande, donde se realizaba el proceso de engorde. Semanas antes de la venta del ganado, se los colocaba escalonadamente en la fracción más pequeña y con mejores recursos forrajeros, para realizar la terminación y llegar a un peso entre 450 y 510 kg. Luego se vendían a un consignatario, que se encargaba de colocar el lote en el frigorífico.

En los últimos años, la producción ganadera fue perdiendo importancia, hasta que finalmente en el año 2022, se vendió la totalidad del stock de ganado de ese año. Actualmente, ellos ceden el campo que utilizaban para el ganado a un tercero para que produzca ganado, obteniendo como forma de pago, un porcentaje de las ganancias.

## 4.2. DIAGNÓSTICO

### 4.2.1. PUNTOS CRÍTICOS

**Tabla 21.**

*Puntos críticos del sistema para cada proceso socio-ecológico definido en el MEDITAE y sus indicadores*

| Proceso ecológico | Punto crítico | Indicadores |
|---|---|---|
| Ciclaje de nutrientes | 1. (+) Aporte de enmiendas orgánicas de estructura compleja y estables.<br>2. (+) Nutrientes disponibles en cantidades suficientes para alcanzar buenos rendimientos.<br>3. (-) Balance muy positivo de nutrientes en el sistema, asociado a alta fertilización y baja extracción de cultivos a campo.<br>4. (-) Fertilización rutinaria de cultivos a campo. | • Niveles de nutrientes principales en el suelo<br>• pH y conductividad eléctrica del suelo<br>• Eficiencia de uso de nutrientes<br>• Uso de biofertilizantes<br>• Cantidad de fuentes de nutrientes según tipo<br>• Balance de nutrientes del sistema<br>• Balance de nutrientes en cultivos principales<br>• Criterio de uso de nutrientes |
| Ciclaje de carbono | 1. (+) Niveles elevados de COS.<br>2. (+) Manejo tendiente a reducir pérdidas de carbono.<br>3. (-) Balance de C negativo en cuadros a campo.<br>4. (+) Balance equilibrado de C en cultivos protegidos. | • COS activo relativo<br>• Profundidad del horizonte superficial del suelo<br>• Erosión de suelo<br>• Frecuencia de uso de abonos verdes (AV)<br>• Cobertura de suelo anual<br>• Proporción de abonos verdes (AV) y/o pasturas en el área cultivada<br>• Cobertura del suelo<br>• Tipo de cobertura (canopia)<br>• Balance anual de COS<br>• Uso de abonos orgánicos |
| Regulación biótica | 1. (+) Diversidad productiva muy alta en producción protegida.<br>2. (-) Rotación no planificada para cultivos no principales.<br>3. (+) Muy bajo uso de depresores de la comunidad biótica.<br>4. (+) Plagas y enfermedades con apariciones regulares de bajo impacto en cultivos.<br>5. (+) Vegetación cultivada y no cultivada diversa. | • Diversidad de rubros productivos<br>• Diversidad de familias, especies y variedades cultivadas<br>• Rotación de cultivos<br>• Aplicación de pesticidas sintéticos<br>• Aplicación de pesticidas biológicos/botánicos<br>• Criterios de manejo de plagas<br>• Relevancia de plagas problemáticas<br>• Relevancia de enfermedades problemáticas<br>• Área en policultivo<br>• Proporción de áreas seminaturales (AS) en área cultivada<br>• Proporción de áreas seminaturales (AS) en área total |
| Ciclos hidrológicos | 1. (-) Baja disponibilidad de agua para producción a campo.<br>2. (+) Disponibilidad de agua suficiente para cultivos protegidos.<br>3. (-) Agua de riego con pH muy alto que requiere intervenciones para su uso.<br>4. (+) Suelos con buena capacidad de retención de agua y sistema de irrigación eficiente. | • Área regada<br>• Proporción de área regada sobre cultivada<br>• Calidad del agua<br>• Tipo de fuentes de agua<br>• Erosión de suelo<br>• Tipo de sistema de irrigación<br>• Cobertura de suelo anual |

| | | |
|---|---|---|
| | 5. (-) Baja cobertura del suelo a campo por reducción de cultivos de cobertura. | • Cobertura del suelo |
| Flujos de energía | 1. (+) Buena productividad del sistema.<br>2. (+) Rendimientos de cultivos en invernáculos.<br>3. (-) Bajos rendimientos en cultivos a campo.<br>4. (-) Baja captación de energía a campo por alta superficie no cubierta. | • Productividad del sistema<br>• Productividad del área cultivada<br>• Rendimiento de los cultivos principales<br>• Relación área cosechada y área cultivada<br>• Cobertura del suelo<br>• Cobertura de suelo anual |
| Socio-económico y cultural | 1. (+) Muy alta vinculación con instituciones, organizaciones de productores y canales comerciales.<br>2. (-) Dependencia fuerte de un canal comercial.<br>3. (+) Ingreso familiar muy bueno.<br>4. (+) Eficiencia de comercialización alta.<br>5. (+) Inclusión de familiares a la producción.<br>6. (+) Búsqueda de autosuficiencia (insumos).<br>7. (-) Gestión compleja centralizada en pocos individuos.<br>8. (+) Cantidad alta de alimentos de buena calidad producidos.<br>9. (+) Alta proporción de mano de obra permanente.<br>10. (-) Parte de los trabajadores sin beneficios sociales requeridos. | • Número de vínculos con organizaciones/grupos<br>• Número de vínculos con instituciones<br>• Diversificación del ingreso por canal comercial<br>• Ingreso neto familiar (INF)<br>• INF/h trabajo familiar<br>• Productividad del trabajo<br>• Relación ingresos y egresos<br>• Eficiencia de comercialización<br>• Proporción de mano de obra familiar<br>• Origen de semilla<br>• Tipo de comercialización<br>• Diversidad de canales comerciales<br>• Diversidad de estrategias comerciales<br>• Equidad intrafamiliar en la toma de decisiones<br>• Número de personas potencialmente alimentadas por año<br>• Estabilidad laboral<br>• Beneficios sociales de trabajadores |

#### 4.2.1.1. CICLO DE NUTRIENTES

Los análisis de suelo muestran que los suelos del predio tienen un nivel de nutrientes más alto a los identificados para los tipos de suelo en estado prístino presentes en el sistema. Esto se sustenta en los valores de macronutrientes y materia orgánica. Potencialmente, la disponibilidad de nutrientes es suficiente para cubrir los requerimientos de los cultivos hortícolas.

Las relaciones entre Ca-Mg y Mg-K son aceptables a buenas, encontrándose en el rango de 2,6 a 10,2 para Ca-Mg, y entre de 0,2 a 6,1 para Mg-K. Los tres nutrientes se encuentran en exceso, pero sus proporciones no se vieron afectadas al punto de generar un desbalance. Este escenario es esperable debido al uso de enmiendas orgánicas como base para la fertilización, lo cual aporta una diversidad muy alta de nutrientes, que sigue generando balances positivos de acuerdo a lo extraído por el cultivo y el stock de nutrientes en el suelo.

La conductividad eléctrica presente en los invernáculos fue 1,1 mmhos/cm en promedio, lo cual no sería limitante para la mayoría de las especies hortícolas. El porcentaje de Na respecto a las bases totales varía entre 2,67% y 10%, estando dentro del rango no perjudicial para los cultivos, que es no superar el 15% de las bases totales (Dogliotti et al., 2013; Durán, 1985; Scarlato et al., 2022). A pesar de esto, es algo a continuar evaluando, dado que la enmienda que se utiliza para abonar es un insumo con altos y variados contenidos de sales, por lo que el aporte de Na al suelo es alto y también la conductividad. En invernáculos se añade la poca lixiviación, por lo que las salidas de sales de las unidades productivas se reducen.

Se realizó el balance de nutrientes para los cultivos de tomate y zapallo, comparando los niveles de absorción de nutrientes y los aportes realizados. Estos dos cultivos son los que más información se tuvo en términos de ventas y manejo. A su vez, son cultivos relevantes en la producción en invernáculos y a campo, respectivamente (Tabla 22).

El balance mostró resultados negativos para el tomate en N y K, manteniéndose positivo el balance para el P. Esto se explica por la alta absorción del cultivo de tomate para ambos nutrientes (N: 2,8 kg/t; K: 4,5 kg/t) en relación con el P, y los niveles de N, K y P de la enmienda agregada. A su vez, en este balance no se tiene en cuenta el aporte del suelo, que es capaz de aportar entre 135,0 y 288,4 kg N/ha.año$^{-1}$ en invernáculos y 130,4 kg N/ha.año$^{-1}$ a campo. Teniendo en cuenta esto, el balance para ese nutriente sería entre -138,0 y 15,5 kg N/ha.año$^{-1}$.

Para la mayoría de los análisis de suelo, el P es muy abundante y el balance positivo mantiene la tendencia de acumulación de este nutriente en el suelo. Durante los últimos años la aplicación de enmiendas con altos porcentajes de P ha sido continua, por lo que es necesario cambiar esta dinámica para frenar la acumulación en el suelo. Los productores tienen presente esto y durante el año 2019 comenzaron a reducir la proporción de este tipo de enmiendas.

Para el caso del K, los suelos en los que se encuentra el predio (brunosoles y vertisoles con niveles superiores a 1 meq K/100 g de suelo), y pueden aportar lo requerido por los cultivos. Sin embargo, al nutriente estar en equilibrio dinámico con las formas menos lábiles del suelo, ejercer una presión de extracción sobre este nutriente puede romper ese equilibrio y volverse limitante. Otro aspecto que considerar es que las enmiendas utilizadas carecen de una relación entre macronutrientes que permita aportar el K requerido sin el aporte de altas cantidades de N y P.

Para el zapallo, el balance de N es positivo principalmente por el bajo rendimiento del cultivo durante el ejercicio (5.027 kg/ha). La oferta es muy abundante para la absorción que finalmente tuvo (con los aportes del suelo, el balance sería de 164,4 kg N/ha.año$^{-1}$). Para el caso del P y K, el bajo rendimiento acentuó la alta fertilización que se realizó para estos nutrientes. Hubiese sido necesario un rendimiento de 213.250 kg/ha (42 veces el rendimiento alcanzado, inalcanzable) para que el balance haya sido neutro en P y 29.000 kg/ha (6 veces el rendimiento alcanzado, alcanzable) para un balance neutro en K.

Al ser un balance que relaciona entradas con salidas anuales, no se tiene en cuenta el efecto residual de abonos anteriores en el aporte de nutrientes. Esto es importante, ya que se evidenció un muy buen estado nutricional y sanitario en los cultivos, que mostró que la disponibilidad de nutrientes no era una limitante, principalmente en invernáculos.

**Tabla 22.**

*Balance de nutrientes en cultivos principales en invernáculo y a campo*

| **Cultivo** | **Rendimiento (kg/ha)[1]** | **Absorción (kg/ha)[2]** | | | **Aporte (kg/ha)[3]** | | | **Balance (kg/ha)** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | N | P | K | N | P | K | N | P | K |
| Invernáculo | | | | | | | | | | |
| Tomate | 145.974 | 409 | 58 | 657 | 138 | 101 | 217 | -271 | 42 | -440 |
| Campo | | | | | | | | | | |
| Zapallo | 5.027 | 21 | 2 | 24 | 55 | 64 | 139 | 34 | 62,4 | 115 |

*Nota*. Se consideran para el balance los requerimientos de absorción para el correcto crecimiento y desarrollo de los cultivos. [1]Estimado en base al volumen vendido a todos los canales y el área de siembra planificado para el ejercicio. [2]Estimado en base a datos de absorción de Ciampitti y García (2007). [3]Estimado en base al aporte por hectárea cultivada de cada tipo de enmienda. Contenido de nutrientes y materia seca basado en M. Scarlato García (comunicación personal, 2022).

A nivel del sistema, el balance de nutrientes mostró que la aplicación de nutrientes a campo superó la extracción de nutrientes de ese año (Tabla 23). El N aplicado fue 3 veces más que lo extraído para esos nutrientes, para el K 1,8 veces más y para el caso del P, 21 veces mayor. Los bajos rendimientos de ese año producto de la pérdida de cultivos y la escasa planificación de los cultivos lo explican.

**Tabla 23.**

*Balance de nutrientes a nivel del sistema predial*

| Sistema | Extracción (kg/año) | | | Aportes (kg/año) | | | Balance (Kg/año) | | | Balance (Kg/ha.año$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | P | K | N | P | K | N | P | K | N | P | K |
| Invernáculos | 462 | 56 | 714 | 607 | 443 | 476 | 146 | 387 | -237 | 66 | 176 | -108 |
| A campo | 313 | 51 | 430 | 957 | 1.113 | 1.208 | 643 | 1.062 | 778 | 74 | 122 | 89 |
| Total del sistema | 775 | 107 | 1.144 | 1.564 | 1.556 | 1.685 | 789 | 1.449 | 541 | 72 | 133 | 50 |

*Nota.* Se consideran todas las entradas de nutrientes y las salidas estimadas a partir de la extracción (Ciampitti & García, 2007) de nutrientes de los cultivos o grupos de cultivos según su venta anual.

Esto muestra que la lógica de planificación de aportes que tiene el predio y que ha funcionado para los productores en la producción protegida, a campo no sucede. Cuando las principales limitantes productivas que tiene la producción a campo (disponibilidad de mano de obra para tareas de manejo de malezas e incidencia de plagas y enfermedad, escasez de agua, poca planificación de la fertilización) se suceden -simultáneamente o no-, las ineficiencias se acentúan. Ya no solo existen pérdidas a nivel cultivo y en rendimiento productivo, sino también de nutrientes debido a la potencial lixiviación.

Es importante destacar lo útil que resulta generar una rutina operativa para los aportes, pero si la variación interanual del tipo y cantidad de aportes se mantiene baja, y no se cuenta con un seguimiento frecuente del estado de sus suelos y cultivos a campo; se crea un riesgo ambiental (además del económico) para el sistema.

#### 4.2.1.2. CICLO DE CARBONO

Los productores reconocen el valor de tener el suelo en las mejores condiciones estructurales posibles. Parte importante de su trabajo y planificación es mantener el suelo en dichas condiciones para que toda la producción tenga bases sólidas en las que desarrollarse.

Los valores de materia orgánica (MO) promedio eran de 5,3% (4,0 - 6,6%) y 5,0% para invernáculos, y cuadro a campo, respectivamente (Tabla 24). Esto equivale a un rango de 61 a 102 T C/ha en invernáculo y a 77 T C/ha a campo. Para todos los análisis de suelo, el delta carbono (ΔC) se encontró por encima de 0,5 en base a los valores de carbono originales. En el caso de algunos invernáculos, los valores son muy cercanos a los valores originales del suelo (Durán, 1985). La profundidad observada en el horizonte superficial del suelo (0,39 m) con el que se contó es más que suficiente para el desarrollo radicular óptimo (0,2 - 0,3 m) de todos los cultivos del predio.

**Tabla 24.**

*Contenidos de materia orgánica (MO) y carbono de los análisis de suelo disponibles*

| Referencia | MO (%) | C Org. (%) | C (t/ha) | ΔC[1] |
|---|---|---|---|---|
| Cuadro a campo | 5,0 | 2,9 | 77,1 | 0,7 |
| Invernáculo 35 | 5,0 | 2,9 | 76,9 | 1,0 |
| Invernáculo 33 | 6,3 | 3,6 | 96,8 | 1,0 |
| Invernáculo 17 | 6,6 | 3,9 | 102,4 | 0,8 |
| Invernáculo 02 | 5,3 | 3,1 | 81,1 | 0,6 |
| Invernáculo 42 | 4,7 | 2,7 | 71,8 | 0,5 |
| Invernáculo 28 | 4,0 | 2,3 | 61,2 | 0,7 |
| Promedio Invernáculos | 5,3 | 3,1 | 81,7 | 0,8 |

*Nota*. [1]Delta carbono (ΔC): C Org. mineralizable actual / C Org. mineralizable original (Dogliotti et al., 2013).

En base a Alliaume et al. (2012), el balance de C anual es negativo (Tabla 25). Esto se explica por los altos valores de carbono de los suelos. Para la cantidad de carbono que los suelos reciben, estarían perdiendo entre 0,2 a 1,5 t/ha.año$^{-1}$ (exceptuando uno de los invernáculos, que es el único que mejora su nivel de carbono debido a su menor nivel de C orgánico). Al realizar la proyección para los 5 años siguientes, el suelo continúa con pérdidas decrecientes de C orgánico año a año, exceptuando el invernáculo con menor porcentaje de materia orgánica, que se mantiene con incrementos estables de COS.

**Tabla 25.**

*Evolución proyectada para el carbono en el suelo*

| Ref. | Año 0 | | Año 1 | | Año 2 | | Año 3 | | Año 4 | | Año 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | COS | C | COS | C | COS | C | COS | C | COS | C | COS |
| Cuadro a campo | 77,1 | -1,4 | 75,8 | -1,3 | 74,5 | -1,3 | 73,2 | -1,2 | 72,0 | -1,2 | 70,9 | -1,1 |
| Inv. 35 | 76,9 | -0,6 | 76,3 | -0,5 | 75,8 | -0,5 | 75,2 | -0,5 | 74,7 | -0,5 | 74,3 | -0,5 |
| Inv. 33 | 96,8 | -1,5 | 95,4 | -1,4 | 94,0 | -1,3 | 92,6 | -1,3 | 91,3 | -1,2 | 90,1 | -1,2 |
| Inv. 17 | 102,4 | -1,5 | 100,9 | -1,5 | 99,4 | -1,4 | 98,0 | -1,4 | 96,6 | -1,3 | 95,3 | -1,3 |
| Inv. 02 | 81,1 | -0,8 | 80,3 | -0,8 | 79,6 | -0,7 | 78,8 | -0,7 | 78,1 | -0,7 | 77,5 | -0,6 |
| Inv. 42 | 71,8 | -0,2 | 71,6 | -0,2 | 71,4 | -0,2 | 71,2 | -0,2 | 71,0 | -0,2 | 70,8 | -0,2 |
| Inv. 28 | 61,2 | 0,3 | 61,5 | 0,3 | 61,9 | 0,3 | 62,2 | 0,3 | 62,5 | 0,3 | 62,8 | 0,3 |

*Nota*. Cálculo según Alliaume et al. (2012). Volumen de carbono (C) y variación del carbono orgánico del suelo (COS) están expresados en t/ha.

La fórmula del cálculo se ajusta para suelos con porcentajes de materia orgánica menores que las presentes en el predio y para aportes de abono de cama de pollo, por lo que sus conclusiones son limitadas. Conjuntamente con el balance de COS según la ecuación de Alliaume et al. (2012), se realizó también el cálculo "manual" en función

de estimación de entradas y salidas, que permite complementar el análisis del método anterior. El balance anual realizado de esta forma arroja valores negativos en el cuadro a campo (-244,5 kg C/ha.año$^{-1}$) y un valor promedio próximo a cero en invernáculos (-17,5 kg C/ha.año$^{-1}$) con un rango entre -795,8 y 738,6 kg C/ha.año$^{-1}$ dependiendo del nivel inicial de COS (Tabla 26).

