

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JUJUY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JUJUY

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

INSTITUTO ARGENTINO DE PROFESORES UNIVERSITARIOS

DE COSTOS- IAPUCO

ESPECIALIZACIÓN EN COSTOS Y GESTIÓN EMPRESARIAL

TEMA: MÉTODOS CUANTITATIVOS DE GESTIÓN

TÍTULO: "APLICACIÓN DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA
DEFINIR EL PLAN DE PRODUCCIÓN DE UN SISTEMA HORTÍCOLA
FAMILIAR DE PEQUEÑA ESCALA. DPTO. SAN ANTONIO- JUJUY"

AUTOR: ING. AGR. MATÍAS MONTERO

DIRECTOR: MAB. ING. AGR OSVALDO DAVID MONTENEGRO

SAN SALVADOR DE JUJUY, ARGENTINA

AÑO 2021

DEDICATORIA

A los mentores e indispensables, que con su acompañamiento incondicional, palabras de aliento y confianza, sumaron a mi proceso de formación personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos los profesionales que realizaron aportes positivos y la familia Ramos a cargo del emprendimiento hortícola sobre el que se realizó este trabajo por la confianza y disposición para brindarme la información necesaria.

Capítulo I: Generalidades	13
1.1 Problema	13
1.1.1 Descripción	13
1.1.2 Formulación	14
1.2 Objetivos	14
1.2.1 General	14
1.2.2 Específicos	14
1.3 Alcance	15
1.4 Metodología	15
Capítulo II: Marco de Referencia	17
2.1 Contexto Hortícola	17
2.2.1 Horticultura: Concepto y Clasificación	17
2.2.2 Horticultura en Argentina	18
2.2.3 Horticultura en Jujuy	18
2.2 Marco Teórico	20
2.2.1 Sistema Económico	20
2.2.2 Producción	20
2.2.3 Proceso productivo y elementos constitutivos	20
2.2.4 Precio Mercado	21
2.2.5 Rendimiento	22
2.2.6 Ingreso	22
2.2.7 Costo: Concepto económico y clasificación	22
2.2.8 Margen Bruto	24
2.2.9 Planificación	25
2.2.10 Programación Lineal (PL)	25
2.2.11 Construcción de un modelo de PL	26
2.2.12 Método Simplex	28
2.2.13 Análisis de Sensibilidad o Post Optimal	28

2.2.14 Software "Solver"	30
Capítulo III: Caso en estudio "Sistema Hortícola Familiar Pequeña Escala"	31 de
3.1 Caracterización ambiental	31
3.2 Aspectos generales del emprendimiento en estudio	33
3.3 Proceso productivo hortícola	34
Capítulo IV: Resolución del caso	38
4.1 Construcción del modelo agrícola de PL	38
4.1.1 Procesamiento de datos preliminares al diseño del modelo	38
4.2.1 Diseño del modelo	40
4.2.2 Resultado	43
Capítulo V: Conclusiones finales	49
5.1 Conclusión	49
5.2 Recomendaciones	50
Bibliografía	51
Anexos	53
Anexo I: Análisis de suelo y agua	53
Anexo II: Fotos del sistema de producción familiar	55
Anexo III: Planillas de cálculo	56
<hr/>	
Índice de imágenes	Página
Proceso productivo y elementos constitutivos	Imagen N ^o 1: 20

Imagen N ^o 2: Ecuación del costo y componentes	23
Imagen N ^o 3: Ecuación de la función objetivo y ecuaciones de restricción.	29
Imagen N ^o 4: Ubicación geográfica del Sistema hortícola familiar de pequeña escala.	31
Imagen N ^o 5: Modelización matemática del caso en PL por medio del software Solver complemento de Excel.	43
Imagen N ^o 6: Ubicación espacial individual de cada uno de los cultivos definitivos obtenidos por Solver para el Plan de Producción otoño-invierno 2021.	48
Índice de	tablas
las	Página
Tabla N ^o 1: Serie de actividades a realizar en este trabajo, ordenadas por objetivos específicos	15
Tabla N ^o 2: Listado de especies de cultivos hortícolas de otoño-invierno, tipo de sistema y distancia de implantación y cronograma de actividades inmediatas del proceso productivo de cada uno a lo largo de la campaña otoño-invierno 2021	39
Tabla N ^o 3: Datos técnicos-económicos para el listado de especies de cultivos hortícolas potenciales de otoño-invierno para la finca.	40
Tabla N ^o 4: Planilla de datos para la obtención de la solución óptima por medio del uso del Software Solver	42
Tabla N ^o 5: Cálculo de máximo beneficio o MB total de la	44

finca hortícola y la determinación de superficies individuales con la combinación óptima de cultivos hortícolas para la campaña otoño-invierno 2021

Tabla N ^o 6: Informe de respuesta generado por medio del Software Solver	44
o	
Tabla N 7: Informe de límites generado por medio del Software Solver	45
Tabla N ^o 8: Informe de sensibilidad o análisis post optimal generado por medio del Software Solver	47
Tabla N ^o 9: Resumen de resultados obtenidos a través del software Solver para la campaña otoño-invierno 2021	47

RESUMEN

En las fincas hortícolas, se deben definir los tipos de productos a generar y las cantidades respectivas para lograr el máximo aprovechamiento de los recursos escasos.

Esta asignación se realiza usualmente por intuición y sin ningún estudio detallado de la demanda y precios de venta, por una falta de información formal; lo que complica la competitividad de los pequeños agricultores familiares. En el presente trabajo se analiza el caso de un Sistema de producción hortícola familiar de pequeña escala ubicado en el Dpto San Antonio de la provincia de Jujuy, surgiendo la PL como una alternativa de solución al problema de determinar la mezcla de productos que maximicen los beneficios económicos a obtener.

Así mismo se pretende realizar un aporte hacia la sustentabilidad de los sistemas de producción hortícola relacionando conceptos agronómicos como la diversificación productiva con el de rentabilidad.

INTRODUCCIÓN

La provincia de Jujuy, presenta una superficie de 53.219 km² y está conformada por cuatro regiones geográficas (Puna, Quebrada, Valle Templado y Yunga), diferenciadas por el relieve, clima, biomas y actividades económicas.

Según información del Programa de Servicios Agrícolas Provinciales (PROSAP 2012) el PBG¹ de Jujuy es el 0,8% del PB¹ de Argentina. El 9% corresponde a la producción de bienes primarios (agricultura, ganadería, etc.), entre estos la horticultura está en tercer lugar, representando el 5% de la producción nacional. El Sistema Hortícola Familiar de Pequeña Escala tratado en este trabajo, se encuentra en la Región Valle Templado; que concentra el 7% de la superficie provincial, ocupando la horticultura 261 lha (33% de la superficie hortícola provincial) según Censo Nacional Agropecuario 2008 (CNA).

Las EAP³ del tipo AF² con actividad hortícola (EAP < 5 Ha), representan el 25% de la superficie cultivada de la región. Los problemas que se presentan en AF son la escasa dotación de capital, reducida superficie destinada a la producción agrícola, falta de acceso al crédito, irregularidades en la tenencia de la tierra, problemas en la comercialización, escaso acceso al asesoramiento profesional agronómico y de gestión empresarial en su unidad de producción.

¹ Producto Bruto Interno (PBI): Indicador macroeconómico que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de demanda final de un país durante un período determinado.

³ Explotación Agropecuaria (EAP): Unidad de organización de la producción con una superficie mayor a 500 m², dedicada a la producción de bienes agrícolas, pecuarios o forestales.

² Agricultura Familiar (AF): Según Foro Nacional de la Agricultura Familiar (2006), es un tipo de producción donde la Unidad Doméstica y la Unidad Productiva están físicamente integradas; la agricultura es la principal ocupación y fuente de ingreso del núcleo familiar, la familia aporta la fracción predominante de la fuerza de trabajo utilizada en la explotación, y la producción se dirige al autoconsumo y al mercado conjuntamente. En Argentina representan el 80% de las unidades de base agrícola.

Este escenario permite plantear el uso de un modelo de optimización como la PL (PL) a fin de realizar un aporte positivo desde el uso de una herramienta de gestión.

Producto Bruto Geográfico (PBG): Indicador económico que mide el valor total de los bienes y servicios finales de una provincia o región durante un período determinado.

Así este trabajo se desarrollada en cinco capítulos. El capítulo uno, trata las generalidades, describe y formula el problema, plantea los objetivos y la metodología a usar. El capítulo dos, trata sobre el marco de referencia y conceptos teóricos pertinentes como respaldo para sustentar la solución del problema. El tercer capítulo, aborda la caracterización actual del emprendimiento, ubicando al lector sobre la naturaleza de la organización donde se realizó el trabajo. El capítulo cuatro, se refiere a la propuesta técnica, en donde se despliega la solución al problema mediante la propuesta de implementación de la PL. En el último capítulo se expone las conclusiones y recomendaciones.



JUSTIFICACIÓN

El emprendimiento familiar objeto de estudio en necesidad de mejorar el modo de operación y la toma de decisiones productivas, así como el resultado financiero; recurre a este asesoramiento técnico en búsqueda de una solución. De esta manera es que surge la utilización de la Optimización Lineal como un método adecuado cuando se quiere identificar la combinación óptima de las variables organizacionales y tecnológicas de un sistema productivo, particularmente cuando el análisis se realiza en un contexto de relaciones internas complejas entre la tecnología, la ecología y la economía. Siendo cuidadoso en la formulación del modelo de tal forma que permita investigar el impacto en el cambio de las condiciones subyacentes de manera de identificar ventajas y desventajas de las diferentes alternativas de cultivos que se propongan en la unidad de producción. La propuesta del presente trabajo es aplicar los conceptos adquiridos durante el cursado de los módulos del Posgrado "Especialización en Costos y Gestión Empresarial" y específicamente en el Módulo de Métodos Cuantitativos de Gestión donde se utilizó la PL como herramienta de gestión.

Capítulo I: GENERALIDADES

1.1 Problema

1.1.1 Descripción

Se plantea el caso real de un Sistema Hortícola Familiar de Pequeña Escala, ubicado en la Región Valle Templado, Dpto San Antonio, Provincia de Jujuy, Argentina.