**Tabla 26.**

*Balance anual de carbono para los análisis de suelo disponibles*

| Referencia | MO (%) | Kg C | Entradas totales de C (kg) | Salidas totales de C (kg)[1] | Balance anual (kg C/ha.año) |
|---|---|---|---|---|---|
| Cuadro a campo[2] | 5,0 | 55.866 | 1.059 | 1.304 | -244,5 |
| Inv. 35 | 5,0 | 58.526 | 2.089 | 1.756 | 40,3 |
| Inv. 33 | 6,3 | 74.062 | 2.089 | 2.222 | -503,5 |
| Inv. 17 | 6,6 | 82.415 | 2.089 | 2.472 | -795,8 |
| Inv. 02 | 5,3 | 57.835 | 2.089 | 1.735 | 64,5 |
| Inv. 42 | 4,7 | 49.641 | 2.089 | 1.489 | 351,2 |
| Inv. 28 | 4,0 | 38.575 | 2.089 | 1.157 | 738,6 |
| Prom. Inv. | 5,3 | 60.176 | 2.089 | 1.805 | -17,5 |

*Nota*. [1]Mineralización anual de MO mineralizable: 3,5% en invernáculo; a campo 3% (del 1$^{er}$ al 4$^{to}$ año), 1% (del 5to al 6$^{to}$ año). Proporción de carbono mineralizable: 0,5 para cama de gallina: 0,3 para el compost. [2]Para el cuadro a campo se utilizó el valor promedio de mineralización de los seis años de duración de la pradera.

Para el balance de los cuadros a campo se tomó una rotación "tipo", compuesta por tres años de cultivos y tres años de pradera (Tabla 27). Bajo este supuesto, se definieron los aportes cada año y los porcentajes de mineralización a considerar.

El resultado negativo resulta del bajo aporte de carbono durante los años de cultivo y primer año de pradera, en las que la mineralización es más alta que los aportes. Durante los dos últimos años de la pradera, el balance se vuelve positivo y se compensan parcialmente las pérdidas. La compensación no es total debido a que la cama de gallina tiene un porcentaje de mineralización elevado (50%), por lo que del contenido de carbono de la enmienda (24%), solo la mitad se integra a la materia orgánica del suelo. Utilizar abonos verdes entre cultivos y enmiendas como el compost que poseen porcentajes de mineralización más bajos (20-30%) permitirían mejorar el balance de C de los cultivos a campo.

**Tabla 27.**

*Uso de suelo, mineralización y balance de carbono durante la rotación en la secuencia "tipo"*

| Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Uso del suelo | Cultivo | Cultivo | Cultivo | Pradera | Pradera | Pradera |
| Mineralización | 3% | 3% | 3% | 3% | 1% | 1% |
| Resultado del balance | Negativo | Negativo | Negativo | Negativo | Positivo | Positivo |

*Nota*. Secuencia "tipo", supuesto utilizado para el cálculo del balance de carbono de cultivos a campo.

Para los invernáculos, se consideró una rotación que se realiza frecuentemente, que consiste en un cultivo estival de ciclo largo (solanácea) durante seis meses y cultivos de hojas durante los meses restantes. Los invernáculos con balance negativo se asocian a los altos valores de carbono que tienen los suelos por su contenido de materia orgánica (≥ 6%). El compost como abono aporta una cantidad considerable de carbono al suelo (el 60% del volumen del abono es materia seca, 18,5% de C y un índice de humificación de 0,7). Esto da un aporte de 1.615 kg C/ha.año$^{-1}$, permitiendo que en los invernáculos con los valores de materia orgánica más bajos tengan un balance de carbono positivo.

La cobertura del suelo en invernáculos fue muy alta (96,6%). Sin embargo, consistió únicamente del rastrojo de los cultivos. Al estar en senescencia, no tienen la fijación de carbono que puede tener una pradera o cultivo de cobertura, y con una canopia baja. El número de movimientos de tierra debido a intervenciones de maquinaria es otro factor que tiene un efecto importante en las pérdidas de carbono del suelo.

En invernáculos, el número de movimientos de tierra total, el número promedio por invernáculo y por hectárea de intervenciones por laboreo es muy alta, que evidencian la intensidad del uso del suelo en la producción protegida. Además, condice con el número de cultivos por año, que supera los 3 cultivos por año (dentro de un rango de 2 a 6 cultivos/invernáculo.año$^{-1}$). El ingreso de C al suelo es a través de enmiendas orgánicas (cama de gallina y en menor medida por el compost).

Este manejo en la producción protegida evidencia que el balance de este subsistema depende de la alta cantidad de insumos de C orgánico que ingresen para mantener los niveles actuales. Se debe buscar alternativas para mejorar el ingreso, mantenimiento y ciclaje del C en el suelo para reducir la dependencia de insumos externos al sistema si se quiere mantener o mejorar los resultados productivos.

En los cultivos a campo, el C ingresa al suelo mediante abonos orgánicos y por el secuestro realizado por las praderas cortas y abonos verdes, que además aportan estructura y fijan el carbono en el suelo. A su vez, la canopia de estos cultivos es mayor que la de los rastrojos, inclusive siendo pastoreados por animales. Sin embargo, la realidad del uso del suelo muestra que la utilización de praderas y abonos verdes dista de la planificación inicial para el ejercicio. El uso del suelo se planificó para estar casi

completamente cubierto, pero debido a problemas en la planificación de las tareas operativas, la cobertura de los cuadros, tanto de cultivos productivos como de cobertura disminuyó.

Este fenómeno es una tendencia marcada en el sistema, y genera alarmas en la sostenibilidad del recurso suelo. Los cultivos de cobertura deberían ser una herramienta esencial en las planificaciones futuras. No solo por la mejora y mantenimiento del recurso suelo, sino también por la reducción de lixiviación de nutrientes, la mejor retención del agua de lluvia y captación de energía del sistema.

El número de cultivos por año muestra un uso del suelo "semestral" (un cultivo invernal, un cultivo estival) y las intervenciones de maquinaria se reducen un 56% en comparación a la producción protegida. Si esta misma intensidad de uso del suelo puede acompañarse con un mejor manejo de los cultivos productivos y de cobertura que se traduzcan en mejores rendimientos de los primeros y mayor permanencia de los segundos, mejoraría mucho la eficiencia de este subsistema hortícola.

#### 4.2.1.3. REGULACIÓN BIÓTICA

La actividad de las comunidades bióticas es entendida y valorada por los productores. Le dirigen mayor atención en los invernáculos, ya que es dónde colocan mayor foco en el manejo. Prestan atención a la meso y macrofauna que reconocen y entienden el valor que tiene para la regulación de poblaciones de plagas y para la polinización de sus cultivos.

Con el paso de los años, han logrado mantener la promoción de la actividad biológica dentro de su esquema productivo, haciendo de ésta un valor agregado del predio y de su producción.

La diversidad a varios niveles es lo que mayor promoción y visibilidad genera de la actividad biológica en el predio. Se observa a nivel de rubros, de familias, de especies e intraespecífica.

La rotación de cultivos es un aspecto para mejorar para asegurar una secuencia de cultivos estable que responda a los períodos necesarios de separación entre un mismo cultivo y su siguiente aparición en el cuadro/invernáculo. Esto promovería a la comunidad biótica presente y aportaría al balance regulatorio de la misma, que reduciría los impactos de las plagas y enfermedades que puedan aparecer en los cultivos.

El uso de pesticidas sintéticos es nulo, aspecto muy positivo del predio. La permanencia y facilidad para la generación de resistencia de los principios activos de estos pesticidas son aspectos que van en desmedro de la autorregulación de las comunidades bióticas. En cambio, se utilizan pesticidas orgánicos, que tienen un efecto más generalista que reduce la población de muchas poblaciones (plagas y benéficas), pero cuya permanencia en el ambiente es reducida y poseen menor posibilidad de generar resistencia por parte de las especies plaga. A su vez, la utilización es regularmente bajo condiciones ambientales predisponentes para las poblaciones plaga, por lo que su uso es limitado.

Los problemas de plagas y enfermedades, tanto en distribución como en intensidad son de bajo a medio impacto. En condiciones óptimas para propagarse se suceden apariciones explosivas de plagas (e.g. oídio en tomate con alta intensidad de lluvia en un corto período de tiempo, temperaturas y humedad altas en pico productivo). En estas situaciones, los productores aplican pesticidas que permitan controlar la aparición. También se dan problemas de enfermedades de suelo (nemátodos, *Fusarium sp.*) de forma muy puntual que no generan pérdidas relevantes de rendimiento. A pesar de su baja incidencia, sería beneficioso que se realice una planificación de manejo para evitar que la misma aumente.

La vegetación cultivada y no cultivada mantienen una alta diversidad. Esto se manifiesta en la proporción de áreas seminaturales que se identificaron, equivalente al 20% de la superficie total del predio. Si tomamos como base el área cultivada, las áreas seminaturales ocupan una superficie igual al 60% del total de dicha área. Al inicio, la vegetación se presentaba en zonas aisladas, mientras que en los últimos años comenzaron a priorizar también en el manejo de los corredores en torno a los cuadros de cultivos e invernáculos. En algunas áreas más amplias se implantaron islas o corredores con pequeños árboles o arbustos. Estas acciones recientes muestran la emergente importancia que tienen para los productores, que valoran estos espacios de vegetación no cultivada como zonas de refugio para las poblaciones benéficas mencionadas anteriormente.

La diversidad en las unidades productivas muestra dos escenarios contrapuestos. En invernáculos el área en policultivos corresponde a un 69,3% del área sembrada, mientras que en cultivos a campo es notoriamente menor, llegando únicamente a 26,6%. El policultivo realizado invernáculo en los cultivos estivales es únicamente con especies florales, mientras que a campo el policultivo más frecuente es de dos especies, que generalmente presentan manejos similares.

Si bien una buena proporción de los cultivos protegidos se realiza en policultivo, se podría mejorar la elección de las combinaciones. Evaluar estructuras de policultivo más diversas que no impliquen un problema de manejo y/o planificación; ni tampoco necesidad de mano de obra extra para realizarlo podría ser una solución que mejore este aspecto.

A campo, mejorar la estructura de los policultivos es un desafío. A su vez, el manejo y control de las malezas ya es un desafío, siendo un área que en el ejercicio se evidenció una menor atención y por tanto mayor afectación en los cultivos (principalmente a campo). La adecuación de las labores con herramientas y la carga de mano de obra adicional que se debería destinar para diagramar y hacer un correcto manejo es el aspecto más complejo por solucionar para mejorar la diversidad en los cuadros sin aumentar el riesgo de perder rendimiento y hasta cuadros de cultivos por las malezas.

#### 4.2.1.4. CICLOS HIDROLÓGICOS

El riego y la disponibilidad del agua para realizarlo son de suma importancia para el correcto funcionamiento del predio.

El sistema de irrigación es por goteo, el cual tiene elevada eficiencia, ya que localiza el agua en el lugar más cercano al que lo requiere el cultivo y evita que el recurso se pierda. El mismo cuenta con infraestructura suficiente para ser instalado en toda el área cultivada regable, no siendo esto un aspecto limitante.

La fuente de agua para riego no ha evidenciado problemas de gravedad relacionados al volumen requerido por el sistema para regar. Sin embargo, la calidad del agua disponible no es ideal para la actividad hortícola, ya que su alto contenido salino es perjudicial para los cultivos y para el sistema de irrigación, por el riesgo de obturación de las cintas de riego. Por esto, son realizadas frecuentes neutralizaciones con el objetivo de bajar su alto pH. Debido a que el agua de la zona se caracteriza por tener estas condiciones, es un aspecto al que los productores deben adaptarse y manejar para utilizar el agua para sus cultivos.

En términos cuantitativos, el riego permite cubrir 8,7 ha del total de 21 ha cultivables, cubriendo lo esencial, que es la totalidad del área protegida y algunos cuadros a campo. Si se evaluara el aumento del área regada con la consecuente adquisición de estructura para riego, se tendría que evaluar si la fuente de agua puede soportar un mayor volumen de extracción sin comprometer el recurso hídrico a corto, mediano y largo plazo.
El riego en la producción protegida es en donde los productores han asegurado la máxima disponibilidad, cubriendo el 100% del área con riego localizado todo el año; cubriendo las demandas de todos los cultivos.

A campo, el área regada sobre la cultivada es notoriamente menor (35%), por lo que el riego toma un rol más estratégico. Esto permite asegurar mayor rendimiento en algunos cultivos, pero la disponibilidad de agua continúa siendo escasa. Hacer un uso eficiente del agua puede mejorar la eficiencia general de la producción a campo, alcanzando mejores rendimientos. Esto implicaría ajustar el área cultivada a este recurso y realizar las tareas operativas a tiempo.

Un aspecto beneficioso del sistema son los suelos y su manejo. Las texturas y contenido de carbono de los suelos presentes muestran una buena capacidad de retención de agua, que permiten abastecer a los cultivos en los períodos sin riego ni precipitaciones.

El manejo del suelo es muy beneficioso para que el mismo mantenga sus propiedades físicas, ayudando a retener el agua en el suelo. Tanto en invernáculos como a campo, el aporte de carbono y materia orgánica en estructuras estables permite que el suelo logre retener mayor volumen de agua con el paso de los años. El elemento por mejorar en el predio, principalmente en la producción a campo, es la cobertura de suelo. La reducción del uso de pasturas de varios años y la mantención del suelo cubierto ha provocado que haya menor retención de agua por parte del cultivo de cobertura. Esto sumado a las pérdidas de cuadros enteros, provoca que el suelo quede descubierto antes de lo previsto, aumentando las pérdidas por evaporación directa, la reducción del aprovechamiento del agua de lluvia por infiltración y aumentando el escurrimiento.

### 4.2.1.5. FLUJO DE ENERGÍA

Los rendimientos de los cultivos y la cobertura verde del suelo durante el año son aspectos importantes del flujo de energía en el sistema, ya que determinan la interceptación de la energía solar, lo que permite que los insumos y recursos se asignen principalmente a los cultivos.

Considerando únicamente a la horticultura, la productividad total del sistema, es decir, el volumen total de alimentos producidos fue 416.812 kg de alimento/año. Esto se traduce a 23.244 kg de alimento/ha cultivada.año$^{-1}$, o 7.443 kg de alimento/ha predial.año$^{-1}$.

A nivel de cultivo, el rendimiento del tomate, lechuga y repollo son buenos. Para el tomate, en el rendimiento se consideran todos los ciclos realizados (en donde predominan los ciclos largos e intermedios) y todas las variedades (9 en total). Para el zapallo, el rendimiento es bajo (Tabla 28). El bajo rendimientos están asociados a retrasos en las tareas de instalación, mantenimiento y control de malezas, además de no contar con riego para toda el área sembrada. Debido a estos problemas, en algunos casos se han abandonado cultivos, perdiendo cuadros enteros que no se cosechan.

**Tabla 28.**

*Área sembrada, producción total y rendimientos para los cultivos principales*

| Cultivo | Superficie (ha) | Producción (t) | Rendimiento (t/ha) | Rendimiento alcanzable (t/ha) |
|---|---|---|---|---|
| Tomate | 1,1 | 153,3 | 146,0 | 200,3[1] |
| Lechuga | 1,1 | 29,8 | 27,5 | 30,6[2] |
| Repollo | 1,1 | 36,5 | 32,5 | 36,0[3] |
| Zapallo | 5,0 | 25,1 | 5,0 | 23,1[4] |

*Nota*. [1]Tomado de Dogliotti et al. (2021). Rendimiento alcanzable = 26.16 / (1 + (7.81 * $e^{(-0.0036 * PARint\ acumulada)}$). [2]En base a una densidad de 8 plantas/m², 0,45 kg/planta y una pérdida de 15%. [3]En base a una densidad de 16.000 plantas/ha y peso promedio de unidad de 2,25 kg. [4]En base a una densidad de 2264 plantas/ha, 6 zapallos/planta y peso promedio de unidad de 1,7 kg.

Los bajos rendimientos muestran que la eficiencia productiva del predio tiene un margen de mejora. Es de interés para los productores poder producir mayor volumen de alimentos, reducir inestabilidades en cantidad y calidad, cubriendo los requerimientos que cada canal comercial exige. Por tanto, es un problema que los productores deben priorizar para alcanzar estos objetivos.

Los rendimientos globales distan a los alcanzables en base a la planificación. La escala del predio y los precios de venta sirven como elemento paliativo para este punto, en el que el bajo rendimiento de los cultivos es compensado con la cantidad de área cultivada. Sin embargo, la relación de insumos/productos cosechados debería analizarse en mayor profundidad, por los impactos futuros en la economía del predio (si los precios dejan de ser ventajosos), en el ambiente, en la organización y carga de trabajo.

Por otro lado, la mejora permitiría contar con área para realizar otro tipo de prácticas no habituales, como la solarización o inclusión de abonos verdes en invernáculos, y mejorar las rotaciones y manejo a campo.

Además de la eficiencia productiva de los distintos cultivos, la eficiencia de captación de energía del sistema es mejorable. El área cosechada evidencia las pérdidas de cultivos a campo, que provocaron la reducción de la cobertura y de la canopia disponible para captar radiación.

La utilización de praderas y abonos verdes en menor medida es un aspecto destacable para asegurar la captación de energía. Sin embargo, la escasez de planificación de los cuadros a campo, la mano de obra finita junto a la demanda de mano de obra de los cultivos protegidos en ciertos momentos del año, hacen que los requerimientos de los cultivos de cobertura no sean priorizados. Esto ha provocado que se haya reducido y se continúe proyectando la reducción del área con cultivos de cobertura, dejando únicamente sembrada el área que es insumo para la ganadería.

Esta desvalorización ha provocado la invisibilización de aspectos muy relevantes que tienen los cultivos de cobertura en los sistemas hortícolas, y aún más en los agroecológicos: la fijación de carbono y nutrientes, la reducción de la erosión y mantenimiento de la estructura del suelo, la retención de agua, su rol como agente que colabora con la autorregulación de la comunidad biótica, y su fijación de energía. Estos aspectos son los que los productores deben comenzar a tener en cuenta para poder definir una inserción estructurada de la cobertura del suelo en su planificación de rotación/secuencia de uso del suelo, mano de obra e insumos.

#### 4.2.1.6. SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL

La vinculación a organizaciones es un aspecto muy importante para el sistema desde sus inicios productivos. La participación y trayectoria de grupalidad de los productores en Punto Verde y la Red de Agroecología los inserta en redes de información, promoción y conocimiento de la producción orgánica, al punto de ser uno de los referentes de la producción orgánica del sur del país. Además, con su vínculo con instituciones educativas, accede a información académica (muchas veces generada con información del propio sistema) y colabora con la formación inicial de su comunidad zonal. Otro aspecto positivo es la vinculación comercial muy diversa que tiene. El sistema interactúa con muchos intermediarios y clientes directos en diversos canales.

A pesar de lo anterior, el predio tiene una dependencia muy alta de un canal comercial (hipermercado), y plantea un escenario contradictorio para los productores. Por un lado, el canal ofrece mayor estabilidad en demanda durante el año y mejores precios que canales más tradicionales. La comercialización a través del hipermercado (que son los registros con los que se contó) tuvo una relación entre el precio obtenido y el precio de referencia (UAM) de 1,56. Por otro lado, la desventaja de esta dependencia es el bajo poder de control sobre la demanda y los precios de venta. La lógica capitalista de este canal ha provocado que en los últimos años se produzcan cambios en la relación comercial que presiona a seguir produciendo grandes volúmenes, manteniendo la

calidad, con menores ganancias, y sin certezas de que el canal no cambie de proveedor sin previo aviso. Esto hace al sistema mucho más vulnerable a cambios que pueda realizar dicho canal.

Esto continúa siendo un punto que resolver para el predio de cara a su sostenibilidad a futuro, y ha llevado a replantear la lógica comercial del predio. Los productores han buscado vincularse con agentes más equitativos en los que la alta cantidad de alimentos orgánicos de buena calidad que se producen tienen un valor más justo (a criterio de los productores).

En esta misma lógica, han comenzado proyectos que aporten a la independencia de insumos extraprediales como el proyecto de creación de un vivero propio. Para los insumos extraprediales de los que no pueden independizarse, buscan utilizar insumos locales como sucede para el caso de las enmiendas, semillas y plantines.

Por tanto, el predio -dentro de sus posibilidades- genera y promueve vínculos lo más justos posibles con sus proveedores, y principalmente, con sus consumidores. La producción orgánica es atractiva para el consumidor y los productores avanzan hacia darle al consumidor un producto de la mejor calidad posible con los valores agregados de una producción más sostenible, con precios más justos y con menos intermediarios.

El predio tiene un gran valor agregado, y es el número de personas que potencialmente provee o alimenta de forma diaria. Considerando una ingesta diaria de frutas y verduras de 0,4 kg según lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1990), el sistema podría proveer a 2.855 personas/año.

Al cierre del ejercicio, el ingreso familiar y el de capital propio fueron buenos. El ingreso neto mensual por núcleo familiar fue de $262.934 (considerando los tres núcleos representados por los tres hermanos), siendo 14,9 veces superior al ingreso medio de hogares para zonas rurales (Instituto Nacional de Estadísticas [INE], 2019). El ingreso neto familiar por hora de trabajo familiar fue de $650, mientras que la productividad del trabajo fue de $320, 2,67 veces superior al costo del jornal de mano de obra para ese año, correspondiente a $120.

La relación entre costos totales y producto bruto fue muy buena, indicador de lo positivo en términos económicos que fue el ejercicio para los productores, superando ampliamente sus costos productivos y generando una ganancia del 33%.

Al momento de la evaluación de este predio, los productores comenzaron un proceso de inclusión de miembros de la familia a las tareas prediales de forma paulatina. Esto implicó que tres miembros de la familia (los tres hijos de Daniel) formen parte de la mano de obra del predio, siendo un 40% de la mano de obra familiar del predio. En términos de sucesión, es un muy buen indicador del futuro del predio.

En el ejercicio, se dedicaron un total de 5200 jornales en el predio, número que para la escala del predio tiene lógica, pero es elevado para el rubro hortícola. La carga de trabajo por hectárea total es relativamente baja ya que solo un 37% del área total es cultivable. Por tanto, el número de trabajadores por hectárea sembrada (0,97 equivalente hombre/ha sembrada) es más representativo de la realidad del predio, evidenciando la

carga de trabajo promedio que se genera por la enorme cantidad de rubros que se produce y la considerable área cultivada. Sería importante contar con las horas dedicadas a cada tipo de producción para lograr tener una imagen certera de las diferencias entre la producción a campo y protegida. Esta última es más intensa en el uso de mano de obra y, por tanto, el valor de EH/ha puede estar diluido producto de la menor carga de trabajo que implica la producción a campo.

La mano de obra familiar representó un 35% de la mano de obra del predio. Este valor es un muy buen indicador, ya que a nivel general indicó que la familia no trabajó en exceso. Este indicador no es del todo fiable, ya que no refleja la distribución de carga de trabajo entre los miembros de la familia ni la relevancia de las tareas que realizan con la consecuente presión y desgaste que puede generar cada tarea.

En el caso de los productores, tienen una responsabilidad mayor en gestión y producción que hace recaer mayor carga de trabajo y presión en ellos. En el caso de Daniel, la multiplicidad de tareas de distinta índole en la que su función es esencial para el correcto funcionamiento diario del sistema es un ejemplo de cómo este es muy dependiente de pocas personas. Poco pueden permitirse en términos de ausencias no planificadas (ej. enfermedad) debido a esto. Este panorama se ha dado desde los comienzos del predio, pero con la inclusión de nuevos integrantes de la familia, se espera que la responsabilidad se distribuya. En predios de menor escala es esperable esta dependencia, pero para este sistema es algo que podría distribuirse de mejor forma y reducir la dependencia a los tres productores.

La mano de obra asalariada involucra mayormente a trabajadores permanentes que en su mayoría tienen una trayectoria de varios años en el predio. Los productores se enfocan en poder cumplir con los derechos que tienen los trabajadores, y esto se ha visto valorado dada la alta permanencia de estos en su trabajo. El 81% de los trabajadores son permanentes, siendo una muestra de la estabilidad laboral que tiene el predio, dada la enorme cantidad de tareas a realizar, la no estacionalidad de la producción y la intención de tener una mano de obra calificada y con conocimiento de los requerimientos específicos que tiene el predio.

El predio cuenta con un 70% de sus trabajadores con beneficios sociales, siendo este valor elevado para la realidad agrícola del país, aunque continúa estando lejos de lo ideal, que es tener al 100% de los trabajadores con beneficios sociales.

La equidad intrafamiliar en la toma de decisiones es media (0,6). Si se mira en detalle, el 60% de los integrantes de la familia son los productores, y los restantes sus hijos. Por tanto, este indicador muestra que las decisiones actuales se toman de forma igualitaria entre los tres hermanos. Ellos toman las decisiones de mediano y largo plazo en el predio, y la división de las ganancias es igualitaria. Por esto, la toma de decisiones es equitativa y a futuro, es probable que se comience a incluir a algunos de los hijos en la toma de decisiones (principalmente el hijo mayor, con proyección a comenzar a producir en el predio mientras termina su carrera universitaria relacionada a la producción hortícola).

#### 4.2.2. SÍNTESIS DEL DIAGNÓSTICO

El desempeño del sistema en varios procesos demostró en términos generales ser bueno. Los puntos fuertes son los procesos socioeconómicos, hidrológicos, regulación biótica, y ciclo de carbono. Los procesos con mayor margen de mejora son los de ciclo de nutrientes y flujo energético. Estos procesos ecológicos fueron elegidos debido a que son los que más limitantes tienen de cara a mantener la sostenibilidad del sistema de acuerdo con el diagnóstico, y son los que a los productores más les interesa enfocarse en mejorar.

### 4.3. PROPUESTAS DE REDISEÑO

#### 4.3.1. ESTRATEGIA Y OBJETIVOS

Los objetivos y la estrategia de las propuestas se acordaron previamente con los productores. Además de centrarse en los procesos mencionados anteriormente, se definió que los objetivos fuesen mantener el ingreso familiar al momento del estudio, consolidar la participación de las nuevas generaciones en el predio, y reducir el impacto ambiental y social de sus actividades.

En base a estos objetivos, las estrategias de rediseño fueron:

i. Redefinir el plan de producción buscando estabilizar y reordenar la superficie cultivada, reduciendo las superficies de cultivo, en particular en cultivos a campo, manteniendo o aumentando la producción.

ii. Planificar rotaciones de cultivos centradas en mantener un equilibrio positivo del COS, pero reduciendo y cambiando los tipos de enmiendas orgánicas para evitar riesgos de plagas y enfermedades, reducir la sobrefertilización de nutrientes (en particular en invernáculos) y controlar las malezas a campo.

iii. Definir áreas seminaturales no cultivadas para preservar; diseñar y planificar el manejo de franjas de vegetación entre campos e invernaderos.

Se diseñaron dos propuestas que abarcan las tres estrategias de rediseño: estructuración de rotaciones para cultivos a campo e invernáculos, con ajustes en los aportes de nutrientes y carbono; y establecimiento de corredores de vegetación no cultivada. La primera propuesta abarca de forma completa las dos primeras estrategias, mientras que la segunda se enfoca en dar forma a la tercera estrategia.

#### 4.3.2. DEFINICIÓN DEL PLAN DE PRODUCCIÓN, ORDENAMIENTO DE LA SUPERFICIE CULTIVADA Y ROTACIONES

##### 4.3.2.1. PLAN DE PRODUCCIÓN

El plan de producción se definió conjuntamente con los productores. Se acordaron qué rubros y en qué área y ubicación se irían a sembrar. Tal como se mencionó en la caracterización, se adquirieron 21 ha durante el proceso de caracterización del sistema. Es de interés de los productores que esa área se utilice para la horticultura a campo,

tanto por ser campos productivamente nuevos para ellos, como por su cercanía a la zona de invernáculos, y planean darle la responsabilidad del manejo de esos cultivos a uno de los hijos de Daniel. Debido a esto, se acordó con los productores delimitar una nueva área hortícola (Figura 8), que incluya la nueva área y que los cuadros más alejados de la zona de invernáculos se desafecten de la producción hortícola.

**Figura 8.**

*Nueva distribución de zonas productivas del sistema predial*

*Nota.* Zonas 1, 2 y 3 son las áreas definidas para la actividad hortícola. Áreas destinadas para horticultura en azul; en rojo: área recientemente adquirida (zonas 2 y 3). Zonas 4 y 5: desafectadas para horticultura. Adaptado de Google (2023).

Dentro de la discusión realizada con los productores para la construcción del plan, ellos indicaron que deseaban integrar nuevos rubros a la producción. Dichos rubros fueron ajo, frutilla, boniato, sandía, papa, zanahoria y puerro. Además, se propuso integrar abonos verdes de verano y de invierno, además de nuevas pasturas. A su vez, planifican contar con instalación para riego en toda el área nueva para horticultura a campo. En la fracción cercana a los invernáculos, se tomará agua de la misma fuente, mientras que, para el área más alejada, desde una nueva toma del mismo curso de agua.

Con los acuerdos definidos, se construyó el plan de producción para la producción a campo (Tabla 29) y para invernáculos (Tabla 30).

Para la horticultura a campo, se destinará un área cultivable hortícola de 7,2 ha y un área sembrada anual de 8,0 ha. Si se considera el área de praderas y abonos verdes que

forman parte de la rotación, el área cultivable asciende a 12,4 ha, mientras que la sembrada anual a 18,6 ha.

La intensidad de uso de suelo hortícola sin pasturas se reduce de 2,2 a 1,8 cultivos/año. Con pasturas, se reduce a 1,5 cultivos/año.

**Tabla 29.**

*Plan de producción para cuadros a campo*

| Cultivo | Área anual (m²) | Siembra | Cosecha | Rendimiento (t/ha) | Producción esperada (t) |
|---|---|---|---|---|---|
| Melón | 2.000 | Noviembre | Febrero | 20[1] | 4,0 |
| Sandía | 2.000 | Noviembre | Marzo | 20[1] | 4,0 |
| Ajo | 2.500 | Abril | Diciembre | 9[1] (163.000 cabezas) | 2,3 (42.000 cabezas) |
| Boniato | 11.400 | Octubre | Abril | 42[2] | 47,9 |
| Zapallo | 11.400 | Octubre | Mayo | 23[1] | 26,2 |
| Calabacín | 11.400 | Enero | Abril | 23[1] | 26,2 |
| Crucíferas | 11.400 | Ene - Mar - Jul | May - Set - Dic | 18[1] | 20,5 |
| Papa | 7.600 | Ene - Ago | Abr - Dic | 25[3] | 19,0 |
| Zapallito | 3.000 | Noviembre | Marzo | 25[1] | 7,5 |
| Zucchini | 3.000 | Noviembre | Marzo | 25[1] | 7,5 |
| Puerro | 1.500 | Mayo | Diciembre | 15[1] | 2,3 |
| Remolacha | 1.500 | Abril | Diciembre | 20[1] | 3,0 |
| Cebolla | 5.100 | Jun - Jul | Diciembre | 35[2] | 17,9 |
| Kale | 3.000 | Marzo | Enero | 7[6] | 2,1 |
| Frutilla | 1.500 | Febrero | Diciembre | 35[4] | 5,3 |
| Zanahoria | 1.500 | Febrero | Febrero | 18[5] | 2,7 |
| Avena y vicia | 31.800 | Mayo | Septiembre | - | - |
| Sudangrass | 3.000 | Nov - Ene | Junio | - | - |
| Moha | 7.600 | Enero | Abril | - | - |
| Festuca | 28.500 | Marzo | Noviembre | - | - |
| Alfalfa | 28.500 | Marzo | Noviembre | - | - |
| Trigo | 6.800 | Julio | Noviembre | - | - |
| Total | 186.000 | | | | 198,2 |

*Nota*. [1]Estimación en base a densidad planificada y producción por planta. [2]Tomado de Dogliotti et al. (2021). [3]P. Colnago (comunicación personal, junio, 2023). Datos promedios zafra 2021. [4]Tomado de Scarlato et al. (2017). [5]M. García (comunicación personal, 2023). [6]Tomado de Logegaray et al. (2018).

En la producción protegida, el área cultivable hortícola a destinar son 2,1 ha, y un área sembrada anual hortícola de 3,6 ha si no se consideran los abonos verdes planificados

en la rotación. Considerándolos, el área sembrada anual aumenta a 4,8 ha. La frecuencia de cultivos se mantiene sin modificaciones (3,4 cultivos/año).

**Tabla 30.**

*Plan de producción para invernáculos*

| Cultivo | Área anual (m²) | Siembra | Cosecha | Rendimiento (t/ha) | Prod. esperada (t) |
|---|---|---|---|---|---|
| Tomate Otoño | 2.250 | Febrero | Abr - Jul | 120[1] | 27,0 |
| Abono verde | 12.000 | Mar - Set | - | - | |
| Chaucha | 750 | Setiembre | Nov - Feb | 25[2] | 1,9 |
| Tomate primavera | 6.000 | Setiembre | Nov - Feb | 180[1] | 108,0 |
| Crucíferas | 3.000 | Abril | Jun -Jul | 18[2] | 5,4 |
| Berenjena | 1.500 | Octubre | Ene - May | 18[2] | 12,0 |
| Morrón | 1.500 | Octubre | Dic -May | 78[3] | 11,7 |
| Zapallito de tronco | 1.500 | Septiembre | Nov - Dic | 25[2] | 3,8 |
| Zucchini | 1.500 | Septiembre | Nov - Dic | 25[2] | 3,8 |
| Tomate verano | 3.000 | Octubre | Ene - Mar | 210[1] | 63,0 |
| Hojas | 15.000 | Todo el año | Todo el año | 19[2] | 28,5 |
| Total | 48.000 | | | | 265,0 |

*Nota*. [1]Tomado de Dogliotti et al. (2021). [2]Estimación en base a densidad planificada y producción por planta. [3]Tomado de González Arcos et al. (2011).

#### 4.3.2.2. ROTACIONES PLANIFICADAS Y CRITERIOS

Con esta propuesta se busca establecer secuencias de uso de suelo que responda a lo que los productores desean producir, en un área que puedan manejar con los recursos existentes. Dentro de las consideraciones tomadas para la construcción de estas, se tuvo presente la separación temporal entre un mismo cultivo para evitar la permanencia de patógenos en el suelo, la inclusión de praderas y abonos verdes en tanto sea posible para dar descanso al suelo y que sirvan como aporte de carbono. Dada la dinámica productiva de los distintos grupos de cultivos se definieron una rotación para cultivos a campo más intensivos (Rotación 1), dos rotaciones para cultivos a campo más extensivos (Rotación 2 y 3), y una rotación para invernáculos (Rotación 4). Asimismo, se definieron tres zonas en las que se desarrollarán las mismas (Figura 9).

**Figura 9.**

*Zonas en las que se desarrollan las rotaciones a campo*

*Nota.* A: zona en la que se desarrolla la rotación 1 “Intensiva”, y B y C: zonas en las que simultáneamente se desarrollan las rotaciones 2 y 3. Adaptado de Google (2023).

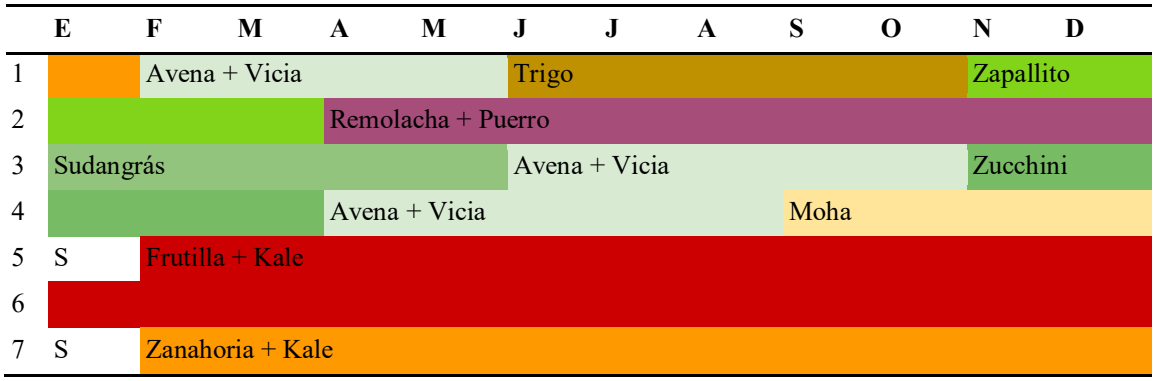
La primera rotación, denominada “Intensiva”, incluye a los cultivos de zapallito, remolacha, puerro, zucchini, frutilla, kale y zanahoria; y tiene una duración de siete años (Figura 10). Los bloques de rotación tienen un área promedio de 0,3 ha, por esto algunos cultivos se siembran conjuntamente con otros debido a que el área planificada es menor a la de un bloque de rotación. Esto sucede para la remolacha y el puerro; y a la frutilla y zanahoria con el kale.

Para los cultivos de frutilla y zanahoria, se planificó una solarización antes de la instalación del cultivo.

Dadas las limitaciones de área disponibles para el plan de producción, esta rotación no cuenta con pasturas, pero sí se incluyeron abonos verdes de verano y de invierno, con 3 períodos de 9 meses en los que exclusivamente hay abonos verdes en la secuencia. Los abonos verdes incluidos fueron avena y vicia, trigo, moha y sudangrás.

**Figura 10.**

*Secuencia anual de un bloque de rotación para la rotación de "campo intensiva"*




*Nota*. S: Solarización

Las dos rotaciones restantes son similares entre sí, y su diseño responde al solapamiento de cultivos en mismas épocas del año y a la diferencia de área planificada en el plan de producción (Figuras 11 y 12). La rotación 2 incluye a los cultivos de crucíferas de ciclo intermedio, boniato, zapallo, calabacín, melón y sandía. Para el caso de la rotación 3, se incluyen las crucíferas precoces y las de ciclo largo, papa (tanto de otoño como de primavera), cebollas tardía y temprana, y ajo. Ambas rotaciones comparten en común al boniato, al zapallo y al calabacín. Ambas tienen una duración de nueve años, y los bloques de rotación para la rotación 2 son de 0,38 ha, mientras que para la 3, son de 0,76 ha. Los cultivos hortícolas abarcan cuatro años de la secuencia, mientras que los cinco restantes para praderas de alfalfa y festuca. Además, se incluyen abonos de verdes de avena y vicia (en ambas rotaciones), trigo (rotación 2) y moha (rotación 3).