El sistema productivo en estudio se trata de un emprendimiento de gestión familiar del tipo AF, cuya actividad económica comprende la producción a campo, acondicionamiento y comercialización de hortalizas. La fuerza laboral es familiar, no cuentan con una distribución formal de funciones, tenencia de la tierra por arrendamiento, infraestructura y maquinarias mínimas y como canal de comercialización mercados y ferias hortícolas cercanas.

En el emprendimiento no se registran los movimientos y beneficios resultantes de la actividad productiva; además por la naturaleza de los productos hortícolas

(falta de estandarización de producto, etc.) no dispone de datos formales y certeros para generar una buena planificación.

El productor (padre de familia a cargo de las decisiones) tiene conocimiento de técnicas productivas que son necesarias integrarlas en el marco de las BPA³. Diversifica la producción (sin parámetros objetivos), cultivando distintas especies de hortalizas, para gestionar riesgos económicos-ambientales e ingresos anuales. Por todo lo antes expuesto el productor, tiene la iniciativa de buscar la optimización del uso de los recursos limitados en busca de un uso eficiente para el logro de mejores resultados.

1.1.2 Formulación

De acuerdo a la problemática presentada, buscando un impacto positivo en el sistema de producción hortícola con un enfoque de diversificación y buenas prácticas de manejo de cultivos que promuevan la sustentabilidad, ingresos y minimización del riesgo financiero; se plantea la siguiente pregunta: ¿Se puede optimizar la toma de decisiones y el resultado financiero del emprendimiento a través de la planificación y diversificación de la producción hortícola a través de la utilización de la PL?

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Generar un modelo de optimización para ser aplicado en la toma de decisiones y definir el plan de producción en un Sistema Hortícola Familiar de Pequeña Escala para la campaña otoño-invierno 2021.

³ Buenas Prácticas Agrícolas (BPA): son todas las acciones tendientes a reducir los riesgos microbiológicos, físicos y químicos en la producción primaria de alimentos de origen vegetal (frutas, hortalizas y aromáticas); asegurando la sostenibilidad ambiental, económica y social para los procesos productivos de la explotación agrícola, garantizando la calidad e inocuidad de los alimentos y de los productos no alimenticios. A aplicarse a partir del 4 de enero de 2021 según Resol N°5/18 de las Secretarías de Regulación y Gestión Sanitaria, y la de Alimentos y Bioeconomía.

1.2.1 Específicos

- Recolección de datos económicos, agronómicos y definición de los cultivos hortícolas con potencial de producción para la campaña otoño-invierno 2021.
 - Calcular Ingresos, Costos del Proceso Productivo y el Margen Bruto por cultivo hortícola.
- Modelizar la unidad de producción hortícola por medio del software Solver y encontrar el plan óptimo de producción para lograr el resultado máximo.

1.3 Alcance

Este trabajo abarca desde la recolección de datos de fuente primaria y secundaria económicos y agronómicos, hasta la generación del plan de producción hortícola óptimo obtenido por PL.

1.4 Metodología

El diseño que se adopta es investigación cualitativa-cuantitativa en el campo; debido a que se observa la realidad directamente sobre el objeto de estudio, con la finalidad de originar resultados a partir de los hechos encontrados.

Se utilizará la observación directa-participante y entrevistas semiestructuradas, procurando establecer una relación directa a los fines de orientar y ajustar el plan respecto a la unidad de producción, tecnología, mercado, comercialización y planificación.

A efectos de sistematizar el trabajo se siguen una serie de actividades ordenadas para cada uno de los objetivos específicos, para poder cumplir con el objetivo general (Tabla 1).

Tabla N^o1: Serie de actividades a realizar en este trabajo, ordenadas por objetivos específicos.

Objetivo	Actividades
----------	-------------

<p>Recolección de datos económicos, agronómicos y definición de los cultivos hortícolas con potencial de producción para la campaña otoño-invierno 2021.</p>	<p>Recolección de datos de fuente primaria económicos y agronómicos por observaciones In Situ, reuniones con el productor, toma de muestras y análisis de suelo y agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recolección de datos secundarios económicos y agronómicos de datos climáticos, precios mensuales de los productos (hortalizas) e insumos. - Definir los potenciales cultivos que se pueden realizar desde el punto de vista agronómico (aspectos edafoclimáticos, biodiversidad, de agua por calidad y disponibilidad para riego y aplicación de BPA) y requerimientos solicitados por el productor. - Definir con el productor la disposición temporal y rendimientos de producción de los
	<p>potenciales cultivos hortícolas dentro de la temporada otoño-invierno.</p>
<p>Calcular el Margen Bruto por cultivo hortícola.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Calcular los precios promedios de venta de los potenciales cultivos hortícolas, según la disposición temporal acordada con el productor. - Calcular el Ingreso Bruto para cada uno de los potenciales cultivos hortícolas. - Identificación de etapas del proceso productivo para cada uno de los potenciales cultivos hortícolas según naturaleza de productos (primarios y secundarios). - Identificación para cada uno de los potenciales cultivos hortícolas de actividades y el producto generado (unidades de obra) por cada una de ellas. - Organización de las actividades para cada uno de los potenciales cultivos hortícolas según el proceso técnico de producción. - Cálculo de los costos directos por actividad para cada uno de los potenciales cultivos hortícolas. - Calcular el Margen Bruto por hectárea para cada uno de los potenciales cultivos hortícolas.

<p>Modelizar la unidad de producción hortícola por medio del software Solver y encontrar el plan óptimo de producción para lograr el resultado máximo.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Construcción de la función objetivo de maximización de beneficio, definiendo coeficiente y variable con los potenciales cultivos hortícolas. Definir y modelar matemáticamente las restricciones.- Programar el modelo matemático y resolverlo a partir del uso de la informática con el software Solver. Generar el plan óptimo de producción con la asociación de cultivos definitivos, según los resultados generados con Solver.- Realizar análisis e interpretación de los resultados obtenidos or el modelo de PL ro uesto.
--	---

Fuente: Elaboración propia para la ejecución de este trabajo.

Capítulo II: MARCO DE REFERENCIA

2.1 Contexto Hortícola

2.2.1 Horticultura: Concepto y Clasificación

La Horticultura dentro de la agricultura, es la disciplina dedicada a la producción de hortalizas (plantas herbáceas como verduras y legumbres), para ser consumidas crudas o cocidas por las personas.

Según la tecnología y/o técnica de manejo utilizada, se puede clasificar como: -
Convencional: Maneja el sistema de producción en todas sus etapas con una visión de medio natural modificado y baja integración al medio natural circundante. Trabaja bajo el concepto de monocultivo y dependencia de tecnologías e insumos externos; utiliza agroquímicos de síntesis y métodos mecánicos de labranza.

- Orgánica: Maneja el sistema de producción en todas sus etapas con una visión de mayor integración con respecto al sistema convencional, respetando el medio natural circundante. Trabaja bajo el concepto de monocultivo y policultivo, baja dependencia de tecnologías e insumos externos; utiliza agroinsumos orgánicos adquiridos o autogenerados y control biológico como una técnica de manejo de plagas y enfermedades.

- Agroecológica: Maneja el sistema de producción en todas sus etapas con una visión de sistema totalmente integrado al medio natural circundante. Trabaja solo bajo el concepto de policultivo, independencia de tecnologías e insumos externos; utiliza técnicas que imitan los procesos biológicos de la naturaleza y diseño del espacio productivo centrado en el cuidado del suelo y la biodiversidad para garantizar los servicios ecológicos.

2.2.2 Horticultura en Argentina

La horticultura se distingue por exhibir prácticas muy especializadas según el cultivo y en general por la pequeña escala de las tareas y la superficie en que se desarrolla.

En Argentina esta actividad ocupa el 1,5 % de la superficie cultivada del país (500000 ha). Existe una gran variabilidad en el tamaño de los establecimientos hortícolas (menor 0,25 ha a mayor 10 ha), produciendo entre 8 a 10 millones de toneladas de hortalizas por año. Por la perecebilidad de los productos, los sistemas de producción se encuentran cercanos a los centros de consumo, formando los denominados "cinturones verdes"; cobrando por lo tanto una trascendencia desde el punto de vista geopolítico y estratégico al formar parte de las llamadas "economías regionales".

Se diferencia de producciones extensivas de cereales y oleaginosas por su elevado valor económico por unidad de peso, alta producción por unidad de superficie cultivada y alto grado de intensidad en cuanto a la utilización de los factores de producción tierra, trabajo, capital y tecnologías (se encuentra dentro de los denominados sistemas de producción intensivos por la alta demanda de factores al momento de llevar adelante el proceso productivo). Esta actividad productiva absorbe el 36 % de la demanda de mano de obra del sector de la producción primaria argentina, a esta cifra debe sumarse a aquellas personas ocupadas en el resto de la cadena de valor.

2.2.3 Horticultura en Jujuy

El PBG de Jujuy representa 0,8% del PBI de Argentina y el 67% corresponde al sector terciario de servicios (principalmente comercio mayorista y minorista), 24% al sector secundario (se destaca la industria manufacturera) y el 9% al sector

productor de bienes primarios (agricultura, ganadería, caza y silvicultura y la explotación de minas y canteras). Entre las actividades de este último sector, la producción de hortalizas es la tercera, generando el 5% de la producción nacional, desarrollándose en tres regiones (Valle Cálido, Valle Templado y Quebrada) y ocupando un total de 8000 ha.

En la provincia la producción de hortalizas está vinculada a la AF y específicamente en la Región de Valle Templado donde se encuentra el sistema producción bajo estudio; prevalece dentro del estrato de EAP<5 ha, que representa el 25% de la superficie cultivada en esta región. Son propietarios o arrendatarios de la tierra y la mano de obra es familiar, un 26% de la AF comercializa los productos por su cuenta en ferias y mercados, mientras el resto realiza la venta al pie a los intermediarios o acopiadores. Finalmente, en la producción hortícola jujeña existe escasa incorporación de tecnología de postcosecha, lo cual sumado a la perecibilidad de los productos limita la posibilidad de incorporarse a los mercados más alejados.

En esta actividad de acuerdo a la escala se encuentran diferentes modelos productivos que originan la heterogeneidad y falta de estandarización de los sistemas, desde los sistemas pequeños hasta los de altos volúmenes de producción y perfil comercial.

El acceso a los insumos (agroquímicos, semillas, etc) y las oscilaciones por estacionalidad del precio de venta de las hortalizas, condicionan la competitividad en las unidades de producción; esto implica la necesidad de un aprendizaje continuo, control y ajustes de procesos que no toda AF puede o está en condiciones de realizar en la unidad de producción por existir problemas de diversas carencias entre las que se destacan: nivel de escolaridad, limitado acceso a servicios básicos, escaso o nulo acceso al crédito, tecnología y capacitación.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Sistema Económico

Los Sistemas Económicos surgen cuando las necesidades de las personas se satisfacen, mediante cantidades ciertas de "bienes" y "servicios" de disponibilidad limitada (bienes económicos), generados por sujetos económicos (individuos o entes) que a su vez son generados con recursos también de disponibilidad limitada.

2.2.2 Producción

Desde el punto de vista económico es la actividad que "crea valor", aumentando la capacidad de los bienes para satisfacer necesidades, consumiendo factores productivos y obteniendo resultados productivos.

2.2.3 Proceso productivo y elementos constitutivos

Es el Sistema formado por un conjunto acciones con un orden técnico, ejecutadas a base del consumo de recursos y/o factores de la producción para darles distinta utilidad a la que tenían antes del ejercicio de aquellas y así obtener objetivos y/o resultados productivos (Imagen 1).

Imagen N^o 1: Proceso productivo y elementos constitutivos.



Fuente: Apuntes módulo Teoría General del Costo-Posgrado Esp. En Costos y Gestión Empresarial IAPUCO 2021.

Los elementos esenciales y constitutivos son:

- Factores o recursos: Bienes o servicios económicos empleados con fines productivos. Dentro de la fase de mercado, se pueden definir: Bienes Intermedios (bienes materiales consumibles en el primer uso), Servicios Intermedios (servicios de naturaleza diversa prestados por terceros), Bienes de Capital (bienes materiales de consumo diferido), Recursos Naturales (elementos escasos y no modificados de la naturaleza, Recursos Humanos (servicios prestados por dotación estable de personal y Capital Financiero (montos de recursos monetarios inmovilizados).

- Acciones: Formadas por tareas, que se suceden con un encadenamiento coherente en el proceso productivo. Según el servicio que brindan son: Inmediatas (servicio con vinculación directa al producto final u otras acciones inmediatas) y Mediatas (servicios sin vinculación directa al producto final y consumidos por otras acciones mediatas o inmediatas).
- Resultados o productos: Todo bien o servicio obtenido de un proceso productivo. Según la modalidad para generar productos, se distinguen: Producción Simple (se obtiene un único bien o servicio), Producción Múltiple Alternativa (se obtiene más de un único bien o servicio, aplicando factores alternativamente a la obtención de uno u otro producto) y Producción Múltiple Conexa (se obtiene más de un único bien o servicio, porque es técnicamente es imposible realizar un producto sin obtener al mismo tiempo más de un producto).

2.2.4 Precio Mercado

El precio de mercado es la expresión monetaria (\$, u\$, etc.) que se le asigna a un bien (producto o servicio) por parte de la empresa que lo ofrece y que en un mercado libre y competitivo queda definido por la interacción entre la oferta y la demanda. Este es uno de los datos principales a tener en cuenta al momento de estar realizando la planificación en una empresa.

2.2.5 Rendimiento

El Rendimiento o Rinde es una Medida de Productividad Física, muy utilizada en empresas del sector agropecuario, para cuantificar los volúmenes de producción obtenidos o a obtener por unidad de insumo. Este indicador se expresa en unidades físicas (kg/ha, tn/ha, qq/ha, etc.) y surge de la relación entre unidades físicas de producto (kg, tn, qq, m³, etc.) y unidades físicas de insumo (ha, m², l,

$$\text{Rendimiento} = \text{Unid. Prod (Qp)} \mid \text{Unid Ins. (Qi)}$$

2.2.6 Ingreso

El Ingreso es una Medida de Productividad Monetaria; que le permite a una empresa registrar ingresos económicos. Este indicador se expresa en unidades monetarias en numerador y físicas en denominador (\$/ha, U\$/ha, etc.) y surge

del producto entre el Rendimiento (tn/ha, kg/ha, etc.) y el Precio Unitario de Venta (\$/tn, \$/kg, etc.) de cada uno de los productos.

$$\text{Ingreso Bruto (IB)} = \text{Rendimiento} \times \text{Precio Unitario de Venta (PUV)}$$

2.2.7 Costo: Concepto económico y clasificación

Es toda vinculación coherente entre un resultado productivo y los factores necesarios para lograrlo, está compuesto por un Componente Físico (cantidad de factor necesaria para obtener el resultado) y un Componente Monetario (valor necesario para disponer de una unidad del factor en el proceso) (Imagen 2).

Imagen N°2: Ecuación del costo y componentes.

$$C_a = \sum_{i=1}^n \underbrace{(Q \ X(i), a)}_{\text{Componente Físico}} * \underbrace{P \ X(i)}_{\text{Componente de Valor}}$$

Componente de Valor

Componente Físico

Relación de Productividad del tipo:
"Q de unidades de factor por unidad de objetivo"

Fuente: Apuntes módulo Teoría General del Costo-Posgrado Esp. En Costos y Gestión Empresarial IAPUCO 2021.

Según la dependencia en un proceso productivo o actividad determinada, los costos se clasifican en:

- Costos Directos (CD): son aquellos que dependen de la realización o no de determinada actividad, son específicos de la misma y tienen vinculación directa con el resultado y/u objetivo. Pueden a su vez ser variables o fijos. Por ejemplo, en un cultivo son Costos Directos tanto las erogaciones por labores e insumos como los gastos de comercialización, fletes y cosecha; sin embargo, respecto a la productividad los primeros son costos fijos y variables los segundos.
- Costos Indirectos (CI): son aquellos que permanecen constantes independientemente de la decisión de producción que se considere, por lo que no tienen vinculación directa con el resultado y/u objetivo. En análisis de corto

plazo, están representados generalmente por los gastos de estructura, amortizaciones e intereses de las mejoras, maquinarias y gastos generales. En el largo plazo es susceptible de modificarse la estructura de la empresa por lo cual deben considerarse todos los costos como directos.

2.2.8 Margen Bruto

Es una Medida de Productividad Monetaria que para su cálculo tiene en cuenta los Ingresos y Egresos dentro de una empresa. Se trata de un indicador de cálculo sencillo y ampliamente utilizado en emprendimientos del sector agropecuario especialmente para tomar decisiones de corto plazo ex ante y/o ex post.

El Margen Bruto (MB) es el resultado de la diferencia entre el Ingreso Bruto (\$/ha, U\$S/ha, etc.) generado durante un plazo determinado de tiempo por una actividad y los Costos Directos (\$/ha, U\$S/ha, etc.) atribuibles a cada una de ellas, y se expresa en unidades monetarias en numerador y físicas en denominador (\$/ha, U\$S/ha, etc.). A partir de datos físicos (tanto de insumos como de productos) y asignándoles un valor económico (precios de mercado) se obtiene una estimación del beneficio económico resultante parcial por actividad y global de toda la explotación.

$$\text{Margen Bruto (MB)} = \text{Ingresos Brutos (IB)} - \text{Costos Directos (CD)}$$

Si se analiza una actividad pasada o Ex post (MB útil para diagnóstico y control), se necesita información física y económica que se originó a través del desarrollo de la misma. Si es una actividad a realizarse o Ex ante (MB útil en la toma de decisión), es necesario formular un modelo económico - productivo de la futura actividad, especificando la tecnología propuesta y considerando las condiciones agroecológicas de la zona.

Como resultado económico el MB por unidad de un recurso limitante es útil para: Seleccionar actividades que compiten por un factor de producción limitante (capital, trabajo, tierra), seleccionar una tecnología o técnicas de producción (sembrar variedad o híbrido con distintos potencial de ingresos y costos directos, etc.), decidir diversificar el riesgo (combinar actividades y/o cultivos con los mejores MB) y analizar el desempeño entre explotaciones similares, entre otras aplicaciones prácticas.

El criterio de MB va acompañado de otras variables subjetivas como el grado de riesgo que el productor está dispuesto a asumir (se debe realizar análisis de sensibilidad) y objetivas como limitaciones de capital.

2.2.9 Planificación

Es la determinación anticipada de la integración de la empresa (qué actividades se realizarán, cuánto de cada una de ellas), la intensidad (como se llevarán a cabo las actividades) y de su infraestructura (qué se requiere, cuánto se necesita y cómo debe ser).

Permite determinar un camino de acción conveniente a cada situación. Mientras la planificación puede delegarse en una u otras personas dentro o fuera de las empresas (por ejemplo, asesores), la decisión queda reservada al empresario que debe asumir la responsabilidad sobre misma.

Es posible planificar aspectos parciales, de una sola actividad o globalmente la empresa integrada en su totalidad.

El resultado de este proceso es el Plan, que no abarca la toma de decisión en sí misma, siendo que esta forma parte de un proceso posterior.

2.2.10 Programación Lineal (PL)

Es un método de planificación muy útil para tomar decisiones que requieren una elección entre un gran número de alternativas. La importancia de su aplicación radica en su fortaleza para modelar problemas complejos y la posibilidad que tienen los usuarios para resolver modelos de gran escala mediante programas de cómputo sustentados en el procedimiento de resolución Simplex y el análisis Post-optimal.

Es un método matemático de resolución de problemas donde el objetivo es optimizar (maximizar o minimizar) un resultado a partir de seleccionar los valores de un conjunto de variables de decisión, respetando restricciones

correspondientes a disponibilidad de recursos, especificaciones técnicas, u otras condicionantes que limiten la libertad de elección.