**Figura 11.**

*Secuencia anual de un bloque de rotación para la rotación 2*

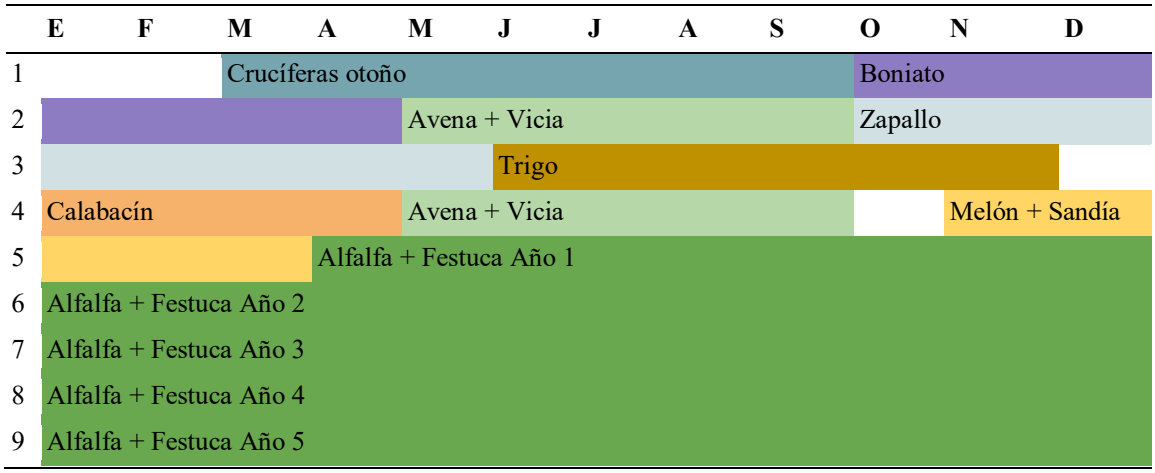


**Figura 12.**

*Secuencia anual de un bloque de rotación para la rotación 3*

| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Crucíferas verano & papa otoño | | | | | | Avena + Vicia | | | Boniato | | |
| 2 | | | | | Avena + Vicia | | | | | Zapallo | | |
| 3 | | | | | | Crucíferas invierno + Papa primavera | | | | | | |
| 4 | Moha | | | Cebolla tardía y temprana + Ajo | | | | | | | | |
| 5 | Calabacín | | | | Alfalfa + Festuca Año 1 | | | | | | | |
| 6 | Alfalfa + Festuca Año 2 | | | | | | | | | | | |
| 7 | Alfalfa + Festuca Año 3 | | | | | | | | | | | |
| 8 | Alfalfa + Festuca Año 4 | | | | | | | | | | | |
| 9 | Alfalfa + Festuca Año 5 | | | | | | | | | | | |

Para la producción protegida, se definió una única rotación (Figura 13), con una duración de siete años. Los bloques de rotación de aproximadamente 3000 $m^2$, conformados por cuatro invernáculos (área promedio 750 $m^2$), y los cultivos que abarca son tomate (con ciclos de primavera, otoño y verano), berenjena, cultivos del grupo hojas, zapallito, zucchini, morrón y chaucha.

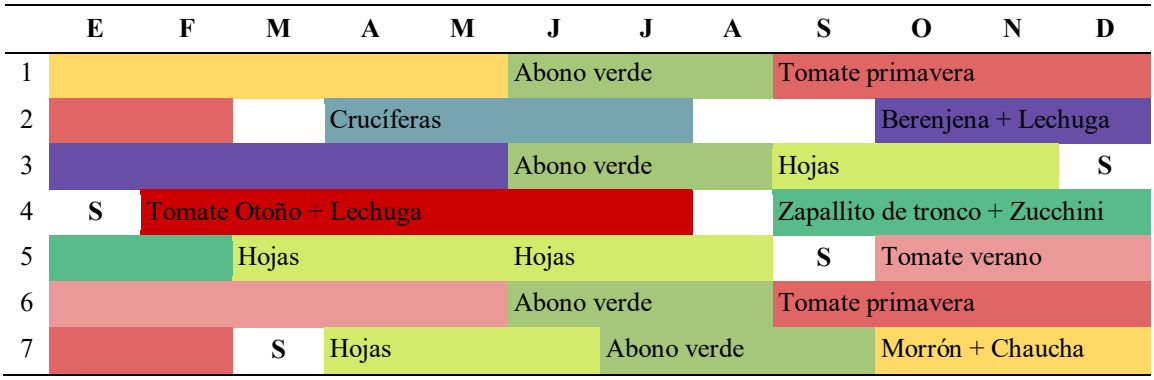
Al igual que en el caso de las rotaciones anteriores, por la diferencia en el área planificada para cada cultivo, algunos de ellos se sembrarán conjuntamente en el mismo bloque, como es el caso de la berenjena y el tomate con la lechuga (para este último, ambos cultivos solo compartirán dos de los cuatro invernáculos del bloque para ajustarse al área planificada del ciclo de otoño), el zapallito con el zucchini y el morrón con la chaucha.

En la rotación no se incluyen praderas, pero sí están planificados abonos verdes. Durante el período en el que están planificados la instalación de abonos verdes (junio a septiembre), se recomienda utilizar para ese fin a la avena (*Avena sativa*), trigo (*Triticum aestivum*), rábano forrajero (*Raphanus sativus*), o mostaza blanca (*Sinapsis alba L.*).

Para los cultivos de tomate, tanto de otoño como de verano, se realizará una solarización, que para el caso de tomate de verano será temprana, para tratar de reducir lo más posible la remanencia de patógenos del cultivo anterior. Para el caso del ciclo de primavera, la solarización se hará tardíamente luego del cultivo, dada la intensidad de uso de suelo con tomate durante los últimos años de la rotación.

**Figura 13.**

*Secuencia anual de un bloque de rotación para la rotación protegida*




*Nota*. S: Solarización

### 4.3.2.3. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

Los cultivos seleccionados y el área planificada responden al área planificada y discutida junto a los productores, de forma tal de cumplir con sus objetivos para el año (Tabla 31). Esto implicó reducir el área destinada a algunos cultivos (zapallo, hojas, melón) para hacer posible la inserción de nuevos cultivos (boniato, papa, sandía) sin comprometer la capacidad operativa actual y asegurar un manejo adecuado de todos los cultivos que permita alcanzar buenos rendimientos en todos.

Por otra parte, el número de bloques de rotación se ajusta al plan de producción destinando un número de bloques tal que permita cumplir con el área anual planificada. En todos los cultivos de las rotaciones 2 y 3 se cumple este criterio. Se presentan variaciones interanuales más marcadas en la rotación más intensiva, debido a la complejidad de los cuadros presentes y los bloques definidos, que genera una variación interanual del área sembrada respecto a la planificada para cada cultivo de hasta +3,8% del área planificada (rango entre -16,7% a +23%).

**Tabla 31.**

*Variación en área (Δ Área) y producción (Δ Prod.) resultantes de la propuesta de rediseño*

| Cultivo | Área 2018 (ha) | Nueva área (ha) | Δ Área (ha) | Prod. 2018 (t) | Prod. esperada (t) | Δ Prod. (t) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Melón | 1,4 | 0,2 | -1,2 | 19,9 | 4,0 | -15,9 |
| Sandía | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 4,0 | 4,0 |
| Ajo | 0,0 | 0,3 | 0,3 | 0,0 | 2,3 | 2,3 |
| Boniato | 0,0 | 1,1 | 1,1 | 0,0 | 47,9 | 47,9 |
| Zapallo | 5,0 | 1,1 | -3,9 | 22,8 | 26,2 | 3,4 |
| Calabacín | 0,9 | 1,1 | 0,3 | 18,9 | 26,2 | 7,3 |
| Crucíferas | 2,1 | 1,4 | -0,6 | 36,4 | 25,9 | -10,5 |
| Papa | 0,0 | 0,8 | 0,8 | 0,0 | 19,0 | 19,0 |
| Zapallito de tronco | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 8,9 | 11,3 | 2,3 |
| Zucchini | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 9,2 | 11,3 | 2,1 |
| Puerro | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 2,3 | 2,3 |
| Remolacha | 0,1 | 0,2 | 0,0 | 4,2 | 3,0 | -1,2 |
| Cebolla | 0,0 | 0,5 | 0,5 | 0,0 | 17,9 | 17,9 |
| Kale | 0,5 | 0,3 | -0,2 | 2,6 | 2,1 | -0,5 |
| Frutilla | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 5,3 | 5,3 |
| Zanahoria | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 2,7 | 2,7 |
| Tomate | 1,1 | 1,1 | 0,1 | 139,3 | 198,0 | 58,7 |
| Chaucha | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 11,3 | 1,9 | -9,4 |
| Berenjena | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 9,3 | 12,0 | 2,7 |
| Morrón | 0,3 | 0,2 | -0,2 | 13,6 | 11,7 | -1,9 |
| Hojas | 4,4 | 1,5 | -2,9 | 66,4 | 28,5 | -37,9 |
| Total | 16,3 | 11,6 | -4,8 | 362,9 | 463,2 | 100,3 |

La frecuencia de los cultivos en las rotaciones es en promedio de 0,18; sin embargo, las frecuencias de los cultivos de hojas y del tomate presentan dificultades que deben tenerse en cuenta (Tabla 32).

En el caso de los cultivos de hojas, la frecuencia es de 0,57 en la rotación de invernáculos. Al ser muchos cultivos los incluidos en el grupo de hojas (más de 10) es

imprescindible rotar dentro de los bloques designados. Para hacerlo, se pueden rotar los canteros en los que se coloquen los cultivos de forma de no repetir dentro del mismo cantero el mismo cultivo. Con esta medida, la frecuencia en la rotación no sería un inconveniente de manejo.

En el caso del tomate, la frecuencia es elevada debido a los múltiples ciclos (primavera, otoño y verano) presentes en la rotación y la alta demanda de sus canales comerciales. Para contrarrestar la alta frecuencia, se planificaron solarizaciones previas a los cultivos (exceptuando para uno de los cultivos de primavera que se realiza luego del cultivo), y la inclusión de abonos verdes de forma intercalada, y así no permitir una elevada permanencia de patógenos en el suelo.

**Tabla 32.**

*Máxima frecuencia en rotación para cada cultivo productivo*

| Cultivo | N° veces en rotación | Años rotación | Frecuencia |
|---|---|---|---|
| Melón | 1 | 9 | 0,11 |
| Sandía | 1 | 9 | 0,11 |
| Ajo | 1 | 9 | 0,11 |
| Boniato | 1 | 9 | 0,11 |
| Zapallo | 1 | 9 | 0,11 |
| Calabacín | 1 | 9 | 0,11 |
| Crucíferas | 2 | 9 | 0,22 |
| Papa | 2 | 9 | 0,22 |
| Zapallito a campo | 1 | 9 | 0,11 |
| Zucchini a campo | 1 | 9 | 0,11 |
| Puerro | 1 | 9 | 0,11 |
| Remolacha | 1 | 9 | 0,11 |
| Cebolla | 1 | 9 | 0,11 |
| Kale | 2 | 7 | 0,29 |
| Frutilla | 2 | 7 | 0,29 |
| Zanahoria | 1 | 7 | 0,14 |
| Tomate | 4 | 7 | 0,57 |
| Chaucha | 1 | 7 | 0,14 |
| Crucíferas | 1 | 7 | 0,14 |
| Berenjena | 1 | 7 | 0,14 |
| Morrón | 1 | 7 | 0,14 |
| Zapallito invernáculo | 1 | 7 | 0,14 |
| Zucchini invernáculo | 1 | 7 | 0,14 |
| Hojas | 4 | 7 | 0,57 |
| Promedio | 1 | 8 | 0,18 |

La duración de la rotación se definió en base al número máximo de bloques que permitiese la mejor distribución posible para el área cultivable que se acordó con el

productor. Además, se contempló la dificultad logística de mantener cuatro rotaciones muy extensas, por lo que el máximo de años definidos fue de siete años o nueve si la rotación contenía pasturas (Tabla 33).

**Tabla 33.**

*Duración y tamaño de bloques por rotación*

| Rotación | Duración (años) | Tamaño de bloques (m²) |
|---|---|---|
| 1 - Intensiva a campo | 7 | 3.000 |
| 2 - A campo | 9 | 3.800 |
| 3 - A campo | 9 | 7.600 |
| 4 - Invernáculos | 7 | 3.000 |

Uno de los objetivos de la implementación de rotaciones al predio es lograr reducir el área sembrada a campo, adquiriendo mayor control de la producción, reduciendo la pérdida de cultivos y lograr mejorar la planificación anual. Además, se buscó ordenar el área cultivable para que lo anteriormente mencionado sea operativamente más sencillo de lograr.

El área cultivable total (considerando todas las producciones y las áreas de pasturas y abonos verdes) se reduce en un 31% (21,0 ha a 14,5 ha) con la propuesta de rotación, mientras que el área sembrada anual en un 42% (40,2 ha a 23,4 ha).

La reducción anterior se justifica principalmente por la producción a campo, en la que se reducen en 6,4 ha el área cultivable (-34%) y el área sembrada anual en 17,3 ha (-48%) considerando el área de pasturas y abonos verdes. Si se desconsideran estas últimas, la reducción es de 40% y 37% (área cultivable y sembrada anual, respectivamente).

En la producción protegida, el área cultivable se reduce muy levemente (-3%, 0,5 ha producto de la desafectación de un invernáculo para el plan de producción), y el área sembrada aumenta un 11% (de 4,3 ha a 4,8 ha) producto de la inclusión de abonos verdes en la rotación. Si no se considerasen, el área sembrada anual se reduce en un 17% (0,7 ha)

Los aportes de nutrientes y carbono por parte de las enmiendas orgánicas se ajustaron para responder al plan de producción y a las rotaciones propuestas, tanto para invernáculos como para los cuadros a campo. Para ambas rotaciones, se continuarán utilizando las mismas enmiendas orgánicas (cama de gallina y compost), pero con diferencias en las cantidades utilizadas para cada una. En las rotaciones a campo, en la rotación 1 (intensiva) se aportan 9.500 kg MF/ha.año$^{-1}$ de compost y 3.500 kg MF/ha.año$^{-1}$ de cama de gallina, mientras que para las rotaciones 2 y 3, se aportan 5.000 kg MF/ha.año$^{-1}$ de compost y entre 1.500 y 2.000 kg MF/ha.año$^{-1}$ de cama de gallina (Tabla 34). La diferencia en los aportes de compost en la rotación 1 es la ausencia de praderas que dan un aporte de 6.480 kg de C/ha en la rotación (Anexo D) y a la mayor presencia de cultivos (siete cultivos en la rotación 1 y cuatro cultivos en las rotaciones 2 y 3).

Con estos aportes y las salidas estimadas de carbono, los balances de los cuadros a campo varían entre 2,6 y 11,3 kg de C/ha.año$^{-1}$. Estos valores permiten establecer un punto de equilibrio en el porcentaje de materia orgánica cercano al valor del análisis de suelo disponible a campo (5,0%) (Tabla 35).

Para los invernáculos, los aportes y proporciones entre enmiendas también fueron ajustadas. En todos los invernáculos el aporte de compost es de 20.000 kg MF/ha.año$^{-1}$ y 5.500 kg MF/ha.año$^{-1}$ de cama de gallina. Bajo estas condiciones, el balance anual de los invernáculos varía entre -561,2 y 973,2 kg de C/ha.año$^{-1}$. Estas diferencias radican en los contenidos de materia orgánica presentes en los análisis de suelo disponible. Los invernáculos con valores de MO > 6,0% tienen una alta cantidad de C respirado anualmente, por lo que mantener los valores del suelo en ese rango sería muy costoso en insumos, y no implicaría una mejora significativa que lo justifique. Por tanto, los ajustes en aportes se mantuvieron en un punto de equilibrio en el porcentaje de materia orgánica entre 5,5 y 5,8%. Por tanto, bajo esta lógica, los invernáculos con MO > 6% tendrán pérdidas de carbono y materia orgánica hasta llegar a dicho punto, en donde el balance se volverá neutral y las salidas dejarán de superar a las entradas de carbono.

**Tabla 34.**

*Entradas y salidas de carbono por tipo para las rotaciones definidas*

| | **1 - Intensiva a campo** | **2 - A campo** | **3 - A campo** | **4 - Invernáculos[2]** |
|---|---|---|---|---|
| **Entradas de C (kg)[1]** | | | | |
| Moha | 810 | 0 | 810 | 0 |
| Trigo | 912 | 912 | 0 | 0 |
| Sudangrass | 960 | 0 | 0 | 0 |
| Avena + Vicia | 1.728 | 1.152 | 1.152 | 1.920 |
| Alfalta + Festuca | 0 | 6.480 | 6.480 | 0 |
| Cama de gallina | 2.205 | 540 | 720 | 3.465 |
| Compost | 5.167 | 1.554 | 1.554 | 10.878 |
| Total Entradas | 11.782 | 10.638 | 10.716 | 16.263 |
| **Salidas de C (kg)** | | | | |
| Mineralización MO en fase de cultivos | 11.732 | 6.704 | 6.704 | 14.743 |
| Mineralización MO en fase de pasturas | 0 | 3.911 | 3.911 | 0 |
| Total Salidas | 11.732 | 10.615 | 10.615 | 14.743 |

*Nota.* [1]Estimadas como $Entradas\ (kg) = MSenmienda * Índice\ de\ Humificación\ (IH) * \%C\ en\ MSenmienda.$ Calculadas considerando todo el largo de rotación. [2]Para los invernáculos, se utilizó la mineralización promedio de la materia orgánica durante la fase de cultivos, siendo el rango de variación entre 9.451 y 20.192 kg/ha de C.

**Tabla 35.**

*Balance de carbono propuesto con las nuevas rotaciones*

| Referencia | Rotación | MO (%) | Kg C | Entradas totales de C (kg C/ha) | Salidas totales de C (kg C/ha) | Balance rotación (kg C/ha) | Balance anual (kg C/ha.año) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cuadro a campo | 1 | 5,0 | 55.866,2 | 11.685,8 | 11.731,9 | -46,1 | -6,6 |
| Cuadro a campo | 2 | 5,0 | 55.866,2 | 10.736,4 | 10.614,6 | 121,8 | 13,5 |
| Cuadro a campo | 3 | 5,0 | 55.866,2 | 10.634,4 | 10.614,6 | 19,8 | 2,2 |
| Inv. 35 | 4 | 5,0 | 58.526,2 | 16.263,0 | 14.338,9 | 1.924,1 | 274,9 |
| Inv. 33 | 4 | 6,3 | 74.062,2 | 16.263,0 | 18.145,2 | -1.882,2 | -268,9 |
| Inv. 17 | 4 | 6,6 | 82.414,9 | 16.263,0 | 20.191,7 | -3.928,7 | -561,2 |
| Inv. 02 | 4 | 5,3 | 57.834,9 | 16.263,0 | 14.169,6 | 2.093,4 | 299,1 |
| Inv. 42 | 4 | 4,7 | 49.641,4 | 16.263,0 | 12.162,1 | 4.100,9 | 585,8 |
| Inv. 28 | 4 | 4,0 | 38.574,9 | 16.263,0 | 9.450,9 | 6.812,1 | 973,2 |

Con los nuevos aportes de enmiendas orgánicas y el plan de producción, se evaluó el balance de nutrientes (Tabla 36, Anexo E y F). Para la producción a campo, los aportes de macronutrientes se mantienen muy cercanos a los valores de extracción de los cultivos, siendo para el N y P muy levemente positivo el balance (9 y 7 kg/ha respectivamente) y negativo para el K (-45 kg/ha). El principal factor que explica la alta extracción por sobre los aportes para este nutriente es la alta extracción del cultivo de boniato.

Para la producción en invernáculo, se replica la misma situación que para la producción a campo, pero siendo el balance de P más positivo (95 kg/ha) y más pronunciada la pérdida de K (-249 kg/ha). Esto se da por dos motivos: en los aportes la presencia de la cama de gallina es mayor (5.500 kg/ha), enmienda con alto contenido de P; y para el caso del K, la alta extracción del cultivo de tomate hace que los aportes no logren cubrir la demanda del cultivo.

**Tabla 36.**

*Balance global de nutrientes del sistema bajo la nueva estructura de aportes y extracción*

| | N | P | K |
|---|---|---|---|
| **A campo** | | | |
| Extracción (kg) | 418 | 195 | 586 |
| Aporte (kg) | 483 | 245 | 260 |
| Balance global (kg)[1] | 66 | 50 | -326 |
| Balance por ha (kg/ha)[2] | 9 | 7 | -45 |
| **Invernáculo** | | | |
| Extracción (kg) | 562 | 71 | 845 |
| Aporte (kg) | 575 | 281 | 298 |
| Balance global (kg)[1] | 13 | 210 | -546 |
| Balance por ha (kg/ha)[2] | 6 | 96 | -248 |
| **Sistema** | | | |
| Extracción (kg) | 979 | 266 | 1431 |
| Aporte (kg) | 1058 | 526 | 559 |
| Balance global (kg)[1] | 79 | 260 | -872 |
| Balance por ha (kg/ha)[2] | 8 | 28 | -93 |

*Nota*. [1]El balance global considera la totalidad del área sembrada en el año para los cultivos de invernáculo o a campo. Para el balance global del sistema, se considera el área total del sistema (56ha). [2]El balance por hectárea considera las hectáreas cultivables de invernáculos o a campo, mientras que, para el balance del sistema, se considera la sumatoria de ambas (9,4ha).

### 4.3.2.4. PLAN DE USO DE SUELO

Para cumplir con las rotaciones propuestas, se realizó el diseño espacial de las secuencias de cultivo y las subdivisiones de los cuadros anteriormente definidos por los productores, de forma que se ajusten a las rotaciones planificadas (Figura 16). Se definieron 39 cuadros producto de las nuevas áreas definidas para la producción (áreas 2 y 3, Figura 8) y por la división de cuadros grandes que, para el área de los bloques de rotación, no se ajustaban para cumplir la secuencia definida.

Los cuadros 111 y 110 se descartan de la producción por su utilidad para el diseño de espacios de vegetación espontánea y el cuadro 15 por su lejanía al área productiva que dificulta la operativa. Esta exclusión no afecta el plan de producción.

**Figura 14.**

*Nueva subdivisión de cuadros a campo y nueva enumeración de invernáculos*

*Nota*. Se añaden los cuadros de las nuevas fracciones a cultivar. Elaborado con base en Google (2023).

Con la nueva distribución de cuadros, se definió el uso de suelo para cada año de las rotaciones a campo (Figuras 15 a 23).

**Figura 15.**

*Uso de suelo de cuadros a campo para el primer año de rotación*

*Nota*. ALF: Alfalfa y festuca; AVE: Avena y vicia; CAL: Calabacín; CRU: Crucíferas; FRU: Frutilla; MOH: Moha; PAP: Papa y crucíferas; REM: Remolacha y puerro; SUD: Sudangrass; TRI: Trigo; ZAN: Zanahoria. Elaborado con base en Google (2023).

**Figura 16.**

*Uso de suelo de cuadros a campo para el segundo año de rotación*

*Nota*. ALF: Alfalfa y festuca; AVE: Avena y vicia; BON: Boniato; CAL: Calabacín; CEB: Cebolla y ajo; CRU: Crucíferas; FRU: Frutilla; MEL: Melón y Sandía; MOH: Moha; PAP: Papa y crucíferas; SUD: Sudangrass; ZAN: Zanahoria; ZAP: Zapallo; ZTO: Zapallito de tronco; ZUC: Zucchini. Elaborado con base en Google (2023).

**Figura 17.**

*Uso de suelo de cuadros a campo para el tercer año de rotación*

*Nota*. ALF: Alfalfa y festuca; AVE: Avena y vicia; BON: Boniato; CAL: Calabacín; CEB: Cebolla y ajo; CRU: Crucíferas; FRU: Frutilla; MEL: Melón y Sandía; MOH: Moha; PAP: Papa y crucíferas; SUD: Sudangrass; ZAN: Zanahoria; ZAP: Zapallo; ZTO: Zapallito de tronco; ZUC: Zucchini. Elaborado con base en Google (2023).

**Figura 18.**

*Uso de suelo de cuadros a campo para el cuarto año de rotación*

*Nota*. ALF: Alfalfa y festuca; AVE: Avena y vicia; BON: Boniato; CAL: Calabacín; CEB: Cebolla y ajo; CRU: Crucíferas; FRU: Frutilla; MEL: Melón y Sandía; MOH: Moha; PAP: Papa y crucíferas; SUD: Sudangrass; ZAN: Zanahoria; ZAP: Zapallo; ZTO: Zapallito de tronco; ZUC: Zucchini. Elaborado con base en Google (2023).

**Figura 19.**

*Uso de suelo de cuadros a campo para el quinto año de rotación*

*Nota*. ALF: Alfalfa y festuca; AVE: Avena y vicia; BON: Boniato; CAL: Calabacín; CEB: Cebolla y ajo; CRU: Crucíferas; FRU: Frutilla; MEL: Melón y Sandía; MOH: Moha; PAP: Papa y crucíferas; SUD: Sudangrass; ZAN: Zanahoria; ZAP: Zapallo; ZTO: Zapallito de tronco; ZUC: Zucchini. Elaborado con base en Google (2023).

**Figura 20.**

*Uso de suelo de cuadros a campo para el sexto año de rotación*

*Nota*. ALF: Alfalfa y festuca; AVE: Avena y vicia; BON: Boniato; CAL: Calabacín; CEB: Cebolla y ajo; CRU: Crucíferas; FRU: Frutilla; MEL: Melón y Sandía; MOH: Moha; PAP: Papa y crucíferas; SUD: Sudangrass; ZAN: Zanahoria; ZAP: Zapallo; ZTO: Zapallito de tronco; ZUC: Zucchini. Elaborado con base en Google (2023).

**Figura 21.**

*Uso de suelo de cuadros a campo para el séptimo año de rotación*

*Nota*. La rotación 1, intensiva a campo, finaliza su secuencia. ALF: Alfalfa y festuca; AVE: Avena y vicia; BON: Boniato; CAL: Calabacín; CEB: Cebolla y ajo; CRU: Crucíferas; FRU: Frutilla; MEL: Melón y Sandía; MOH: Moha; PAP: Papa y crucíferas; SUD: Sudangrass; ZAN: Zanahoria; ZAP: Zapallo; ZTO: Zapallito de tronco; ZUC: Zucchini. Elaborado con base en Google (2023).

**Figura 22.**

*Uso de suelo de cuadros a campo para el octavo año de rotación*

*Nota*. La rotación 1, intensiva a campo, comienza nuevamente.ALF: Alfalfa y festuca; AVE: Avena y vicia; BON: Boniato; CAL: Calabacín; CEB: Cebolla y ajo; CRU: Crucíferas; FRU: Frutilla; MEL: Melón y Sandía; MOH: Moha; PAP: Papa y crucíferas; SUD: Sudangrass; ZAN: Zanahoria; ZAP: Zapallo; ZTO: Zapallito de tronco; ZUC: Zucchini. Elaborado con base en Google (2023).

**Figura 23.**

*Uso de suelo de cuadros a campo para el noveno año de rotación*

*Nota*. ALF: Alfalfa y festuca; AVE: Avena y vicia; BON: Boniato; CAL: Calabacín; CEB: Cebolla y ajo; CRU: Crucíferas; FRU: Frutilla; MEL: Melón y Sandía; MOH: Moha; PAP: Papa y crucíferas; SUD: Sudangrass; ZAN: Zanahoria; ZAP: Zapallo; ZTO: Zapallito de tronco; ZUC: Zucchini. Elaborado con base en Google (2023).

Asimismo, se definió el uso de suelo para cada año de la rotación de invernáculos (Figuras 24 a 30).

**Figura 24.**

*Uso de suelo de invernáculos para el primer año de rotación*

*Nota*. AV: Abono verde; CR: Crucíferas; HO: Hojas; TO: Tomate de otoño y lechuga; TP: Tomate de primavera. Elaborado con base en Google (2023).

**Figura 25.**

*Uso de suelo de invernáculos para el segundo año de rotación*

*Nota*. BE: Berenjena y lechuga; CR: Crucíferas; HO: Hojas; MC: Morrón y chaucha; TO: Tomate de otoño y lechuga; TV: Tomate de verano; ZZ: Zapallito y zucchini. Elaborado con base en Google (2023).

**Figura 26.**

*Uso de suelo de invernáculos para el tercer año de rotación*

*Nota*. BE: Berenjena y lechuga; CR: Crucíferas; HO: Hojas; MC: Morrón y chaucha; TO: Tomate de otoño y lechuga; TV: Tomate de verano; ZZ: Zapallito y zucchini. Elaborado con base en Google (2023).

**Figura 27.**

*Uso de suelo de invernáculos para el cuarto año de rotación*

*Nota*. BE: Berenjena y lechuga; CR: Crucíferas; HO: Hojas; MC: Morrón y chaucha; TO: Tomate de otoño y lechuga; TV: Tomate de verano; ZZ: Zapallito y zucchini. Elaborado con base en Google (2023).

**Figura 28.**

*Uso de suelo de invernáculos para el quinto año de rotación*

*Nota*. BE: Berenjena y lechuga; CR: Crucíferas; HO: Hojas; MC: Morrón y chaucha; TO: Tomate de otoño y lechuga; TV: Tomate de verano; ZZ: Zapallito y zucchini. Elaborado con base en Google (2023).

**Figura 29.**

*Uso de suelo de invernáculos para el sexto año de rotación*

*Nota*. BE: Berenjena y lechuga; CR: Crucíferas; HO: Hojas; MC: Morrón y chaucha; TO: Tomate de otoño y lechuga; TV: Tomate de verano; ZZ: Zapallito y zucchini. Elaborado con base en Google (2023).

**Figura 30.**

*Uso de suelo de invernáculos para el séptimo año de rotación*

*Nota*. BE: Berenjena y lechuga; CR: Crucíferas; HO: Hojas; MC: Morrón y chaucha; TO: Tomate de otoño y lechuga; TV: Tomate de verano; ZZ: Zapallito y zucchini. Elaborado con base en Google (2023).

#### 4.3.2.5. AJUSTES EN MANEJO

Dada la nueva estructura de rotaciones, es necesario el ajuste de fechas de siembra y la adición de algunas técnicas de manejo.

En la producción a campo, las pasturas de alfalfa y festuca deben ser sembradas entre abril y mayo para asegurar su correcta instalación. Luego, en función de la fecha de siembra del siguiente cultivo, debe ser retirada uno o dos meses antes.

Para el caso de los abonos verdes, deben ser instalados luego de retirado el cultivo anterior, luego de un laboreo, para asegurar el mayor tiempo de duración del cultivo y una segura competencia frente a las malezas.

Para los cultivos de frutilla y zanahoria, debe realizarse una solarización durante el mes de enero, para mejorar el rendimiento y sanidad de ambos cultivos.

Para la producción protegida, es necesario realizar una solarización de forma previa o inmediatamente luego del cultivo de tomate, dada la intensidad del cultivo en la rotación.

### 4.3.3. CORREDORES DE VEGETACIÓN NO CULTIVADA

Diseñar corredores de vegetación no cultivada responde a la necesidad de definir espacios de conexión para todos los parches de vegetación no cultivada que existen en el predio. Dado el cambio en la localización de la producción que ahora se concentra en otra zona del sistema (ver Figura 8), el diseño de corredores que conecten las áreas no cultivadas es esencial para mantener y/o promover los beneficios que los productores ya conocen de estos espacios (ej.: hábitat de enemigos naturales, zonas de atracción de polinizadores).

Esta propuesta se enfoca en desarrollar al menos un corredor biológico que permita conectar el mayor número de parches dentro del sistema. Las estrategias para el desarrollo del corredor estarán supeditadas al área predial disponible, la matriz (infraestructura, hábitat naturales, caminos, cuadros e invernáculos circundantes) en la que se inserta (Rosenberg et al., 1997) y las limitaciones operativas o logísticas de los productores para mantener el corredor (Bond, 2003).

#### 4.3.3.1. CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios tienen como objetivo un diseño robusto de los corredores en el predio, estableciéndose como elementos estructurales del sistema, al igual que ya lo son los cuadros de cultivo y los invernáculos.

Basados en Rosenberg et al. (1997), Bond (2003) y Nicholls (2008), los criterios para el diseño de los corredores fueron:

1. El inicio y el final de los corredores serán parches de vegetación no cultivada.
2. Podrán tener continuidad (el corredor no es interrumpido por ninguna infraestructura productiva, habitacional o vial) o ser discontinuos. En el caso de diseñarse uno discontinuo, deberá ser diseñado de tal forma que el efecto del elemento disruptivo disminuya.
3. El área cubierta por el corredor debe ser la máxima posible, siguiendo el criterio de aumentar la proporción de área no cultivada a un mínimo del 20% del área predial.
4. No podrán ser transitados, atravesados y/o alterados por actividades productivas o de ocio. En caso de ser estrictamente necesario, deberá definirse previamente una zona de tránsito o intervención y contemplarlo como un elemento disruptivo y tomar las medidas mencionadas en el punto 2.
5. Las especies que allí se desarrollen de forma espontánea podrán ser alteradas bajo las consideraciones siguientes:
    a. Una o más especies podrán ser retiradas si producen un perjuicio directo a los cuadros productivos debido a su agresividad, alto % de semillazón o ser hospedero de alguna plaga muy agresiva.
    b. Una o más especies podrán ser sembradas si promueven beneficios tales como atracción de polinizadores, competencia contra malezas u hospedaje permanente o temporal de enemigos naturales; en tanto no atenten en gran medida contra la diversidad intrínseca del paisaje.

c. Se podrá modificar el comportamiento de la vegetación (cortes en altura, riego ocasional, fertilización) siempre y cuando la acción sea para la prevención de una afectación a las unidades productivas aledañas al corredor (sombreado, ventilación, etc.).

6. Se definirá el ancho del corredor y una zona buffer inmediatamente seguida a este en la que se podrá transitar, pero no será posible realizar intervenciones de maquinaría, o laboreo de ningún tipo.

#### 4.3.3.2. CORREDORES DEFINIDOS

Debido a las distintas utilidades del suelo que existen en el sistema, se utilizaron dos estrategias para el diseño de corredores en el predio: corredores lineales continuos y corredores discontinuos (islas de vegetación).

Los corredores lineales conectan el área sur con la norte a través de dos corredores (Figura 31). El corredor principal consta de 368 m de longitud y se extiende desde la zona aledaña al arroyo en el límite norte del predio, hasta el padrón abandonado no perteneciente al predio. Dicho último contiene un pequeño bosque de *eucalyptus sp.* y vegetación no perturbada, y se conecta con el padrón del casco del predio, dónde hay otro gran grupo de árboles y vegetación sin intervención alguna.

Este corredor presenta una dificultad, y es que cruza un camino. Debido a esto, se deberán tomar las siguientes medidas para disminuir el efecto de este elemento:

1. Deberán sembrarse especies de gran porte (ej. árboles nativos) en toda la zona circundante al camino.
2. El camino debe ser el único pasaje de maquinaría y vehículos, para permitir la mejor expresión de la vegetación sobre el camino.

El segundo corredor se ubica en el extremo oeste del predio y tiene 246 m de longitud. Se extiende paralelamente a los cuadros de la zona 3 (ver Figura 8) y conecta el área seminatural extrapredial aledaña al arroyo y una pequeña área seminatural ubicada en la zona sur del predio. Se utilizó área extrapredial ya que, por ser cercana a un arroyo, su vegetación no tiene riesgo de ser afectada

**Figura 31.**

*Sistema predial con los corredores continuos definidos y la conexión entre las zonas seminaturales*

*Nota*. Línea amarilla correspondiente a límites del sistema; corredores lineales continuos en verde. En rojo las zonas seminaturales que quedan conectadas por los corredores junto con las áreas seminaturales extraprediales (azul). Adaptado de Google (2023).

La segunda estrategia de diseño de corredores (discontinuos) conectan todas las zonas no cultivadas del sur del predio (Figura 32).

Se utilizaron islas de vegetación como herramienta para conectar siete áreas seminaturales (intra y extra prediales), permitiendo la colocación de ganado en la matriz circundante, además de permitir las tareas con maquinaría para las praderas que se puedan sembrar para el ganado. Para evitar el ingreso de animales a pastorear las islas y que la diversidad intrínseca que allí se genere no se vea alterada, es necesario generar un límite físico (ej. alambrado, cerco, tejido) que las proteja.

Se diseñaron diecinueve islas circundantes para conectar las áreas no cultivadas. Las islas se encuentran en un rango de distancia de 50 a 60 m entre sí, permitiendo que la distancia a recorrer por la fauna sea atractiva para utilizar el corredor, teniendo refugios a corta distancia.

El área cubierta por cada isla es de 800 a 1.100 m², y la ubicación fue definida en base a una matriz de círculos concéntricos cuya diferencia radial es de 50 m y su centro parte de cuatro de las cinco zonas a conectar (Anexo G). Proyectando esta matriz de círculos, se colocaron las islas de forma de interceptar la mayor cantidad de círculos, manteniendo la distancia definida entre una isla y la siguiente más cercana; y utilizar la menor área posible.

**Figura 32.**

*Disposición de corredores continuos e islas de vegetación en el sistema*

*Nota*. Línea amarilla correspondiente a límites del sistema; corredores lineales continuos e islas de vegetación en verde. En rojo las zonas seminaturales que quedan conectadas por los corredores junto con las áreas seminaturales extraprediales (azul). Adaptado de Google (2023).

Es recomendable sembrar especies de variado porte como árboles o arbustos dentro de las islas, ya que servirán de refugio. Además, instalar grupos numerosos de plantas florales es útil como atrayente de polinizadores. Se sugiere que las especies vegetales a incluir en las islas sean nativas, adaptadas a las condiciones ambientales, y no atentan contra la biodiversidad que se desarrolle allí. Entre las especies arbóreas, se recomienda la siembra de guayabo (*Acca sellowiana*), guayabo colorado (*Myrcianthes cisplatensis*), pitanga *(Eugenia uniflora L.*), ceibo (*Erythrina crista-galli*), anacahuita (*Schinus molle*) o chal chal (*Allophyllus edulis*). Entre las arbustivas, cedrón de monte (*Aloysia gratissima*), azara (*Azara uruguayensis*), plumerillo (*Calliandra tweediei*), envira (*Daphnopsis racemosa*), lantana (*Lantana glutinosa*), congorosa (*Maytenus ilicifolia*).

# 5. DISCUSIÓN

El objetivo de este trabajo consistió en generar, desarrollar y evaluar una propuesta que mejorase la sostenibilidad del predio hortícola orgánico de los Hnos. Bentancur, utilizando el enfoque de sistemas, la agroecología y la coinnovación como conceptos centrales del proceso. Para lograr este objetivo, se realizó la caracterización del sistema predial, describiendo sus estructura en términos del capital humano presente, sus aspectos biofísicos, productivos, comerciales y sus resultados (sección 4.1); el diagnóstico, en el marco del proceso de coinnovación y utilizando el MEDITAE se determinó el estado de situación del sistema para seis procesos socio-ecológicos definidos, se definieron puntos críticos negativos y positivos, y jerarquizaron aquellos donde enfocar la acción de mejora (sección 4.2); y el rediseño, en el que se definieron y detallaron dos propuestas para mejorar los procesos socio-ecológicos en los que se llegó al consenso con los productores de que eran los de mayor interés -y/o con mayores debilidades- a mejorar (sección 4.3).