Fue durante la Segunda Guerra Mundial en el ámbito militar e inmediatamente después en el ámbito civil, cuando esta herramienta toma importancia por su aplicación en los problemas de planificación; potenciada a partir del desarrollo tecnológico de las computadoras, pues se requiere un gran número de cálculos para la resolución de los modelos.

Los primeros esfuerzos para aplicar la PL a los problemas agrícolas fueron difíciles y produjeron pocos resultados válidos. Las subsiguientes mejoras del método, el desarrollo de los ordenadores electrónicos y de las rutinas prácticas de cálculo, han hecho de PL un instrumento eficaz para analizar y optimizar la organización de una explotación agrícola.

El primer intento de aplicación a estudios relacionados con la agricultura se debe a Jerome Cornfield en el año 1941, quien trataba de atender las necesidades nutricionales de animales de granja a un costo mínimo. La típica explotación agrícola dispone de recursos y posibles planes de producción en el sector agropecuario se cifra en millones, a causa de los diversos recursos utilizados y del amplio abanico de alternativas de producción que son posibles en una empresa agropecuaria. Por ello, la principal ventaja de la PL como método de planificación no es tanto la conducción a un plan esquemático y sencillo, sino la consecución de un método para analizar una variedad de decisiones alternativas.

2.2.11 Construcción de un modelo de PL

El modelo general de un problema de PL consta de 2 (dos) partes:

• objetivo | puede ser la maximización de al unas variables de in reso

$$Z = C_1 X_1 + \dots + C_n X_n \quad Z = \sum C_j X_j$$

Z = Función objetivo lineal de maximizar o minimizar.

C = Coeficiente técnico. Precio neto, costo unitario o margen bruto, según sea el modelo.

X = Variable. Representa el nivel de actividad o proceso.

- Función objetivo: Función lineal que se ubica en un hiperplano en el espacio n-dimensional. Se desplaza paralelamente y es la que determina el nivel de optimización. Se puede representar de la siguiente manera: El que

pueden variar desde ingresos y márgenes netos o brutos, dependiendo según se estructure el modelo. También puede aplicarse a los problemas de minimización de costos y estos programas parten de un diferente conjunto de criterios para su optimización.

Los coeficientes C_1, C_2, \dots, C_n son los coeficientes técnicos (conocidos) de costos ingresos o márgenes. Las variables de decisión X_1, X_2, \dots, X_n son variables o niveles de cada una de las actividades que deben determinarse a través de la resolución del problema.

- Restricciones o desigualdades: Funciones lineales que expresan de forma analítica las limitaciones del sistema de producción. El conjunto de restricciones se presenta de la siguiente manera:

$$A_{11} X_1 + A_{12} X_2 + \dots + A_{1n} X_n \leq B_1$$

$$A_{21} X_1 + A_{22} X_2 + \dots + A_{2m} X_n \leq B_2$$

$$A_{m1} X_1 + A_{m2} X_2 + \dots + A_{mn} X_n \leq B_m$$

$X_n \geq 0$

A_{ij} = Coeficientes técnicos.

X_j = Actividades o procesos, las cuales también se tomaron en cuenta en la función objetivo. B_i = Niveles o limitaciones de recursos.

Existen 3 (tres) tipos básicos de restricciones: de máximo de mínimo (\leq y \geq) e igualdad ($=$), y estas pueden ser clasificadas en razón a su objetivo:

- Restricciones de recursos o entradas: Como tales pueden incluirse tierra, capital, mano de obra e instalaciones.

- Restricciones externas: Esta clase incluye conceptos tales como las asignaciones gubernamentales de superficie de tierra y los límites de crédito asignados a los productos.
- Restricciones subjetivas: Las impone el propio operador y los límites pueden ser difíciles de definir, pero frecuentemente son reales y significativos en el proceso de planificación. A menudo las restricciones impuestas provienen de los propios objetivos personales o del negocio del planeador.

2.2.12 Método Simplex

Es uno de los métodos analíticos utilizados para la resolución de problemas de PL. Consiste en la utilización de un algoritmo para optimizar el valor de la función objetivo teniendo en cuenta las restricciones planteadas.

Cuenta con la habilidad de resolver modelos más complicados que los resueltos a través del método gráfico. A pesar de ser un método que cuenta con un procedimiento algebraico, los conceptos de "Simplex" originalmente son geométricos; se implementa como un procedimiento interactivo, es decir se aplica de manera sucesiva la misma rutina de cálculo, lo que genera por resultado una amplia variedad de soluciones sucesivas hasta obtener el último resultado obtenido.

2.2.13 Análisis de Sensibilidad o Post Optimal

Se encarga de estudiar cómo afectaría a la solución óptima obtenida por PL y a la función objetivo el cambio (dentro de un rango predeterminado) de uno de los parámetros, manteniendo fijos los restantes. Ayuda a conocer cómo afectarían estos cambios a la solución óptima obtenida y a los beneficios totales; permitiendo hacer cambios en el modelo original con la finalidad de encontrar un valor óptimo aún mejor o conocer los resultados que se daría si se cambia el plan de producción antes de ejecutar el proyecto representado en el modelo.

Este tipo de análisis tan sólo tiene sentido para modelos lineales no enteros (no se usa en modelos enteros ni cuadráticos).

Esta herramienta se utiliza para examinar los efectos de cambios en tres áreas diferenciadas del problema (Imagen 3):

- Coeficientes de la función objetivo (coeficientes objetivo). Los cambios en los coeficientes objetivos NO afectan la forma de la región factible, por lo que no afectarán a la solución óptima (aunque sí al valor de la función objetivo).
- Coeficientes tecnológicos (aquellos coeficientes que afectan a las variables de las restricciones, situados a la izquierda de la desigualdad). Los cambios en estos coeficientes provocarán cambios sustanciales en la forma de la región factible. Gráficamente (en el caso de 2 variables) lo que varía es la pendiente de las rectas que representan las restricciones.
- Recursos disponibles (los términos independientes de cada restricción, situados a la derecha de la desigualdad). Intuitivamente (para 2 variables), los cambios en el RHS suponen desplazamientos paralelos de las rectas asociadas a las restricciones, lo cual hará variar la forma de la región factible y, con ello, a la solución óptima.

Imagen N°3: Ecuación de la función objetivo y ecuaciones de restricción.

Diagrama que muestra la ecuación de la función objetivo y las ecuaciones de restricción con flechas que indican cómo los coeficientes afectan a cada parte.

$$\begin{array}{l} \text{MAX} \\ \text{ST} \end{array} \quad \begin{array}{l} 10 X + 20 Y \\ 3 X + 1 Y \geq 9 \\ 1 X - 3 Y \geq 5 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Recursos} \\ \text{(RES)} \end{array}$$

Las flechas indican:

- Una flecha apunta desde "Coeficientes Objetivo" hacia los términos $10 X + 20 Y$.
- Una flecha apunta desde "Coeficientes Tecnológicos" hacia los términos $3 X + 1 Y$ y $1 X - 3 Y$.

Fuente: Trabajo "La programación lineal, aplicación en pequeñas y medianas empresas" Boirivant 2009.

2.2.14 Software "Solver"

Solver es un programa complemento presente en las hojas de cálculo de Excel, que permite resolver problemas de optimización en presencia de restricciones, como son los modelos de PL (utiliza el método Simplex y el de ramificación) y no

lineales (utiliza el método GRG2). Permitiendo como objetivo final tomar mejores decisiones en una empresa.

A partir de objetivos y estableciendo restricciones, con la herramienta Solver se puede buscar el valor óptimo para una celda (celda objetivo), donde se escribe la fórmula de la función objetivo.

Solver cambia los valores de un grupo de celdas, denominadas variables de decisión relacionadas directa o indirectamente con la fórmula de la celda objetivo.

CAPÍTULO III: CASO EN ESTUDIO "SISTEMA HORTÍCOLA FAMILIAR DE PEQUEÑA ESCALA"

3.1 Caracterización ambiental

- Ubicación: El predio donde se desarrolla el sistema de producción hortícola en estudio, se localiza sobre la ruta provincial N^o 2 a los 24^o 21' 16,82"S , 65°20'52,31"Oy 1417 msnm en el paraje "El Carril", Dpto San Antonio, dentro de la región geográfica de Valle Templado en la provincia de Jujuy, Argentina (Imagen 4).

Imagen N.^o4: Ubicación geográfica del Sistema hortícola familiar de pequeña escala.



Fuente: Elaboración propia utilizando el software QGis 2.18.16. Incluye medición de la superficie total del lote arrendado para cultivo, sitio donde se encuentra la vivienda familiar, vías de acceso y la ubicación de la toma de agua para riego.

- Clima: El clima en la localidad es Subtropical Serrano, el régimen de precipitaciones Monzónico (concentra hasta 90% de la precipitación anual en los meses de verano) con promedio anual entre 500 y 1100 mm.

Durante el mes más cálido (Enero) la temperatura media mensual es 22^o C y HR 80%, en el mes más frío (Julio) la temperatura media mensual es 11^o C y HR 70%, la temperatura media anual es 17^o C.

El período con heladas (registros de temperaturas mínimas con valores por debajo de 7^o C), transcurre desde el 01 de Mayo al 15 de Septiembre, el mismo está condicionado y se prolonga de acuerdo a la variable de altitud (msnm). - Suelo: A partir del muestreo de suelo realizado específicamente para la ejecución de este trabajo, se determinó tomando las muestras in situ por el Método de "Muestras al azar" en el lote donde se lleva a cabo la producción de hortalizas y posterior Análisis Físico Químico en Laboratorio que el suelo corresponde a una Clase Textural Franca, pH ligeramente ácido y con niveles medio de Materia Orgánica, Nitrógeno, Fósforo y Potasio; por estas características técnicas no siendo una limitante para el cultivo de hortalizas, convirtiéndolo en un suelo apto para una amplio espectro de especies (Anexol). - Agua: A partir del muestreo de agua realizado específicamente para la ejecución de este trabajo, se determinó tomando las muestras in situ en la toma de agua para riego en la finca y posterior Análisis Físico Químico en Laboratorio que el agua presenta pH neutro, baja salinidad y bajo contenido de sodio; por estas características técnicas no siendo una limitante para el cultivo de hortalizas, convirtiéndola en agua apta para riego de un amplio espectro de especies (Anexol).