La caracterización describió aspectos fundamentales del sistema, tanto desde el punto de vista físico (recursos naturales, infraestructura, insumos) como sus aspectos de funcionamiento, gestión, planificación y comercialización, procesos esencialmente influenciados por el capital humano que trabaja y gestiona el agroecosistema. Esta descripción permitió entender la amplia diversidad de recursos presentes y su estado, la complejidad de una producción muy diversa y de gran escala para la realidad productiva hortícola uruguaya, más aún orgánica, la relevancia de los distintos tipos de producción, los objetivos de corto, mediano y largo plazo de los productores, sus prioridades y lógicas productivas, su historia en el predio, su vinculación local, institucional, educativa y comercial, y la estructura y funcionamiento de su principal actividad económica, la horticultura.

El diagnóstico permitió hacer una evaluación global de los seis procesos socio-ecológicos en los que está construído el marco MEDITAE, eligiendo los indicadores más adecuados para poder evaluarlos. Con la evaluación realizada se logró definir los puntos críticos que enmarcan las debilidades y fortalezas con relación a los procesos ecológicos. Con estas definiciones, se logró identificar con los productores qué aspectos del sistema se podían trabajar y llegar a un consenso sobre la dirección que tomó el rediseño.

La construcción y evaluación de propuestas de rediseño del sistema representó la definición conceptual de los cambios que se proponen en el sistema. Estos cambios propuestos, se diseñaron en base a los objetivos de los productores de trabajar en las debilidades centrales identificadas en la sección 4.2 y los cambios en los planes productivos que los productores ya tenían definido realizar. De esta forma, se eligieron y construyeron las propuestas cuya implementación fuese más factible. Además, se descartaron ideas que requerían insumos difícilmente obtenibles, y como es el caso de la propuesta desarrollada en la sección 4.3.3, se brindaron múltiples opciones de especies a incluir en islas y corredores. Para la propuesta del nuevo plan de producción (sección 4.3.2), los insumos no se modifican, sino que se ajustan sus proporciones en búsqueda

de un mayor beneficio para el sistema en sus balances de carbono y nutrientes, y la maximización de la eficiencia en el uso de mano de obra.

En esta sección, la discusión se centrará en sintetizar las conclusiones más salientes, y colocarlas dentro de las siguientes ópticas: (i) aportes a la mejora agroecológica del sistema predial estudiado, (ii) brechas de conocimiento y sesgos del trabajo, (iii) el marco MEDITAE como herramienta de evaluación de los procesos socio-ecológicos, y (iv) conclusiones y aportes hacia la construcción de conocimiento para promover sistemas prediales agroecológicos en el país.

## 5.1 APORTES A LA MEJORA AGROECOLÓGICA DEL SISTEMA

Los resultados del trabajo como aporte al sistema hacia una estadío más avanzado de la transición agroecológica fueron positivos, desde la viabilidad e impacto de las propuestas y el consenso entre los interesados (productores y técnicos/investigadores) de que las mismas formaran parte del camino hacia ese nuevo estadío.

Las propuestas lograron enfocarse en los puntos críticos encontrados en el predio, y así permitirían mejorar la producción total en un 28,5%, aumentar y mejorar la calidad de la cobertura del suelo (6%), alcanzar un balance neutro de carbono a campo y en invernáculos -manteniendo los elevados niveles existentes actualmente-, ajustando la proporción entre tipos de enmiendas (se reduciría en un 62% la aplicación de cama de gallina), lograr un balance cercano a la neutralidad en nitrógeno (8,0 kg N/ha.año$^{-1}$), y reducir el balance positivo de P en un 79% (de 133 a 28 kg P/ha.año$^{-1}$), mejorar la planificación anual de cultivos, sembrar 11,8 ha adicionales de abonos verdes y pasturas, reducir en 24% el área sembrada anual pero asegurando un 100% de área cosechada respecto a la sembrada. Además, se propuso un diseño espacial de infraestructura ecológica mediante corredores e islas de vegetación (sección 4.3.3) que permitiría aumentar la diversidad de especies, conectar las distintas áreas cultivadas con las no cultivadas del sistema -dentro y fuera de los límites físicos del mismo- para obtener beneficios en polinización y control de plagas.

Los procesos ecológicos de ciclaje de carbono y nutrientes fueron evaluados con profundidad en el trabajo. La realización de balances permitió profundizar en las lógicas existentes de aplicación de nutrientes y enmiendas, y dar una clara noción del estado sanitario del suelo. Los resultados mostraron debilidades del sistema, ya que se evidenció un suelo que no se encuentra en equilibrio, que requiere enmiendas externas al sistema para mantener la producción en los niveles actuales.

En los procesos socioeconómicos, el entrelazado entre la unidad familiar y la unidad productiva en el predio es de gran relevancia, como sucede en muchas realidades de la producción familiar en el país (Piñeiro & Cardeillac, 2014). La toma de decisión, el manejo de personal, las necesidades básicas para mantener una familia y la toma de decisión a futuro en función de la posibilidad de sucesión actual son algunos de los aspectos -de los muchos- que entran en juego diariamente. En el sistema existe una sobrecarga de responsabilidades diarias volcada hacia pocos actores como se indicó en la sección 4.1.2.2, y este trabajo logró aportar hacia una visión objetiva de un aspecto

que los productores desean mejorar. Asimismo, la enorme complejidad que manejan mostró un aspecto a mejorar que es la planificación de los cultivos, una de las estrategias claves para la transición agroecológica (Nicholls et al., 2016). Esto no fue esperado en las hipótesis iniciales previas al diagnóstico, demostrando la necesidad de entender el funcionamiento completo del sistema, y las razones por las cuáles esa planificación no fue operativamente posible ni correctamente realizada para poder diseñar estrategias que ayuden a revertir esa situación.

La determinación de la cantidad de alimentos producidos por el sistema supone un aporte nuevo al sistema y se distancia notoriamente de la lógica del indicador rendimiento por unidad de área. Este indicador da una noción sistémica de lo que brinda el sistema como tal y es quizás uno de los elementos en los que tanto productores como técnicos podrían comenzar a utilizar para referirse a la producción de un agroecosistema con estas características. Al momento de evaluar la cantidad de alimentos producidos por el sistema, entra el concepto de los límites del sistema. La hipótesis en la que se podría centrar una discusión al respecto es que mientras más alimentos se produzcan, es "mejor", pero la crisis alimentaria actual demuestra que solo es mejor si la distribución es equitativa (Altieri, 2002; Tittonell, 2023). Es necesario establecer un límite en el que más alimentos producidos deje de ser traducido como "mejor" o "positivo", ya que un sistema siendo completamente dependiente de los insumos de nutrientes que ingresan, con una mano de obra sobreexigida y teniendo debilidades en la sanidad del suelo, aún dista de lo ideal desde el punto de vista agroecológico y quedan muchas cosas por mejorar. Los sistemas, desde el punto de vista agroecológico, deben ser vistos como lo que fueron en su origen: sistemas naturales en un constante equilibrio dinámico en el que la expresión de cada uno de sus componentes colabora hacia la sostenibilidad del sistema a muy largo plazo. Existe un riesgo intrínseco al evaluar la productividad de un sistema, ya sea en kg/ha como en personas alimentadas, y es que no está definido dónde "más" deja de ser "mejor".

## 5.2 BRECHAS DE CONOCIMIENTO Y SESGOS DEL TRABAJO

Hay aspectos en los que las propuestas no lograron ser efectivas, por distintos motivos, en resolver teóricamente debilidades identificadas en el sistema. En ciertos casos, la falta de conocimiento interdisciplinario (denominadas en esta sección como "brechas" de conocimiento) y los sesgos propios del alcance del trabajo y del foco hacia la horticultura, explican quizás la menor eficacia demostrada en las propuestas en los aspectos que se detallan a continuación.

En los procesos de carbono y nutrientes, el balance de K de la propuesta aún está alejado del ideal, con una pérdida anual de 93 kg K/ha.año$^{-1}$. Las enmiendas orgánicas disponibles localmente para el sistema carecen de un balance de nutrientes que permita hacer posible mantener cerca de la neutralidad al N, P y K, más allá de los niveles productivos del sistema. Ampliar la oferta local de enmiendas y así diversificar los aportes de nutrientes en el suelo para buscar un equilibrio que permita no depender de las reservas minerales del suelo para sostener una producción en el tiempo toma

relevancia. La sostenibilidad del sistema a largo plazo se pone en riesgo si la extracción del nutriente se da continuamente superando a la introducción de este en el suelo.

Los flujos de energía fueron evaluados en función de la productividad del sistema y a través de la cobertura del suelo. Desde el punto de vista del interés de los productores, hace sentido tomar este enfoque, pero se pierde la visión completa de los flujos de energía existentes. El flujo de energía inicia con la radiación solar, la captación de esta por parte del tejido verde vivo presente, pero ¿qué sucede luego entre esa captación (que a los efectos de este trabajo se utilizó una estimación basada en la cobertura del suelo) y la producción? ¿Quiénes y cuántos participan en los eslabones intermedios que unen estas dos etapas? ¿Existen mejoras que hacer en estos eslabones "invisibles"? Existen grandes comunidades bióticas que se sostienen en base a la captación de esa radiación solar que pueden estar siendo estimuladas, diversificadas, disminuidas o incluso suprimidas por las acciones concernientes a las propuestas definidas y las prácticas ya utilizadas en el predio. Entonces, ¿cómo es posible medir el impacto en las comunidades bióticas que son responsables de los procesos energéticos del sistema?

Uno de los objetivos claves del proceso energético es "maximizar la utilización de energías renovables y reducir el uso de fuentes no renovables". Este objetivo fue escasamente evaluado, ya que la principal fuente no renovable existente en el predio (el combustible) no tuvo el análisis pertinente. Los trabajos con enfoques holísticos plantean la necesidad de abarcar muchos aspectos, pero inevitablemente siempre hay brechas de conocimiento, de análisis, de investigación y de interés que provocan iguales brechas en los trabajos de investigación realizados. Por tanto, se renueva la importancia del aspecto multidisciplinario de la agroecología, en el que son varios los actores que participan en el análisis y con distintos enfoques, logrando cerrar las brechas provocadas por los sesgos del técnico, investigador, productor o líder del proyecto que genera una pieza de conocimiento, sea de la naturaleza que sea. El desafío es unificar bajo un solo gran proyecto estas múltiples disciplinas que permitan acercarse a la utopía de un análisis holístico de los agroecosistemas con un enfoque agroecológico.

El aspecto biológico asociado a los ciclos de carbono y nutrientes son la pieza faltante del análisis de estos procesos, la biodiversidad meso y microscópica no logró ser evaluada ni inferida por indicador alguno, aunque por la sanidad actual de los cultivos, los niveles de afectación de plagas y la producción actual, puede deducirse que cumplen un rol clave en el sistema. Determinar su actividad, permite definir la sanidad de los flujos de los nutrientes, y reforzar y/o promover determinadas comunidades que permitan hacer más eficiente y saludable a los procesos que se suceden en el suelo.

La ganadería en el sistema no fue considerada en el análisis debido a la intención y posterior concreción de los productores de quitarla del sistema (actualmente arriendan la fracción B.1 para que un tercero coloque ganado y se llevan un porcentaje de las ventas). La diversificación de rubros es un aspecto importante para la sostenibilidad de los sistemas, pero es también una responsabilidad adicional que los productores deben manejar. En un futuro, otras propuestas de rediseño podrían enfocarse en insertar nuevamente (si así se define con los productores) la ganadería orgánica/agroecológica

en el predio. Para ello, las debilidades del subsistema hortícola debieran estar solucionadas y el subsistema de gestión estar preparado para sumar nuevas tareas de planificación a corto, mediano y largo plazo para la ganadería sin desmedro de lo que se esté haciendo con la horticultura.

La regulación biótica es quizás el proceso ecológico que mayor relevancia relativa ha tomado desde el surgimiento de la agroecología en el país. El Manejo Integrado de Plagas (MIP) ayudó en este mismo sentido. En este trabajo se evaluó certeramente la diversidad vegetal productiva presente en el sistema, y de forma superficial a las comunidades vegetales naturales -o seminaturales- existentes. La implementación de una rotación a campo y otra en invernáculos, la implementación de abonos verdes y pasturas en gran proporción frente a lo actualmente sembrado, la regulación de los balances de nutrientes, la inclusión de nuevas especies cultivadas y no cultivadas (y nativas), y la creación de corredores e islas de vegetación no cultivada, son consideradas (a los efectos de este trabajo) como propuestas que afectan a las comunidades bióticas de forma positiva, pero en base a conocimiento previo y bibliografía. Pero requiere ser implementado y evaluado. ¿Qué impacto medible directamente tenemos disponible para estimar la afectación de estas medidas? ¿Cómo discernir entre el impacto de una u otra acción hacia la enorme cantidad de comunidades bióticas vegetales, fúngicas, animales y todas las microscópicas (que incluyen las anteriores nombradas y muchas más) que existen y se desarrollan al mismo tiempo en el sistema? Intentar medir los impactos individuales de un cúmulo de prácticas implementadas se vuelve impracticable debido a la pérdida del efecto de interacción que surge cuando se combinan diversas prácticas (Nicholls et al., 2016). Sin embargo, en este caso, los efectos o consecuencias de los cambios asociados a la transición no muestran la modificación que realizamos a ese nivel de menor escala individual, pero que es quizás el subsistema más numeroso en cantidad de individuos - y sin dudas el más diverso- de todo el agroecosistema.

La evaluación de los ciclos hidrológicos del sistema se enfocó en medir eficiencia de uso y captación de los recursos existentes. El sistema tiene su punto de extracción de agua para la producción protegida y parte de la producción a campo, y los puntos críticos definidos -y sus indicadores asociados- reflejaron como son las condiciones de suelo, del agua, de la cobertura y eficiencia de distribución en función de la disponibilidad de ese recurso. Sin embargo, la evaluación del principio careció de una visión de principio a fin de cómo “maximizar la capacidad de capturar y retener agua de lluvia” y cómo “maximizar los ciclos del agua”. La captación del agua de lluvia es quizás el aspecto más saliente. El predio podría verse beneficiado de mayor volumen de agua disponible para riego, pero no existió (principalmente porque había eficiencias productivas más relevantes que ajustar) ninguna propuesta que se enfoque directamente en este aspecto. La rotación propuesta reduce la escorrentía superficial y por tanto la erosión, y colabora con una mayor captación de agua de lluvia, pero es un beneficio secundario y no central en la propuesta de implementación de mayor cobertura del suelo; y no aumenta la disponibilidad de agua, aunque sí reduce las pérdidas.

Por tanto, del trabajo surgen preguntas que aún carecen de respuesta para el sistema (en desmedro de la relevancia para los productores de responderlas): ¿qué rotación a

implementar sería la más beneficiosa para maximizar la retención de agua en el suelo?; ¿qué otros mecanismos de captación de agua de lluvia se pueden realizar para alocar el agua de lluvia en los lugares en los que es más requerida (e.g. zonas a campo en secano)?; ¿cómo asegurar un ciclo de agua óptimo? y, ¿qué evaluación de la actividad del agua en un sistema nos permite diagnosticar el estado de situación del ciclo?

Desde el punto de vista del proceso de coinnovación, la participación e involucramiento de los productores puede mejorarse. Durante el proceso de realización de este trabajo, el intercambio se centró en uno de los tres productores, y fueron escasos los intercambios con los restantes productores e integrantes de la familia. La inclusión de todos los interesados puede permitir tener una visión más completa a la hora de construir el diagnóstico del sistema; tener noción de los que son, a priori, los problemas que ven todos los involucrados y tomar esa información como insumos puede ser importante. A su vez, saber qué problemas encuentran y cuáles no logran visualizar puede ser una herramienta comunicativa relevante para mostrar el abanico de posibilidades de mejora que tiene el sistema, y llegar a consensos de completa transparencia entre los interesados.

## 5.3 EL MARCO MEDITAE COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS SOCIO-ECOLÓGICOS

Los marcos de diagnóstico son muchos y de distinta índole y enfoque. Dada la singularidad de cada sistema, las herramientas a desarrollar, ampliar y/o crear deben tener la adaptabilidad suficiente para asegurar su aplicabilidad sostenida (así como los sistemas que se centra en diagnosticar). De otro modo, no resistirán al paso del tiempo, las nuevas tecnologías y los cambios cada vez más acelerados en la producción agropecuaria.

El marco MEDITAE es un aporte flexible y amplio para la caracterización y diagnóstico de cualquier predio que esté en proceso de transición agroecológica, sin importar si su estadío es muy inicial o muy avanzado. Incluso es posible evaluar desde un enfoque agroecológico a sistemas convencionales que no estén en proceso de transición, ya que el marco tiene como objetivo informar sobre el estado actual del sistema en base a los procesos socio-ecológicos en los que se enmarca. El marco presenta una serie de indicadores que pueden ser utilizados en mayor o menor medida (e incluso no utilizarlos) en función del valor que aportan al diagnóstico del principio socio-ecológico a informar. Dentro de la herramienta, los usuarios tienen la posibilidad de adaptar el marco a la realidad que quiere diagnosticar, principalmente mediante el ajuste de los indicadores de prácticas de manejo. Esta flexibilidad colabora en la toma de decisiones en consenso entre todos los involucrados del sistema, que definen qué acciones de rediseño tomar para llevar al sistema hacia dónde se desea (Scarlato García, 2023; Tittonell, 2023).

Para que marcos como el MEDITAE puedan continuar desarrollándose y cumplir con su objetivo y poder establecer el estado de situación de los seis procesos socio-ecológicos en los que se centra en evaluar, es conveniente continuar ampliando su uso en distintas realidades que implique el repensar los indicadores utilizados. Esto permitiría ampliar el

abanico de posibilidades de elección para el evaluador, y lograr seleccionar indicadores aún más acordes a los procesos ecológicos a evaluar. Mientras exista mayor diversidad (equilibrándose con la dificultad práctica de la estimación de los nuevos indicadores que se incluyan), mayor posibilidad habrá de lograr información más específica al sistema y cualitativamente más útil para la toma de decisión en la etapa de rediseño.

La evaluación en base al marco determina cierta jerarquía en base a la utilidad de ciertos resultados (e.g. niveles de N, P y K, balance de COS). Esto va en desmedro de la flexibilidad mencionada anteriormente, ya que estos resultados tienen menor probabilidad de ser obviados en el análisis. Sin embargo, esto quizás sea porque aún no se cuentan con herramientas balanceadas y valores de referencia para medir a todos los procesos de igual forma, o quizás ni siquiera con herramienta alguna para medirlos. Ciertos indicadores no fueron estimados para este trabajo debido a que los métodos para hacerlo eran muy dificultosos (e.g. balance de energía) o no existieron herramientas o bibliografía suficiente para medirlos y evaluarlos con propiedad (e.g. actividad de microorganismos). Generar métodos de estimación simples y con información local o regional es quizás un aspecto mejorable para los métodos de evaluación en general, pero en los que se intenta colocar una mirada holística como es el caso de este marco, toma mayor notoriedad. Comenzar a utilizarlos resulta crucial, como forma de generar estándares locales para interpretar los resultados.

## 5.4 APORTES HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO PARA PROMOVER SISTEMAS PREDIALES AGROECOLÓGICOS EN EL PAÍS

Este trabajo desde el inicio se define como un ejercicio aplicado de caracterización, diagnóstico y rediseño, enmarcado dentro del enfoque de sistemas, agroecológico y de coinnovación. Siendo un predio que ha participado en numerosos proyectos académicos y que hoy en día se erige como una referencia de la producción orgánica, este trabajo es quizás el insumo con mayor perspectiva sistémica que se haya generado para el predio. Esta perspectiva amplia logró mostrar aspectos del sistema que explican por qué es un predio referente del país, cuáles son las bases conceptuales y prácticas en las que se basan para lograrlo y diferenciarse del resto, pero también qué aspectos son los que ponen en riesgo la sostenibilidad (social y biofísica) del sistema.

Los productores logran manejar una complejidad asombrosa. La alta diversidad de cultivos, la enorme área y recursos -humanos y naturales- que disponen y gestionan, y el foco en la constante mejora y crecimiento, hacen de este sistema uno de grandes posibilidades y un futuro orgánico cierto. El convencimiento absoluto de que la producción agroecológica es el camino que quieren transitar les define un destino claro para la toma de decisiones estratégicas de mediano y largo plazo. Esto evidencia que la transición agroecológica como tal es la elección de un camino específico para el sistema, al cual los interesados llegan al acuerdo común de lo que es lo más beneficioso. La justificación del beneficio puede variar en función del capital social y cultural de los que participan en la toma de decisión. Sin embargo, existen elementos claves en el que la definición de beneficio se sostiene (mayor ingreso de capital, seguridad en la sucesión para los productores, estabilidad productiva; menores riesgos a la salud, costos de

producción, carga de trabajo a la familia) que, dada la realidad de la producción familiar, es esencial que sean visibles para los productores para asegurar que la transición se mantenga en el tiempo. Con estos elementos claves, es posible que se comiencen a valorar otro tipo de beneficios, tales como la salud del suelo, la diversidad de especies, los vínculos organizacionales, los balances energéticos o el origen de los insumos para la producción. Para este sistema predial, los beneficios anteriormente mencionados son valorados en mayor o menor medida, y esto es un indicador del avance en su transición agroecológica.

El sistema estudiado podría ubicarse entre el estadío iii y iv de la transición agroecológica (Gliessman & Rosemeyer, 2010). El predio comenzó su rediseño en base a principios agroecológicos (aspecto central del estadío iii) siendo este trabajo un insumo más amplio de los ya realizados previamente (e.g. Reynoso de la Mora, 2017; Ryelandt et al., 2020; Scanu Gardiol, 2023; Scarlato, Bao et al., 2023) en el sistema. A su vez, el mismo tiene un avance importante en términos de involucramiento a nivel organizacional, institucional y comercial, propio de sistemas que se encuentran en el estadío iv de la transición. La extensa trayectoria orgánica que tiene el sistema colaboró para cumplir con los estadíos iniciales de la transición, y los desafíos ahora planteados aumentan en complejidad. La escala de los cambios pasa a ser enfocados en el sistema como una unidad, en los que una sola práctica no soluciona las debilidades encontradas, y las propuestas se enfocan en cambios estructurales -biofísicos, de planificación y organización- que logren que el sistema cambie su funcionamiento en pos de uno más eficiente y sostenible.

La transición agroecológica plantea un paradigma diferente al modelo actual predominante (Altieri, 1995). La transformación de un agroecosistema sea cual sea el punto de partida, no tiene un estadío o punto final en su transición, ya que el mismo es ciertamente utópico. Esta utopía tiene sus ventajas. Quizás la más relevante es que permite visualizar a los sistemas como una unidad en constante cambio, en el que siempre pueden existir aspectos a mejorar, en un ciclo infinito de coinnovación, en el que en cada ciclo de evaluación exista la búsqueda de nuevas oportunidades de ser más agroecológico. Quizás otra ventaja es permitir que la visión futura del predio sea flexible y dinámico, dando lugar a cambiar de dirección hacia una que se ajuste a la etapa en la que se encuentra el predio, a los cambios en los contextos económicos mundiales, regionales y locales, y a los distintos eventos que son parte del núcleo familiar que compone para este caso -al igual que para la mayoría de la producción familiar- el subsistema de gestión. Es trabajo del que lidera el proyecto junto a los productores, de ajustar esa dirección, y ayudar a que la transición sea en etapas claras, sin que la definición utópica no se convierta en un obstáculo para la toma de decisión en el sistema.

La diversificación, en su concepto más abarcativo, debiera ser un camino fundamental en el cuál las estrategias de mejora de los sistemas se basen. Diversidad en especies cultivadas y no cultivadas, en insumos, en estrategias de control de plagas y malezas, en canales y estrategias comerciales, en vínculos organizativos, en responsabilidades de los productores. Esta diversidad amplia quizás logre lo que aún los impulsores de las

transiciones agroecológicas trabajan en solucionar: ¿cómo realizar transiciones locales, de varios agroecosistemas de forma escalable? La escalabilidad requiere equilibrios, y mientras más participantes, son más factibles de lograr, pero a la vez más complejos, al igual que los equilibrios existentes en los sistemas agroecológicos. El factor humano, lo que denominamos capital social, toma aquí gran relevancia. La agroecología como movimiento invita a generar redes de información, de insumos, de producción, de mercados no a la escala mundial a la que el modelo productivo actual apunta, sino a escalas locales y/o regionales.

Este trabajo es un nuevo aporte específico hacia el estudio de la producción hortícola agroecológica en Uruguay, que debe continuar profundizando y ampliando los casos de estudio en pos de la promoción de esta. Este aporte, sumado a la definición de un nuevo marco de evaluación permiten destacar uno de los aspectos más importantes de la agroecología: su carácter holístico y consolidador de muchas áreas de trabajo que regularmente se estudian de forma individual (e.g. suelo, nutrientes, rendimientos, actividad biológica, efectos de prácticas).

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


Ackermann, M. N., & Díaz, A. (2016). Horticultura: Situación y perspectivas. En *Anuario OPYPA 2016* (pp. 229-246). MGAP. https://descargas.mgap.gub.uy/OPYPA/Anuarios/Anuario%202016/anuario_opypa_2016_en_baja.pdf

Albicette, M. M., Leoni, C., Ruggia, A., Scarlato, S., Blumetto, O., Albín, A., & Aguerre, V. (2017). Co-innovation in family-farming livestock systems in Rocha, Uruguay: A 3-year learning process. *Outlook on Agriculture*, *46*(2), 92-98. https://doi.org/10.1177/0030727017707407

Alliaume, F., Rossing, W., García, M., Giller, K., & Dogliotti, S. (2012). Changes in soil quality and plant available water capacity following systems re-design on commercial vegetable farms. *European Journal of Agronomy*, *46*, 10-19. https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.11.005

Altieri, M. A. (1995). *Agroecology: The science of sustainable agriculture* (2nd ed.). Westview Press.

Altieri, M. A. (1999). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Nordan.

Altieri, M. A. (2002). Agroecology: The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *93*(1-3), 1-24. https://doi.org/10.1016/s0167-8809(02)00085-3

Anderson, C. R., Bruil, J., Chappell, M. J., Kiss, C., & Pimbert, M. P. (2019). From transition to domains of transformation: Getting to sustainable and just food systems through agroecology. *Sustainability*, *11*(19), Artículo e5272. https://doi.org/10.3390/su11195272

Barrios, E., Gemmill-Herren, B., Bicksler, A., Siliprandi, E., Brathwaite, R., Moller, S., Batello, C., & Tittonell, P. (2020). The 10 elements of agroecology: Enabling transitions towards sustainable agriculture and food systems through visual narratives. *Ecosystems and People*, *16*(1), 230-247. https://doi.org/10.1080/26395916.2020.1808705

Berrueta, C., Borges, A., Giménez, G., & Dogliotti, S. (2019). On-farm diagnosis for greenhouse tomato in south Uruguay: Explaining yield variability and ranking of determining factors. *European Journal of Agronomy*, *110*, Artículo e125932. https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125932

Becht, G. (1974). Systems theory, the key to holism and reductionism. *BioScience*, *24*(10), 569-579. https://doi.org/10.2307/1296630

Bond, M. (2003). *Principles of wildlife corridor design*. Center for Biological Diversity. https://www.biologicaldiversity.org/publications/papers/wild-corridors.pdf

Bray, R. H., & Kurtz, L. T. (1945). Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, *59*(1), 39-46. https://doi.org/10.1097/00010694-194501000-00006

Cabell, J. F., & Oelofse, M. (2012). An indicator framework for assessing agroecosystem resilience. *Ecology and Society*, *17*(1), Artículo e18. https://doi.org/10.5751/es-04666-170118

Ciampitti, I. A., & García, F. O. (2007). Requerimientos nutricionales: Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios: II. Hortalizas, frutales y forrajeras. *Archivo Agronómico,* (12), 1-4. https://www.researchgate.net/publication/251813923_Requerimientos_nutricionales_Absorcion_y_extraccion_de_macronutrientes_y_nutrientes_secundario

Colnago, P., Favretto, G., Carriquiry, M. E., Bianco, M., Carámbula, M., Cabrera, G., Rossing, W. A. H., & Dogliotti, S. (2022). How to foster changes towards farm sustainability?: Learning outcomes from a co-innovation project on vegetable-beef cattle family farms in Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, *27*, Artículo e1012. https://doi.org/10.31285/agro.27.1012

Colnago, P., Rossing, W., & Dogliotti, S. (2020). Closing sustainability gaps on family farms: Combining on-farm co-innovation and model-based explorations. *Agricultural Systems*, *188*, Artículo e103017. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103017

Conway, G. R. (1987). The properties of agroecosystems. *Agricultural Systems*, *24*(2), 95-117. https://doi.org/10.1016/0308-521x(87)90056-4

Darnhofer, I., Fairweather, J., & Moller, H. (2010). Assessing a farm's sustainability: Insights from resilience thinking. *International Journal of Agricultural Sustainability*, *8*(3), 186-198. https://doi.org/10.3763/ijas.2010.0480

De Olde, E. M., Oudshoorn, F. W., Sørensen, C. A., Bokkers, E. A., & De Boer, I. J. (2016). Assessing sustainability at farm-level: Lessons learned from a comparison of tools in practice. *Ecological Indicators*, *66*, 391-404. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.047

Dirección General de Recursos Naturales. (2020, 20 de setiembre). *CONEAT, carta de suelos y cartografía de campo natural*. https://dgrn.mgap.gub.uy/js/visores/dgrn/

Dogliotti, S., García, M., Peluffo, S., Dieste, J., Pedemonte, A., Bacigalupe, G., Scarlato, M., Alliaume, F., Alvarez, J., Chiappe, M., & Rossing, W. (2013). Co-innovation of family farm systems: A systems approach to sustainable agriculture. *Agricultural Systems*, *126*, 76-86. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.02.009

Dogliotti, S., Scarlato, M., Berrueta, C., Barros, C., Rehermann, F., Rieppi, M., Inetti, C., Soust, G., & Borges, A. (2021). *Análisis y jerarquización de factores determinantes de las brechas de rendimiento y calidad en los principales cultivos hortícolas del Uruguay*. INIA. http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/15695/1/Inia-Fpta-91-proyecto-288-Junio-2021.pdf

Durán, A. (1985). *Los suelos del Uruguay*. Hemisferio Sur.

Duru, M., Therond, O., & Fares, M. (2015). Designing agroecological transitions: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *35*(4), 1237-1257. https://doi.org/10.1007/s13593-015-0318-x

Forsythe, W. (1975). *Física de suelos: Manual de laboratorio*. IICA.

Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T. A., Creamer, N., Harwood, R., Salomonsson, L., Helenius, J., Rickerl, D., Salvador, R., Wiedenhoeft, M., Simmons, S., Allen, P., Altieri, M., Flora, C., & Poincelot, R. (2003). Agroecology: The ecology of food systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, *22*(3), 99-118. https://doi.org/10.1300/j064v22n03_10

Gliessman, S. (2018). Defining Agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, *42*(6), 599-600. https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1432329

Gliessman, S. R. (2002). *Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE. https://biowit.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/11/agroecologia-procesos-ecolc3b3gicos-en-agricultura-sostenible-stephen-r-gliessman.pdf

Gliessman, S. R., & Rosemeyer, M. (Eds.). (2010). *The conversion to sustainable agriculture: Principles, processes, and practices*. CRC.

González Arcos, M., Manzzioni, A., Britos, A., & Vicente, E. (2011). Cultivares de tomate de mesa y morrón en invernadero para el litoral norte (2011). En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Resultados finales de evaluación de variedades de tomate y morrón bajo invernadero y control biológico en cultivo de morrón protegido.* INIA. http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2415/1/18429120412122918.pdf

Google (2023). [San Bautista, Canelones, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 28 de setiembre de 2023 de https://maps.app.goo.gl/NLTvMWi1NLsoTV7B8

Google (2024). [San Bautista, Canelones, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 15 de enero de 2024 de https://maps.app.goo.gl/ttFQLckMRjwzC7qw6

Hedlund, A., Witter, E., & An, B. X. (2003). Assessment of N, P and K management by nutrient balances and flows on peri-urban smallholder farms in southern Vietnam. *European Journal of Agronomy*, *20*(1-2), 71-87. https://doi.org/10.1016/s1161-0301(03)00076-5

Instituto Nacional de Estadísticas. (2019). *Ingreso de los hogares y las personas: Segundo trimestre y junio 2019: Principales resultados.* https://www5.ine.gub.uy/documents/Demograf%C3%ADayEESS/PDF/ECH/Ingresos/2019/ECH%20Ingresos%20Junio%202019.pdf

Isaac, R. A., & Kerber, J. D. (1971). Atomic absorption and flame photometry: Techniques and uses in soil, plant and water analysis. En L. M. Walsh (Ed.), *Instrumental methods for analysis of soil and plant tissue*s (pp. 17-37). SSSA. https://doi.org/10.2136/1971.instrumentalmethods.c2

Logegaray, V., Olivares, L., Alonso, J., Galvez, J., & Frezza, D. (2018). Comportamiento agronómico-productivo de kale verde y morado (Brassica oleracea var. sabellica). *Horticultura Argentina, 37*(94), 169. https://www.horticulturaar.com.ar/es/pdf/257/resumenes-de-horticultura-xl-congreso-argentino-de-horticultura.pdf

Masera, O., Astier, M., & López-Ridaura, S. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El marco de evaluación MESMIS.* GIRA. https://www.mesmis.unam.mx/MESMIS/mesmis_u?xi=sustentabilidadymanejoderecursosnaturales.pdf

Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. En D. L. Sparks, A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Loeppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T. Johnston, & M. E. Sumner (Eds.), *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods* (pp. 961-1010). SSSA; ASA. https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssabookser5.3.c34

Nicholls, C. (2008). Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. *Agroecología, 1*, 37-48. https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/19

Nicholls, C. I., Altieri, M. A., & Vázquez, L. L. (2016). Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología, 10*(1), 61-72. https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300741

Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2011). *Censo General Agropecuario 2011*. MGAP. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/censo2011.pdf

Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2022). *Anuario estadístico agropecuario 2022*. MGAP. https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2022/O_MGAP_Anuario_estad%C3%ADstico_%202022-DIGITAL.pdf

Organización Mundial de la Salud. (1990). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases.* https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/59956/WHO_CPL_CVD_NUT_91.1.pdf?sequence=1

Piñeiro, D. (2005). *Caracterización de la producción familiar*. UPC. https://www.upc.edu.uy/produccion-familiar?download=80:pineiro

Piñeiro, D. E., & Cardeillac, J. (2014). Población rural en Uruguay: Aportes para su reconceptualización. *Revista de Ciencias Sociales*, *27*(34), 53-70. http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0797-55382014000100004&lng=es&tlng=es.

Reynoso de la Mora, V. (2017). *Influence of chemical, integrated and organic pest management strategies on whitefly and their natural enemies in greenhouse tomatoes in Uruguay* [Tesis de maestría, Wageningen University]. Wageningen University and Research eDepot. http://edepot.wur.nl/477479

Rosenberg, D. K., Noon, B. R., & Meslow, E. C. (1997). Biological corridors: Form, function, and efficacy. *BioScience*, *47*(10), 677-687. https://doi.org/10.2307/1313208

Rossing, W. A., Albicette, M. M., Aguerre, V., Leoni, C., Ruggia, A., & Dogliotti, S. (2021). Crafting actionable knowledge on ecological intensification: Lessons from co-innovation approaches in Uruguay and Europe. *Agricultural Systems*, *190*, Artículo e103103. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103103

Rossing, W. A., Dogliotti, S., Bacigalupe, G., Cittadini, E. D., Mundet, C., Mariscal Aguayo, V., Douthwaite, B., Alvarez, S., Cordoba, D., Lundy, M. E., Tehelen, K., & Almekinders, C. J. (2010). Project design and management based on a co-innovation framework: towards more effective research intervention for sustainable development of farming systems. En I. Darnhofer & M. Grötzer (Eds.), *9th European IFSA Symposium: Building sustainable rural futures: The added value of systems approaches in times of change and uncertainty* (pp. 402-412). IFSA. https://ifsa.boku.ac.at/cms/index.php?id=108#c265

Ruggia, A., Dogliotti, S., Aguerre, V., Albicette, M., Albin, A., Blumetto, O., Cardozo, G., Leoni, C., Quintans, G., Scarlato, S., Tittonell, P., & Rossing, W. (2021). The application of ecologically intensive principles to the systemic redesign of livestock farms on native grasslands: A case of co-innovation in Rocha, Uruguay. *Agricultural Systems*, *191*, Artículo e103148. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103148

Ryelandt, E., Bao, L., Scarlato, M., Rossing, W. A. H., & Bianchi, F. J. J. A. (2020). Explorando las comunidades de artrópodos en especies no cultivadas en sistemas hortícolas del sur del Uruguay. En I. Gazzano & G. García (Eds.), *VIII Congreso Latinoamericano de Agroecología 2020: Memorias (I)* (pp. 496-502). Universidad de la República; Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. https://ppduruguay.undp.org.uy/wp-content/uploads/2021/11/AE2020_Memorias_Volumen_I_compressed-1.pdf

Sarandón, S. (2002). El agroecosistema: Un sistema natural modificado: Similitudes y diferencias entre ecosistemas naturales y agroecosistemas. En S. Sarandón (Ed.), *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable* (pp. 119-134). Ediciones Científicas Americanas.

Scanu Gardiol, J. (2023). *Diversidad de artrópodos y fluctuación poblacional de Trialeurodes vaporariorum en cultivo de tomate bajo invernadero con diferentes sistemas de manejo* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.