- Cultivos hortícolas en Valle Templado: En esta región el cultivo principal es el tabaco y las producciones secundarias hortalizas (aplica técnicas y tecnologías derivadas del cultivo de tabaco), frutales y flores. Entre las hortalizas identificadas se encuentran las de primavera-verano (lechuga, ají, tomate, pimiento, papa, zapallito, chaucha, coreanito, poroto, choclo, berenjena) y de otoño-invierno (lechuga, acelga, haba, arveja, frutilla, repollo, rabanito, brócoli, cebolla, cebollín).

- Infraestructura y Servicios en la zona: El sector donde se encuentra el predio productivo presenta el servicio de agua para riego, agua potable, energía eléctrica, no cuenta con gas y cloaca. Las vías de acceso y circulación son las Rutas Provinciales N^o 2 y 42 y Nacional N^o 9, pavimentadas y en correcto estado; permitiéndoles el acceso a Centros educativos primarios y secundarios, Centros de salud primarios y de mayor complejidad y Centros de comercialización de sus productos y aprovisionamiento de insumos productivos y de uso cotidiano doméstico en un radio no mayor a 30 km.

3.2 Aspectos generales del emprendimiento en estudio

- Antecedentes: Esta iniciativa productiva familiar, está constituida de manera informal desde hace 15 años y desde el año 2011 ocupa bajo la modalidad de arriendo el predio en donde se encuentra actualmente el sistema productivo, aumentando o disminuyendo año a año la superficie arrendada, según la disponibilidad de capital; actualmente al año 2021 el arriendo de la tierra abarca una superficie de 1,1 ha e incluye los servicios básicos y agua para riego. La actividad económica está centrada en la producción a campo, acondicionamiento y comercialización de hortalizas.

El grupo familiar está formado por el padre (cuenta con conocimientos de técnicas productivas hortícolas y adaptaciones del cultivo del tabaco transmitida por familiares y experiencias laborales previas en trabajos en relación de dependencia en fincas de la región), la esposa y tres hijos que crecieron a la par del emprendimiento.

Presentan problemas que son comunes a la AF: Escasa dotación de capital , reducida superficie destinada a la producción agrícola, falta de acceso al crédito, escaso acceso al asesoramiento profesional agronómico, nula gestión empresarial en la unidad de producción.

- Estructura organizacional: Formalmente no cuenta con una Plataforma Estratégica (misión, visión, políticas y valores) y/o Estructura Organizacional que esté basada en perfiles y funciones definidas a cumplir por los integrantes de la familia dentro de la organización.

La toma de decisiones en cuanto a la planificación y gestión de recursos está a cargo del padre de familia en consenso con la esposa, a su vez estos comparten la ejecución de acciones operacionales multifuncionales a campo con sus tres hijos (dos hijos y una hija) con edades entre 17 y 21 años, que cuentan con escolaridad primaria y secundaria.

- Sector económico: La actividad principal es la producción de hortalizas con una visión técnica de cultivos asociados y según el NAEJu ⁴ por Resolución General

⁴ Nomenclador de Actividades Económicas de la Provincia de Jujuy (NAEJu)
<https://www.rentasjujuy.gob.ar/resoluciongeneral-no-1586-2-021-nomenclador-de-actividades-economicas-del-impuesto-sobre-los-ingresos-brutos/>

1586/2021 ; pertenece al Sector de Producción Primaria que para el caso particular incluye los códigos 011329 (Cultivo de bulbos, brotes, raíces y hortalizas de frutos), 011331 (Cultivo de hortalizas de hoja), 011341 (Cultivo de legumbres frescas) y 012490 (Cultivo de frutillas).

- Clientes: El perfil de los clientes a los que destinan la producción fue variando a lo largo de los años, en sus inicios arrendaban mayor superficie para producir en volumen, vendiendo en finca lo producido principalmente a intermediarios y en menor proporción a consumidores finales por medio de ferias hortícolas que se encuentran al Sudeste (Ciudad de Monterrico, El Carmen y Perico), está situación fue evolucionando hasta reducir las superficie arrendada y cultivada e invirtiendo el perfil de cliente hacia el consumidor final bajo el mismo canal de comercialización.

3.3 Proceso productivo hortícola

La técnica o enfoque de producción hortícola desde el punto de vista agronómico es transicional entre convencional y orgánica, trabaja con el concepto de policultivo a través de la asociación y rotación de cultivos, incorpora insumos externos como agroquímicos de síntesis, bioinsumos e insectos benéficos para el control de plagas y enfermedades, utiliza fertilizantes de síntesis y enmiendas orgánicas.

Debido a la naturaleza de los productos y la dependencia a variables ambientales, la producción anual se divide según las estaciones, así se obtienen hortalizas de especies específicas en las campañas de otoño-invierno y en las de primavera-verano. Al trabajar bajo el concepto de asociación de especies (distintas especies cultivadas de forma simultaneas), la producción es del tipo Múltiple Alternativa, porque se obtiene más de una sola especie de hortaliza aplicando factores alternativamente a la obtención de una u otro cultivo.

En el emprendimiento no se registran los movimientos y beneficios resultantes de la actividad. Antes del inicio de una campaña productiva, la toma de decisiones se realiza con datos pocos certeros y aislados; además actualmente y por la naturaleza de los productos hortícolas (falta de estandarización de producto, etc.)

no dispone de información formal para generar una buena planificación; así mismo por ser productos que se consumen en fresco y al encontrarse a una distancia cercana de los centros de consumo, están sujetos a efectos de estacionalidad.

Siguiendo los principios de las BPA aplicados a lo largo de todo el proceso, podemos distinguir los siguientes elementos esenciales y constitutivos del

Proceso Productivo:

- Factores o recursos:
- Bienes Intermedios: Tierra arrendada con riego, semillas de hortalizas, fertilizantes orgánicos e inorgánicos, agroquímicos para el control de plagas y enfermedades orgánicos e inorgánicos e insumos para desinfección y fraccionamiento en empaque.
- Servicios Intermedios: Análisis de suelo y agua, labores de implantación⁵(cincelar, rastrear, rayar, cultivar, sembrar), labores de cultivo⁶(aporque y pulverización), asistencia técnica del Prof. Agrónomo, alquiler de puesto de venta, transporte de los productos al puesto de venta.
- Recursos Humanos: Mano de obra medida en jornales disponibles para la ejecución de todas las acciones del proceso productivo a cargo de los hijos del emprendimiento (Anexo II).
- Acciones: A efectos de poder realizar el cálculo del MB para cada una de las alternativas de cultivos hortícolas, es que se analiza dentro del proceso productivo aquellas acciones inmediatas que determinan CD de la producción para la campaña de otoño-invierno 2021 (Anexo III).

La etapa de producción primaria abarca las acciones:

- Implantación: Dependiendo de la especie de cultivo hortícola, se inicia con la siguiente secuencia ordenada de tareas: Entre los meses Febrero-Abril 1) arrendamiento de la tierra (1,1 ha en el caso de esta finca), 2) análisis de suelo

⁵ El sistema de producción cuenta con tractor e implementos para realizar las labores de implantación, pero debido a que al productor las utiliza para brindar servicios a otros productores de la zona se considera para este estudio el Costo de Oportunidad de estos Servicios Intermedios y no como Bienes de Capital.

⁶ El sistema de producción cuenta con tractor e implementos para realizar las labores de cultivo, pero debido a que el productor las utiliza para brindar servicios a otros productores de la zona se considera para este estudio el Costo de Oportunidad de estos Servicios Intermedios y no como Bienes de Capital.

y agua de riego 3) adquisición semilla u órgano de propagación de plantas y fertilizantes orgánicos o inorgánicos, 4) labores de preparación del suelo (cincelar, rastrear, rayar, cultivar), 5) siembra o trasplante según el cultivo 7) fertilización del suelo y por último 8) riego.

- Cultivo: Dependiendo de la especie de cultivo hortícola, se inicia con la siguiente secuencia ordenada de tareas: Entre los meses Marzo-Junio 1) fertilización del suelo o foliar, 2) riego, 3) tratamiento fitosanitario (aplicación fungicida o insecticida según monitoreo), 3) monitoreo periódico de la evolución del cultivo, 4) aporque, 5) raleo, 6) carpida y por último 7) cosecha.

La etapa de producción secundaria abarca las acciones:

- Empaque: Dependiendo de la especie de cultivo hortícola, se inicia con la siguiente secuencia ordenada de tareas: Entre los meses Abril-Septiembre 1) recepción de los productos que vienen del campo, 2) selección, 3) limpieza, 4) acondicionamiento, 5) fraccionamiento y por último 6) embalaje. ● Comercialización: Dependiendo de la especie de cultivo hortícola, se inicia con la siguiente secuencia ordenada de tareas: Entre los meses Abril-Septiembre 1) alquiler de puesto de venta en ferias locales, 2) transporte desde la finca al puesto de venta del producto fraccionado y acondicionado y por último 3) venta del producto.
- Resultados o productos: Fruto, hojas o raíces hortícolas acondicionados y vendidos, dependiendo de cada cultivo y según la época del año.
- Hortalizas otoño-invierno⁷: Acelga, arveja, brócoli, haba, lechuga, rabino, repollo, frutilla.
- Hortalizas primavera-verano: Choclo, zapallo, zapallito, lechuga, chaucha, coreanito.

⁷ Por el objetivo planteado en este trabajo solamente se trabajará con los cultivos de otoño-invierno a efectos de poder lograr con PL el plan de producción para esta estación del año 2021.

Capítulo IV: Resolución del caso

La obtención del Plan de Producción de Producción para la campaña otoño-invierno 2021 del Sistema Hortícola Familiar de Pequeña Escala en estudio, fue realizado por medio de la construcción de un modelo agrícola de PL que optimizara los resultados económicos del sistema y que a su vez tuviese en consideración aspectos agronómicos. Para esto se contempló mantener una visión de Manejo Integral (MI) del sistema productivo; procurando la diversidad de cultivos, uso sustentable de recursos, el establecimiento de restricciones técnicas del modelo que se alineen a estos principios y la obtención del Máximo Beneficio Económico.