Scarlato, M., Bao, L., Rossing, W., Dogliotti, S., Bertoni, P., & Bianchi, F. (2023). Flowering plants in open tomato greenhouses enhance pest suppression in conventional systems and reveal resource saturation for natural enemies in organic systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *347*, Artículo e108389. https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108389

Scarlato, M., Dogliotti, S., Bianchi, F. J. J. A., & Rossing, W. A. H. (2022). Ample room for reducing agrochemical inputs without productivity loss: The case of vegetable production in Uruguay. *Science of the Total Environment, 810,* Artículo e152248. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152248

Scarlato, M., Giménez, G., Lenzi, A., Borges, A., Bentancur, O., & Dogliotti, S. (2017). Análisis y jerarquización de factores determinantes de las brechas de rendimiento del cultivo de frutilla en el sur del Uruguay. *Agrociencia (Uruguay), 21*(1), 43-57. https://doi.org/10.31285/AGRO.21.1.6

Scarlato, M., Rieppi, M., Ferreira, I., Irurueta, S., Fernández, D., Bianchi, F. J. J. A., Rossing, W. A. H., & Dogliotti, S. (2023). Operationalizing an agroecological perspective for the diagnosis of vegetable farm systems to support co-innovation: The MEDITAE framework. En M. Scarlato García (Ed.), *Ecological intensification pathways for vegetable production systems in south Uruguay*. [Disertación doctoral, Wageningen University]. Wageningen University and Research eDepot. https://edepot.wur.nl/637260

Scarlato García, M. (2023). *Ecological intensification pathways for vegetable production systems in south Uruguay* [Disertación doctoral, Wageningen University]. Wageningen University and Research eDepot. https://edepot.wur.nl/637260

Spedding, C. R. W. (1990). Agricultural production systems. En R. Rabbinge, J. Goudriaan, H. van Keulen, F. W. T. Penning de Vries, & H. H. van Laar (Eds.), *Theoretical production ecology: Reflections and prospects* (pp. 239-248). Pudoc. https://wur.on.worldcat.org/oclc/902001914

Tittonell, P. (2014). Ecological intensification of agriculture-sustainable by nature. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, *8*, 53-61. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.08.006

Tittonell, P. (2019). Las transiciones agroecológicas: Múltiples escalas, niveles y desafíos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, *51*(1), 231-246. https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCA/issue/view/186/Tomo%20completo%201-2019

Tittonell, P. (2020). Assessing resilience and adaptability in agroecological transitions. *Agricultural Systems*, *184*, Artículo e102862. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102862

Tittonell, P. (2023). *A systems approach to agroecology*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42939-2

Von Bertalanffy, L. (1968). *General System Theory: Foundations, development, applications*. George Braziller.

Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2011). Agroecology as a science, a movement and a practice. En E. Lichtfouse, M. Hamelin, M. Navarrete, & P. Debaeke (Eds.), *Sustainable agriculture: Volume 2* (pp. 27-43). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0394-0_3

Wezel, A., Casagrande, M., Celette, F., Vian, J., Ferrer, A., & Peigné, J. (2013). Agroecological practices for sustainable agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*, *34*(1), 1-20. https://doi.org/10.1007/s13593-013-0180-7

# 7. ANEXOS

## Anexo A.

*Detalle de padrones de la fracción principal del predio*

| Padrón | Superficie (ha) | Índice productivo | 10.8b (ha) | 10.8b (%) | 10.8a (ha) | 10.8a (%) | 03.51 (ha) | 03.51 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3687 | 9 | 191 | 9 | 100% | - | - | - | - |
| 3631 | 10 | 191 | 10 | 100% | - | - | - | - |
| 10640 | 10 | 138 | 4 | 36% | 6 | 64% | - | - |
| 64525 | 6 | 191 | 6 | 100% | - | - | - | - |
| 48416 | 1 | 186 | 1 | 93% | - | 7% | - | - |
| 43915 | 13 | 150 | 2 | 17% | 6 | 47% | 5 | 36% |
| 48417 | 2 | 184 | 0 | 20% | - | - | 2 | 80% |
| 63046 | 2 | 184 | 0 | 20% | - | - | 2 | 80% |

**Anexo B.**

*Detalle de la Carta de Reconocimiento de suelos del Departamento de Canelones (1:40.000) de los padrones*

| **Padrón** | **Superficie (ha)** | **SRo;CadP;PdlP;Pant e2** | **Ba; PPa; PdlP; CGr; LP; Adj** | **EJ; Jua; Cer; PB; LV e2** |
|---|---|---|---|---|
| 3687 | 9 | 100% | - | - |
| 3631 | 10 | 100% | - | - |
| 10640 | 10 | 85% | - | 15% |
| 64525 | 6 | 100% | - | - |
| 48416 | 1 | 100% | - | - |
| 43915 | 13 | 80% | - | 20% |
| 48417 | 2 | 55% | 45% | - |
| 63046 | 2 | 60% | 40% | - |

## Anexo C.

*Participación en volumen y ventas por producto para el ejercicio 2018*

| Producto | Volumen total (kg) | Ventas totales | Participación volumen (%) | Participación Ventas (%) |
|---|---|---|---|---|
| Morrón rojo | 6.260 | 645.386 | 1,7% | 3,1% |
| Chauchas | 11.270 | 572.546 | 3,0% | 2,7% |
| Berenjena | 7.312 | 427.881 | 1,9% | 2,1% |
| Morrón amarillo | 3.020 | 272.027 | 0,8% | 1,3% |
| MIX DE MORRON | 2.968 | 249.185 | 0,8% | 1,2% |
| Berenjenas Mixtas | 1.952 | 126.298 | 0,5% | 0,6% |
| Morrón verde | 1.396 | 86.767 | 0,4% | 0,4% |
| Aji catalan | 966 | 72.595 | 0,3% | 0,3% |
| Ají Picante | 618 | 45.302 | 0,2% | 0,2% |
| Melón escrito | 19.930 | 734.349 | 5,3% | 3,5% |
| Cabutiá | 22.848 | 605.059 | 6,0% | 2,9% |
| Calabacín entero | 18.902 | 588.452 | 5,0% | 2,8% |
| Zucchini | 9.167 | 518.217 | 2,4% | 2,5% |
| Zapallitos | 8.947 | 319.015 | 2,4% | 1,5% |
| Pepinos | 7.771 | 303.602 | 2,1% | 1,5% |
| Calabaza | 1.910 | 59.235 | 0,5% | 0,3% |
| Pepino japones | 876 | 36.858 | 0,2% | 0,2% |
| Rúcula | 6.377 | 1.210.424 | 1,7% | 5,8% |
| Lechugas | 13.571 | 741.253 | 3,6% | 3,6% |
| Albahaca | 1.686 | 463.961 | 0,4% | 2,2% |
| Ciboulette | 788 | 462.024 | 0,2% | 2,2% |
| Perejil | 2.492 | 448.771 | 0,7% | 2,2% |
| Acelga | 15.490 | 439.683 | 4,1% | 2,1% |
| Lechuga crespa | 6.566 | 382.620 | 1,7% | 1,8% |
| Alluvia | 423 | 358.864 | 0,1% | 1,7% |
| Espinaca | 4.334 | 325.510 | 1,1% | 1,6% |
| Lechuga Roble | 4.142 | 246.499 | 1,1% | 1,2% |
| Rabanito | 243 | 212.978 | 0,1% | 1,0% |
| Remolacha | 4.214 | 194.280 | 1,1% | 0,9% |
| Apio | 819 | 179.235 | 0,2% | 0,9% |
| Lechuga morada | 2.851 | 164.870 | 0,8% | 0,8% |
| Cebollin de Verdeo | 1.370 | 145.948 | 0,4% | 0,7% |
| Nabos | 0 | 118.854 | 0,0% | 0,6% |
| Tomillo | 146 | 67.908 | 0,0% | 0,3% |
| Cebolla de verdeo | 587 | 64.125 | 0,2% | 0,3% |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Hinojo fresco | 0 | 56.746 | 0,0% | 0,3% |
| Albahaca Morada | 149 | 44.393 | 0,0% | 0,2% |
| Mizuna | 95 | 14.749 | 0,0% | 0,1% |
| Perejil crespo | 56 | 13.184 | 0,0% | 0,1% |
| Eneldo | 0 | 8.583 | 0,0% | 0,0% |
| Kale | 2.583 | 528.125 | 0,7% | 2,5% |
| Repollo blanco | 27.169 | 237.730 | 7,2% | 1,1% |
| Repollo rojo | 6.026 | 106.601 | 1,6% | 0,5% |
| Broccoli | 2.213 | 101.194 | 0,6% | 0,5% |
| Coliflor | 978 | 31.786 | 0,3% | 0,2% |
| Repollo bruselas | 0 | 7.154 | 0,0% | 0,0% |
| Tomate americano plancha | 41.109 | 2.045.183 | 10,8% | 9,8% |
| Tomate cherry | 21.090 | 1.170.365 | 5,6% | 5,6% |
| Tomate americano | 19.529 | 1.167.515 | 5,2% | 5,6% |
| Tomate Perita | 19.797 | 1.136.507 | 5,2% | 5,5% |
| Tomate Cherry Pecan | 12.330 | 656.308 | 3,3% | 3,2% |
| Tomate Tommy | 12.764 | 637.367 | 3,4% | 3,1% |
| Tomate chelo | 7.380 | 422.001 | 1,9% | 2,0% |
| Tomate Tigre | 5.120 | 271.506 | 1,4% | 1,3% |
| Tomate LV Rama | 220 | 24.684 | 0,1% | 0,1% |
| DESCONOCIDO[1] | 2.302 | 96.156 | 0,6% | 0,5% |
| DESCONOCIDO[1] | 3.388 | 65.814 | 0,9% | 0,3% |
| DESCONOCIDO[1] | 716 | 48.020 | 0,2% | 0,2% |
| DESCONOCIDO[1] | 1.000 | 25.894 | 0,3% | 0,1% |
| DESCONOCIDO[1] | 609 | 14.546 | 0,2% | 0,1% |
| DESCONOCIDO[1] | 84 | 3.927 | 0,0% | 0,0% |
| Total | 378.920 | 20.826.608 | 100,0% | 100,0% |

*Nota*. [1]Productos no identificados en los registros

## Anexo D.

*Componentes del balance de C para los cuadros a campo e invernáculos*

| Referencia | Rotación Campo 1 - Intensiva | Rotación Campo 2 | Rotación Campo 3 |
|---|---|---|---|
| MO (%) | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| C (%) | 2,9 | 2,9 | 2,9 |
| Cmin | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| C mineralizable | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| Densidad Aparente (Dap) | 1,3 | 1,3 | 1,3 |
| Área (m2) | 2.000,0 | 2.000,0 | 2.000,0 |
| Suelo (T) | 2.660,0 | 2.660,0 | 2.660,0 |
| C mineralizable (T) | 55,9 | 55,9 | 55,9 |
| C mineralizable (kg) | 55.866,2 | 55.866,2 | 55.866,2 |
| N° cultivos (años) | 7,0 | 4,0 | 4,0 |
| Mineralización anual (%) | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| C mineralizado por cultivo (kg) | 1.676,0 | 1.676,0 | 1.676,0 |
| C mineralizado total (kg) | 11.731,9 | 6.703,9 | 6.703,9 |
| Pradera en rotación (años) | - | 5,0 | 5,0 |
| Mineralización año 1 (%) | - | 3,0 | 3,0 |
| C mineralizado año 1 (kg) | - | 1.676,0 | 1.676,0 |
| Mineralización año 2-5 (%) | - | 1,0 | 1,0 |
| C mineralizado año 5 (kg) | - | 558,7 | 558,7 |
| C mineralizado en 5 años (kg) | - | 3.910,6 | 3.910,6 |
| C de pradera (%) | - | 0,5 | 0,5 |
| Producción anual pradera (kg) | - | 8.000,0 | 8.000,0 |
| C de pradera (kg) | - | 18.000,0 | 18.000,0 |
| Índice de humificación pradera | - | 0,3 | 0,3 |
| Aporte aéreo (kg) | - | 5.400,0 | 5.400,0 |
| Aporte aérea + raíces (kg) | - | 6.480,0 | 6.480,0 |
| Avena + vicia en rotación (A+V) | 3,0 | 2,0 | 2,0 |
| Producción A+V (kg) | 6.000,0 | 6.000,0 | 6.000,0 |
| C A+V (%) | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| C A+V (kg) | 7.200,0 | 4.800,0 | 4.800,0 |
| Índice de humificación A+V | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Aporte aéreo A+V (kg) | 1.440,0 | 960,0 | 960,0 |
| Aporte aérea + raíces A+V (kg) | 1.728,0 | 1.152,0 | 1.152,0 |
| Trigo en rotación | 1,0 | 1,0 | - |
| Producción trigo (kg) | 8.000,0 | 8.000,0 | - |
| C trigo (%) | 0,4 | 0,4 | - |
| C trigo (kg) | 3.040,0 | 3.040,0 | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Índice de humificación trigo | 0,3 | 0,3 | - |
| Aporte aéreo (kg) | 760,0 | 760,0 | - |
| Aporte aérea + raíces (kg) | 912,0 | 912,0 | - |
| Moha en rotación | 1,0 | - | 1,0 |
| Producción moha (kg) | 5.000,0 | - | 5.000,0 |
| C moha (%) | 0,5 | - | 0,5 |
| C moha (kg) | 2.250,0 | - | 2.250,0 |
| Índice de humificación moha | 0,3 | - | 0,3 |
| Aporte aéreo (kg) | 675,0 | - | 675,0 |
| Aporte aérea + raíces (kg) | 810,0 | - | 810,0 |
| Sudangrass en rotación | 1,0 | - | - |
| Producción sudangrass (kg) | 8.000,0 | - | - |
| C sudangrass (%) | 0,4 | - | - |
| C sudangrass (kg) | 3.200,0 | - | - |
| Índice de humificación sudangrass | 0,3 | - | - |
| Aporte aéreo (kg) | 800,0 | - | - |
| Aporte aérea + raíces (kg) | 960,0 | - | - |
| Materia fresca anual cama de gallina (kg) | 3.500,0 | 1.500,0 | 2.000,0 |
| Materia seca cama de gallina (%) | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Aporte cama de gallina (kg) | 18.375,0 | 4.500,0 | 6.000,0 |
| C de cama de gallina (%) | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Aporte C cama de gallina (kg) | 4.410,0 | 1.080,0 | 1.440,0 |
| Índice de humificación cama de gallina | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| C mineralizable cama de gallina (kg) | 2.205,0 | 540,0 | 720,0 |
| Materia fresca anual compost (kg) | 9.500,0 | 5.000,0 | 5.000,0 |
| Materia seca compost (%) | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| Aporte compost (kg) | 39.900,0 | 12.000,0 | 12.000,0 |
| C compost (%) | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Aporte C compost (kg) | 7.381,5 | 2.220,0 | 2.220,0 |
| Índice de humificación compost | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| C humificado compost (kg) | 5.167,1 | 1.554,0 | 1.554,0 |
| Entradas totales (kg) | 11.782,1 | 10.638,0 | 10.716,0 |
| Salidas (kg) | 11.731,9 | 10.614,6 | 10.614,6 |
| Balance (kg) | 50,2 | 23,4 | 101,4 |
| Balance anual (kg.año-1) | 7,2 | 2,6 | 11,3 |

## Anexo E.

*Balance de nutrientes (N, P, K) para la propuesta de rediseño definida*

| Grupo | Cultivo | Área total (ha) | Producción total (ton) | Requerimiento extracción (kg/ton) | | | Extracción total (kg) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | N | P | K | N | P | K |
| Ciclo largo | Tomate | 1,1 | 198,0 | 1,9 | 0,2 | 3,1 | 376,2 | 39,6 | 613,8 |
| Ciclo largo | Pimiento | 0,2 | 11,7 | 2,4 | 0,3 | 2,3 | 28,1 | 3,5 | 26,9 |
| Ciclo largo | Berenjena | 0,2 | 12,0 | 2,4 | 0,3 | 2,3 | 28,8 | 3,6 | 27,6 |
| Ciclo largo | Chaucha | 0,1 | 1,9 | 12,5 | 1,7 | 8,9 | 23,4 | 3,2 | 16,7 |
| Hojas | Lechuga | 1,5 | 28,5 | 1,5 | 0,3 | 3,5 | 42,8 | 8,6 | 99,8 |
| Hojas | Remolacha | 0,2 | 3,0 | 3,5 | 0,4 | 3,5 | 10,5 | 1,2 | 10,5 |
| Crucíferas | Brócoli | 0,5 | 8,6 | 2,1 | 0,6 | 1,6 | 18,0 | 5,1 | 13,7 |
| Crucíferas | Coliflor | 0,5 | 8,6 | 3,0 | 0,6 | 3,0 | 25,7 | 5,1 | 25,7 |
| Crucíferas | Repollo | 0,5 | 8,6 | 3,0 | 0,4 | 2,6 | 25,7 | 3,4 | 22,2 |
| Crucíferas | Kale | 0,3 | 7,5 | 2,1 | 0,6 | 1,6 | 15,8 | 4,5 | 12,0 |
| Cucurbitáceas | Zapallito & Zucchini | 0,9 | 22,5 | 1,0 | 0,2 | 1,5 | 22,5 | 4,5 | 33,8 |
| Cucurbitáceas | Zapallo | 2,3 | 52,4 | 1,0 | 0,2 | 1,5 | 52,4 | 10,5 | 78,7 |
| Cucurbitáceas | Melón | 0,2 | 4,0 | 2,5 | 0,3 | 3,5 | 10,0 | 1,2 | 14,0 |
| Cucurbitáceas | Sandía | 0,2 | 4,0 | 1,0 | 0,2 | 1,0 | 4,0 | 0,8 | 4,0 |
| Otros | Cebolla & Ajo | 0,9 | 25,9 | 2,5 | 0,4 | 2,4 | 64,8 | 10,4 | 62,2 |
| Otros | Papa | 0,8 | 19,0 | 3,5 | 7,0 | 5,4 | 66,5 | 133,0 | 102,6 |
| Otros | Boniato | 1,1 | 47,9 | 3,0 | 0,5 | 5,0 | 143,6 | 23,9 | 239,4 |
| Otros | Zanahoria | 0,2 | 2,7 | 2,0 | 0,4 | 4,0 | 5,4 | 1,1 | 10,8 |
| Otros | Frutilla | 0,2 | 5,3 | 2,9 | 0,5 | 3,2 | 15,2 | 2,6 | 16,8 |
| Total | - | 11,6 | 467,9 | - | - | - | 979,3 | 265,8 | 1431,1 |

**Anexo F.**

*Aportes por tipo de enmiendas para la propuesta de rediseño definida*

| Enmienda | Producción | % MS | % N | % P | % K | BF (Kg/ha) | MS (Kg/ha) | Área total (ha) | MS total (kg) | N | P | K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cama de gallina | Invernáculo | 75 | 1,9 | 2,2 | 2,4 | 5.500 | 4.125 | 2,2 | 9.075 | 172 | 201 | 218 |
| Compost | Invernáculo | 61 | 1,5 | 0,3 | 0,3 | 20.000 | 12.200 | 2,2 | 26.840 | 403 | 81 | 81 |
| Cama de gallina | A campo | 75 | 1,9 | 2,2 | 2,4 | 1.500 | 1.125 | 7,2 | 8.100 | 154 | 179 | 194 |
| Compost | A campo | 61 | 1,5 | 0,3 | 0,3 | 5.000 | 3.050 | 7,2 | 21.960 | 329 | 66 | 66 |

**Anexo G.**

*Esquema de círculos alrededor de áreas seminaturales del predio*

*Nota.* La intersección de los círculos indica una posible locación para una isla de vegetación. Elaborado en base a Google (2024).

Bibliografía Anexo G.

Google (2024). [San Bautista, Canelones, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 15 de enero de 2024 de https://maps.app.goo.gl/ttFQLckMRjwzC7qw6