El modelo fue procesado por medio del programa de cómputo denominado SOLVER de Excel.

4.1 Construcción del modelo agrícola de PL

El modelo de PL está compuesto por dos partes, la función objetivo lineal (maximización de beneficio para este caso) y un conjunto de restricciones expresadas mediante igualdades o desigualdades lineales.

4.1.1 Procesamiento de datos preliminares al diseño del modelo

Para poder construir ambas partes del modelo, fue necesario obtener los insumos/datos que posteriormente serían volcados en la simulación de PL, para esto se siguió la siguiente secuencia de pasos:

- Definición de los potenciales cultivos que a realizar desde el punto de vista agronómico (aspectos edafoclimáticos, biodiversidad, agua para riego por calidad y disponibilidad y aplicación de BPA) y requerimientos solicitados por el productor (padre del grupo familiar a cargo de toma de decisiones en el emprendimiento) - Decidir con el productor sobre la disposición temporal

de los cultivos y las actividades del Proceso Productivo (Implantación, Cultivo, Empaque y Comercialización) a llevar a cabo para el desarrollo de los mismos, buscando el momento de venta con los mejores precios ⁸ promedio de mercado (Tabla N^o 2).

Tabla N^o2: Listado de especies de cultivos hortícolas de otoño-invierno, tipo de sistema y distancia de implantación y cronograma de actividades inmediatas del proceso productivo de cada uno a lo largo de la campaña otoño-invierno 2021.

Cultivo	Implant.	Dist. (cm)	Actividades							
			Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Acelga	SD	70 x 30			I	Ct	E-Cm	E-Cm	E-Cm	
Arveja	SD	70 x 30		I	Ct	Ct	E-Cm	E-Cm		
Brócoli	A+T	70 x 40		I	I-Ct	Ct	E-Cm	E-Cm		
Frutilla	P	DL 30 x 30 (camellón 80)	I	I	Ct	Ct	Ct-E-Cm	E-Cm	E-Cm	E-Cm
Haba	SD	70 x 40		I	Ct	Ct	Ct	E-Cm	E-Cm	
Lechuga	A+T	DL 30 x 30 (camellón 60)		I	Ct	E-Cm	E-Cm			
Rabanito	SD	20 x 15		I-Ct	E-Cm					
Repollo	A+T	70 x 50		I	I-Ct	Ct	Ct	E-Cm	E-Cm	

Referencias: SD: Siembra directa, A+T: Almacigo + Trasplante, DL: Doble línea, I: Implantación, Ct: Cultivo, E: Empaque, Cm: Comercialización

Fuente: Elaboración propia. El listado de especies de cultivos hortícolas fue definido con el productor al momento de la entrevista/relevamiento técnico a campo in situ.

- Estimación en conjunto con el productor sobre los rendimientos de producción promedio de los potenciales cultivos hortícolas en base a información técnica para la zona y valoraciones propias en campañas productivas anteriores.
- Cálculo del IB, teniendo en cuenta rendimientos promedio (kg/ha) y precio promedio de venta (\$/kg) estimados para cada uno de los potenciales cultivos.
- Identificación de etapas del proceso productivo (primaria y secundaria), actividades, factores consumidos y el producto generado (unidades de obra); según los distintos cultivos hortícolas.

⁸ Debido a que las hortalizas no son productos tipificados/estandarizados y que a nivel local (Prov Jujuy) no se cuenta formalmente con un servicio de relevamiento de datos de precio de mercado de hortalizas; se generó especialmente para este trabajo, el cálculo de una serie de precios promedio de hortalizas de otoño-invierno, en base a datos del Mercado Central de Bs As 2017-2020 (MCBA) y para el cálculo de precios futuros 2021 se tomó valor de informes Relevamiento de Expectativas de Mercado 2021 (REM) del Banco Central de la República Argentina (BCRA), método similar utilizado por Cámara de la Mediana Empresa (CaME).

- Cálculo de los CD (\$/ha) por actividad para cada uno de los potenciales cultivos hortícolas
- Calcular el MB, teniendo en cuenta los IB (\$/ha) y los CD (\$/ha) estimados para cada uno de los potenciales cultivos hortícolas (Anexo IV).
- Estimación en conjunto con el productor sobre las necesidades de mano de obra (jor/ha) por cultivo (Tabla N^o3).

Tabla N^o3: Datos técnicos-económicos para el listado de especies de cultivos hortícolas potenciales de otoño-invierno para la finca.

	Cultivos							
	Acelga	Arveja	Brócoli	Frutilla	Haba	Lechuga	Rabanito	Repollo
Rend (kg/ha)	15000	3000	10700	20000	5000	17000		18000
	42,11	134,92	105,08	492,02	118,62	47,51	103,05	36,01
IB	631650	404.760	1.124.356	9.840.400	59300	807670	669.825	648.180
CD (\$/ha)	487407	299620	713729	5.037.362	31300	42107	345068	594.644
MB (\$/ha)	144.243	105M40	410627	4.803.038	280080	386633	324457	53.536
MO (jor/ha)	106	59	123		51	109	79	123

Referencias: Rend: Rendimiento por cultivo, PV: Precio de Venta por cultivo, IB: Ingreso Bruto por cultivo, CD: Costo Directo por cultivo, MB: Margen Bruto por cultivo, MO: Mano de Obra.

Fuente: Elaboración propia. Los datos técnicos-económicos, la disponibilidad de recursos y restricciones se definieron según la entrevista/relevamiento a campo in situ con el productor y respetando los lineamientos de la Tabla N^o2. El valor de PV para cada cultivo es una estimación del precio futuro de venta utilizando el índice REM.

4.2.1 Diseño del modelo

Al contar con los datos necesarios obtenidos previamente, se procedió a la modelización y estructuración de ambas partes constitutivas para el modelo de PL, según los siguientes pasos:

- Construcción de la función, con el objetivo de maximización de beneficio y encontrar la combinación óptima de cultivos, bajo la expresión matemática:

MB total	Sacelaa + MBarve,a.	+ MBbróc01i • Sbrócoli +	• Sfruiilla + Baba • Shaba + MBlechuua • S lechuga + MBrabamto • Sranbito + MBrepcllo • Sregollo
MB total = Función Objeto de maximizar el MB total del Sistema.			
MB = Coeficiente técnico de cada cultivo			
S = Variable, se representa el nivel de actividad para cada cultivo.			

- Definición matemática del conjunto de restricciones, basadas en el relevamiento a campo in situ con el productor y posterior trabajo técnico de gabinete, surgiendo:
- Restricciones de Tierra: Se definió una Superficie Total Productiva máxima disponible y arrendada con riego y servicios de 1,15 ha y sin limitantes físicoquímicas (en suelo y calidad del agua). Expresión matemática: $S_{total} < 1,15ha$
- Restricciones de Mano de Obra: En base a reuniones con el grupo familiar a cargo del emprendimiento se estableció un total de 670 jornales disponibles por parte de los tres hijos, para la campaña productiva. Expresión matemática: $Jornal_{total} \leq 670jor$
- Restricciones de Capital Disponible: Se asumió en base a las entrevistas, disponer para la campaña de un capital inicial de \$ 1.980.000. Expresión matemática: $Capital_{total} \leq 1980000$
- Restricciones agronómicas: Establecer los cultivos de Arveja y Haba (leguminosas), de interés agronómico en cuanto al mantenimiento de la fertilidad del suelo, recomendando ubicarlo en el sector medio del lote (con menor riesgo de anegamiento y heladas) y ocupando una superficie máxima disponible para ambos de $3000 m^2$ o 0,30 ha. Expresión matemática: $S_{arveja} \leq 0,3ha$; $S_{haba} \leq 0,3ha$
- Restricciones subjetivas: Por antecedentes, historial y gusto personal, el productor define como cultivo principal la Frutilla ocupando una superficie fija de $2700 m^2$ o 0,27 ha. Expresión matemática: $S_{frutilla} = 0,27ha$
 Por el MB para el cultivo Brócoli, se decidió que podría ser incorporado en el sector medio del lote (con menor riesgo de anegamiento y heladas) ocupando una superficie máxima disponible de $1500 m^2$ o 0,15 ha. Expresión matemática: $S_{brócoli} \leq 0,15ha$
 En el caso de Rabanito y Lechuga, al ser dos cultivos de ciclo corto, se pretende que generen los primeros ingresos económicos familiares de la campaña por un valor de \$70.000 cada uno, para el mes de Abril y Mayo

respectivamente. Expresión matemática: Benef lechuga = \$70000 ; Benef
= \$70000

- Armado de planilla Excel en dos partes: En una primera parte se cargaron los datos del problema en estudio (CD, rendimiento, precio de venta, ingresos brutos y demanda de mano de obra para cada uno de los cultivos, restricciones de superficie cultivable y beneficios económicos a obtener para determinados cultivos, superficie total disponible, mano de obra total disponible y capital disponible). En la segunda parte se desarrolló el esquema de cálculo para exponer la solución a la que se llega (Variable de decisión superficie para cada cultivo en ha y m², Jornales/mano de obra y capital, kilogramos de hortaliza a producir y el MB a obtener por cultivo y el total resultante del mix de productos) con el Software Solver (Tabla N^o 4).

Tabla N^o 4: Planilla de datos para la obtención de la solución óptima por medio del uso del Software Solver.

	B	C							
2	Fóca Hortiou Familiar. San	prov. J							
Establecimiento:									
3 Obptivo:									
4 Act Productiva:	Hortícola								
5 Campaña_	Otoño-hv*nc 2021								
6 de Vodea:	Programacón LõeaL Mezçã de Productos								
7									
8 DATOS									
9						LECHUGA	RABANITO	REPOLLO	TOTAL
10 Costo Diecto (Sma)	S 487.407 s	299.620 s	713729 s	5.037362 s	313.020 s	421.137 s	345.368 s		
11 una)			10700						
12	4211 s	13492 s	105,08 s	492,02 s	118,62 s	47,51 s	103,05 s	36,01	
13 regreso Bruto (Saha)	S 631650,00	404.760,00 s	1.124.3500 s	9.840.400,00 s	593.100,00 s	807.670,00 s	669825,00 s	648180,00	
14 Mano de Obra	106		123			109	79	123	
15 Restriccón Superfic• máxina por			0,15			0,27 s	70.000,00 s	70.000,00	
16 Restriccón Beneficø por Cuba									
17 Restriccón Superfic:£ Total D-Sponòp									1,15
18 Restriccón Mano de Obra Disponte									670
19 hversón en CO									s 1.980.000
27									
20)			FRUTILLA	HABA	LECHUGA	RABANITO	REPOLLO	TOTAL	
Superficie (ha)	ha ?		ha ?		ha ?	ha ?	ha ?		
31 Superfic£ (m2)									
atizados									
33 Capo utizado									
34 Produccón de Honaizas (kg)									
35 Máx Benefecõ (campaña)									
36									

Fuente: Elaboración propia. En el apartado "Datos" se incluyen Costos Directos, Precio de venta, Rendimiento, Ingreso bruto por cultivo, demanda de jornales de Mano de obra por cultivo y Restricciones económicas, agronómicas y subjetivas del productor. El apartado "Solución" comprende las celdas donde se obtendrán los resultados una vez realizado los cálculos con Solver.

4.2.2 Resultado

- Habiendo terminado previamente el diseño de la planilla de datos y solución, se ejecutó el complemento Solver desde Excel, completando en la ventana desplegada los datos necesarios para la resolución matemática (celda objetivo, variables y restricciones expresadas de forma analítica). Seleccionando dentro de los controles de programa, como objetivo la "maximización", modelo lineal, método de resolución Simplex y variables no negativas continuas (Imagen 5).

Imagen N^o 5: Modelización matemática del caso en PL por medio del software Solver complemento de Excel.

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para: @Máx O Min Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

SCS42 <= SCS15	Agregar
SDS42 <= SOS15	
SES42 = SES15	
SFS42 <= SFS15	
SGS47 <= SGS1E	Cambiar
SHS47 = SHS16	
SIS42 <= SIS17	
SIS44 <= SIS18	
SIS45 <= SIS19	Eliminar

Restablecer todo

Cargar/Guardar

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Fuente: Elaboración propia utilizando el software Solver.

- Una vez que se ejecutó Solver, se obtuvo la solución, en donde el MB total óptimo fue de \$1.587.221; produciendo 0,03ha de Acelga, Oha de Arveja, 0,15ha de Brócoli, 0,27ha de Frutilla, 0,30ha de Haba, 0,18ha de Lechuga, 0,22ha de Rabanito, Oha de Repollo. En este caso, se utilizó el total de superficie (1 ,15ha), solamente 327 jornales y un capital de \$1 .727.993 (Tabla N^o 5).

Tabla N^o 5: Cálculo de máximo beneficio o MB total de la finca hortícola y la determinación de superficies individuales con la combinación óptima de cultivos hortícolas para la campaña otoño-invierno 2021.

SOLUCIÓN	ACELGA TOTAL	ARVEJA	nOCOU	FRUTILLA	HABA	LECHUGA	RABANITO	REPOLLO
Superficie (ha)								
Superficie (m2)								
Jornales utilizados								
Capital utilizado		0,15	0,27	0,30	0,18		0,00	\$ 1.727.993
Producción de Hortalizas (kg)							11500	
Máx Beneficio (campana)							327	\$ 1.587.221

Fuente: Elaboración propia. La Solución obtenida por Solver comprende las celdas con el resultado de las superficies que se deben cultivar de cada uno de los cultivos (ha y m2), la superficie total, jornales y capital utilizados y el MB total óptimo obtenido.

- Al finalizar la resolución el software provee 3 (tres) informes:
- Informe de respuestas: proporciona información con respecto al resultado obtenido en la Celda Objetivo (MB total), los valores en las Celdas cambiantes o variables de decisión (superficies a producir de cada uno de los cultivos en la combinación óptima) y las Restricciones en las que se informa que se cumple con obtener los primeros beneficios del ciclo de cultivo con Lechuga y Rabanito, la superficie arrendada no presenta holgura, el capital a invertir y los jornales disponibles presentan holgura (no se utilizan en su totalidad) y se cumple con las superficies mínimas para los cultivos de Arveja, Brócoli, Frutilla y Haba (Tabla N^o 6).

Tabla N^o 6: Informe de respuesta generado por medio del Software Solver.

Celda objetivo (Máx)			
	Nombre	Valor original	Valor final
	SJS35 Máx Beneficio (campana) TOTAL	\$ 1587.221	\$ 1587.221
Celdas de variables			
	Nombre	Valor original	Valor final

<u>SBS30 Superficie (ha) ACELGA</u>	<u>0,03</u>	<u>0,03</u>
<u>scgo Superficie (ha) ARVEJA</u>	<u>0,00</u>	<u>0,00</u>
<u>SDS30 Superficie (ha) BROCOLI</u>	<u>0,15</u>	<u>0,15</u>
<u>SES30 Superficie (ha) FRUTILLA</u>	<u>0,27</u>	<u>0,27</u>
<u>SFS30 Superficie (ha) HABA</u>	<u>0,30</u>	<u>0,30</u>
<u>SGS30 Superficie (ha) LECHUGA</u>	<u>0,18</u>	<u>0,18</u>
<u>SHS30 Superficie (ha) RABANITO</u>	<u>0,22</u>	<u>0,22</u>
<u>SIS30 Superficie (ha) REPOLLO</u>	<u>0,00</u>	<u>0,00</u>
Restricciones		
	Nombre	Valor de la celda Fórmula
	<u>SGS35 Máx Benefecio (campaña)</u>	<u>S</u> <u>70.000</u>
	<u>LECHUGA</u>	<u>S</u> <u>SGS35=SGS16</u>
	<u>SHS35 Máx Benefecio (campaña)</u>	<u>S</u> <u>70.000</u>
	<u>RABANITO</u>	<u>S</u> <u>SHS35=SHS16</u>
	<u>SIS30 Superficie (ha) TOTAL</u>	<u>1,15</u>
	<u>SJS32 Jornales utilizados TOTAL</u>	<u>327</u>
		<u>1.727.993 SJS33<-</u>
	<u>SJS33 Capital utilizado TOTAL SCS30</u>	<u>S</u> <u>SJS19</u>
	<u>Superficie (ha) ARVEJA</u>	<u>0,00</u>
	<u>SDS30 Superficie (ha) BROCOLI</u>	<u>0,15</u>
	<u>SES30 Superficie (ha) FRUTILLA</u>	<u>0,27</u>
		<u>SES30=SES15</u>
	<u>SFS30 Superficie (ha) HABA</u>	<u>0,30</u>

Fuente: Elaboración propia. En este informe se pueden distinguir 3 (tres) apartados: Celda objetivo, Celda variable y Restricciones.

- Informe de límites: En el mismo se informa que las superficies de los cultivos de Acelga, Arveja, Brócoli, Haba y Repollo tienen su límite inferior en cero y límite superior en los valores de la solución; en los cultivos de Frutilla, Lechuga y Rabanito presentan los mismos valores para ambos límites por las restricciones de igualdad con las que formuló el modelo. La interpretación permite establecer que si cada variable asume su valor máximo el MB total es el máximo óptimo, pero cuando toman el valor mínimo (cada una de ellas, permaneciendo las otras en el máximo) el MB total toma los valores que se encuentran a la derecha de los valores de límite inferior de cada cultivo (Tabla N07).

Tabla N 07: Informe de límites generado por medio del Software Solver.

Celda	Variable Nombre	Valor	Inferior Objetivo Límite Resultado	Superior Objetivo Límite Resultado
-------	--------------------	-------	---------------------------------------	---------------------------------------

<u>\$\$\$30 superficie (ha)</u>		<u>ACELGA</u>	
0,03	0,00 1582438,35	0,00 1587221,14	0,00 1587221,14
0,03 1587221,14		0,00 1525627,05	0,15 1587221,14
<u>\$\$\$30 superficie (ha) ARVEJA</u>	<u>0,00</u>	0,27 1587221,14	0,27 1587221,14
<u>\$\$\$30 superficie (ha) BROCOU</u>	<u>0,15 \$\$\$30</u>	0,00 1503197,14	0,30 1587221,14
<u>superficie (ha) FRUTILLA</u>	<u>0,27</u>	0,18 1587221,14	0,18 1587221,14
<u>SFS30 Superficie (ha) HABA</u>	<u>0,30 \$\$\$30 superficie (ha)</u>	0,22 1587221,14	0,22 1587221,14
<u>LECHUGA</u>	<u>0,18 SHS30 Superficie (ha)</u>	0,00 1587221,14	0,00 1587221,14
<u>RABANITO</u>	<u>0,22 \$\$\$30 superficie (ha)</u>		
<u>REPOLLO</u>	<u>0,00</u>		

Fuente: Elaboración propia. En este informe se pueden distinguir el comportamiento de las Celdas variables y el rango comprendido dentro de los valores lmites inferiores y superiores.

- Informe de sensibilidad o Análisis Post optimal: El mismo permite determinar intervalos de variación.

En el caso de analizar el comportamiento en las Celdas variables, con los Coeficientes objetivos (en este caso representados por los MB parciales de cada uno de los cultivos) se interpreta que los mismos pueden aumentar o disminuir dentro de los valores superiores e inferiores sin que la solución final (superficies individuales de cada cultivo en el mix de producción) se modifique.

Con respecto al Costo reducido, representa el costo de oportunidad o el incremento que se producirá en el valor de del MB total al aumentar el valor de la variable. El cultivo de Acelga, Lechuga y Rabanito tienen un Costo reducido igual a cero, significa que no existe modificación en el MB total si se aumentara una hectárea de esos cultivos; en los casos de los cultivos de Brócoli, Frutilla y Haba si se aumenta una hectárea la superficie se generarían resultados positivos en el MB total y caso contrario ocurre con los cultivos de Arveja y Repollo donde esto generan pérdidas o resultados negativos.

Al momento de analizar el comportamiento de las Restricciones "lado derecho", también observa en primera instancia que los mismos pueden aumentar o disminuir dentro de los valores superiores e inferiores sin que la solución final (mix de producción) se modifique.

Los precios sombra expresan el incremento que se producirá en el valor objetivo si se relaja en una unidad el lado derecho de las restricciones. En el caso de jornales de Mano de obra y el Capital toman un valor de cero,

presentan holgura debido a que en la solución no se utilizan en su totalidad generando excedentes, para los casos del Máximo beneficio esperado por los cultivos de Lechuga y Rabanito; así como tener disponible una hectárea más de superficie arrendada; generaría resultados positivos en el MB total respectivamente (Tabla N^o8).

Tabla N^o 8: Informe de sensibilidad o análisis post optimal generado por medio del Software Solver.

Celdas de variables

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Coste	Objetivo Coeficiente	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
SBS30	Superficie (ha) ACELGA	0,033157883		144243	135837	39103
SCS30	Superficie (ha) ARVEJA	0,15		105140	39103	1E+30
SDS30	Superficie (ha) BROCOLI	0,27	-39103	410627,28	1E+30	266384,28
SES30	Superficie (ha) FRUTILLA	0,3	266384,28	4803038	4658795	1E+30
	Superficie (ha) HABA		4658795		1E+30	135837
SGS30	Superficie (ha) LECHUGA	0,181097042	0	386533,095	1E+30	1E+30
SHS30	superficie (ha) RABANITO	0,215745076	0	324457	1E+30	1E+30
SIS30	superficie (ha) REPOLLO	0	-90706,72	53536,28	90706,72	1E+30

Restricciones

Celda	Nombre	Final Valor	Sombra Precio	Restricción Lado derecho	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
SS35	Máx Benefecio (campana) LECHUGA	70000	0,626828849	70000	12816,61904	
SH35	Máx Benefecio (campana) RABANITO	70000	0,555432615	70000	10758,30716	
SS30	Superficie (ha) TOTAL	1,15	144243	1,15	0,517037045	0,033157883
SJ32	Jornales utilizados TOTAL	326,7681741	670	1E+30	343,2318259	1E+30
SS33	capital utilizado TOTAL	1727992,525	0	1980000	1E+30	252007,4749

Fuente: Elaboración propia. En este informe se pueden distinguir 2 (dos) apartados: Celda variable (Costos reducidos, y limite inferior y superior) y Restricciones (Precio sombra, y limite inferior y superior).

- Por último, una vez obtenido el resultado por medio de Solver y los informes provistos por el mismo software, se generó el plan óptimo con la asociación de cultivos definitivos para la campaña otoño-invierno 2021 (Tabla N^o9).

Tabla N^o9: Resumen de resultados obtenidos a través del software Solver para la campaña otoño-invierno 2021.

Resultado	Cultivos								TOTAL
	Acelga	Arveja	Brócoli	Frutilla	Haba	Lechuga	Rabanito	Repollo	
Sup (ha)	0,03	-	0,15	0,27	0,30	0,18	0,22	-	1,15
Jornal utilizado	4	-	18	253	15	20	17	-	327
Capital utilizado	\$16.161	-	\$107.059	\$1.360.088	\$93.906	\$76.267	\$74.511	-	1.727.993
Prod. Hort (kg)	497	-	1605	5400	1500	3079	1402	-	
Máx Benef (campaña)	\$4.783	-	\$61.594	\$1.296.820	\$84.024	\$70.000	\$70.000	-	\$1.587.221

Fuente: Elaboración propia. En esta tabla se encuentra el resumen de resultados obtenidos totales y parciales por cultivo, útiles para la definición del Plan de Producción otoño-invierno 2021.

- Con los recursos, restricciones y manteniendo los lineamientos agronómicos en cuanto a la distribución temporal y manejo de los cultivos según Tabla N^o 2 y BPA, se obtuvo como resultado de la modelización el Plan de Producción Hortícola otoño-invierno 2021 :
- Mix de producción: Acelga (0,03 ha), Brócoli (0,15 ha), Frutilla (0,27 ha), Haba (0,30 ha), Lechuga (0,18 ha) y Rabanito (0,22 ha) (Imagen 6).
- Período de producción: Abarcando las acciones de Implantación, Cultivo, Empaque y Comercialización, el orden productivo de los cultivos es 1^o Frutilla (Feb-Sep), 2^o Rabanito (Mar-Abr), 3^o Lechuga (Mar-Jun), 4^o Brócoli (Mar-Jul), 5^o Haba (Mar-Ago) y 6^o Acelga (Abr-Ago).
- Producción estimada: Frutilla (5400 kg), Rabanito (1402 kg), Lechuga (3079 kg), Brócoli (1605 kg), Haba (1500 kg) y Acelga (497 kg).
- Producción total de hortalizas: 13483 kg.
- Superficie total utilizada: 1,15 hectáreas (100% de superficie arrendada). ● Mano de obra total utilizada: 327 jornales (49%) y un excedente de 343 jornales (51%).
- Capital Total utilizado: \$1.727.993 (87%) y un ahorro de \$252.007 (13%).
- MB total óptimo obtenido: \$1.587.221

Imagen N^o 6: Ubicación espacial individual de cada uno de los cultivos definitivos obtenidos por Solver para el Plan de Producción otoño-invierno 2021.



Fuente: Elaboración propia utilizando el software QGis 2.18.16.

Capítulo V: CONCLUSIONES FINALES

5.1 Conclusión

El trabajo realizado con el modelo de PL agrícola planteado, permitió decidir junto al productor y su familia, el Plan de Producción Hortícola óptimo para la campaña otoño-invierno 2021.

Se pudo definir la cantidad de hectáreas a cultivar de cada una de las hortalizas y desestimar aquellas que no aportaban al objetivo final de obtener el MB total máximo en la finca arrendada; consiguiendo dar respuesta a la problemática existente sobre la asignación del mix de productos a trabajar en el predio, dentro de los límites definidos por las restricciones económicas, agronómicas y subjetivas de la familia.

Entre los logros se destaca, un ahorro en el capital y jornales de mano de obra utilizados, se ocupó la totalidad de la superficie arrendada, ubicar físicamente los cultivos en el lote de la finca, permitió cumplir con ingresos mínimos familiares en los primeros meses y los cultivos que hacían esto posible (Lechuga y Rabanito), definir a la Frutilla como cultivo principal por parte de productor.

Por medio de los informes de respuesta, límites y sensibilidad; permite realizar análisis rápidamente de distintos escenarios que se requieran considerar en una toma de decisiones, siendo útil cuando tenemos incertidumbre sobre alguna variable.

Por último, es importante destacar que el modelo elaborado se mostró como una herramienta útil que permitió generar un aporte hacia una visión de integralidad y sustentabilidad en el manejo de los sistemas productivos hortícolas, ensamblando conceptos agronómicos (en el marco de BPA) y económicos. Se pudo trabajar la diversificación y asociación de especies de cultivos (estrategia agronómica que promueve el ciclaje de nutrientes, mantenimiento de propiedades físico-químicas del suelo y manejo de natural de plagas y enfermedades), así como asegurar la rentabilidad económica del emprendimiento.

5.2 Recomendaciones

La PL se muestra como una herramienta práctica que permite ser adaptada a la resolución de problemas particulares en un emprendimiento en este caso

hortícola, ofreciendo gran ayuda a la hora de valorar futuras estrategias de desarrollo y mejora.

Se recomienda que, para una mayor difusión en el uso de la misma en el sector productor de hortalizas, sería importante a futuro:

- Contar con un sistema de información estadística de precios de mercado de hortalizas, generados desde el sector privado o estatal de la provincia.
- Contar con un sistema de información estadística de rendimientos productivos de hortalizas por regiones geográficas, generados desde el sector privado o estatal de la provincia.
- Promover la generación de registros mínimos de egresos, ingresos, rendimientos por campaña, así como la realización de análisis de suelo y agua, por parte de cada uno de los pequeños horticultores familiares en sus fincas. - Promover la mayor incorporación de profesionales en emprendimientos de este tipo, con habilidad en el manejo de esta técnica.

BIBLIOGRAFÍA

- BOIRIVANT, Jorge A. (2009). PL aplicación de las pequeñas y medianas empresas. Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Rev. Reflexiones 88 (1): 89105.
- BOIRIVANT, Jorge A. (2010). El análisis post-optimal en PL aplicada a la agricultura. Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Rev. Reflexiones 90 (1) 161173.
- CENSO NACIONAL AGROPECUARIO. (2008). Resultados Definitivos. <https://datosestadistica.cba.gov.ar/dataset/censo-nacional-agropecuario-2008resultados-definitivos>
- CLERICI FIGUEROA, Benjamín. (2010). Información y gestión para PYMEs de agricultura intensiva del noroeste argentino. Buenos Aires. Editorial Dunken.
- CORONEL DE RENOLFI, Marta y ARAUJO, Publio A. (2004). La PL aplicada al manejo forestal. Santiago del Estero. Facultad de Ciencias Forestales de UNSE.

- DI PAOLA, María M. Un modelo de producción de aromáticas.
<http://www.agro.uba.ar/apuntes/no 5/aromaticas.htm>
- ERCOLE, Raúl A; ALBERTO, Catalina L. y CARIGNANO Claudia E. (2007).
Métodos cuantitativos para la gestión. 2^o ed. Córdoba. Editorial Asociación
Cooperadora de FCE de UNC. pp. 27-103.
- GOITES, Enrique. (2008). Manual de cultivos para la huerta orgánica
familiar. Buenos Aires. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. pp
9-131.
- GÓMEZ IRURETA, Francisco (1964). Modelo de PL aplicado a la
determinación del plan de cultivos y dimensión de una explotación familiar
ideal en regadío. España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
Rev. Estudios Agrosociales y Pesqueros 46 (1): 75-96.
- JUAN, Ángel A. y FAULÍN, Javier. (2005). Análisis de Sensibilidad con Excel y
LINDO, Proyecto e-Math. España. Universitat Oberta de Catalunya. Rev. Técnica
Administrativa, Buenos Aires 5 ISSN 1666-1680.
http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/analisis_sensibilidad/analisis_sensibilidad.htm

- LEGUIZAMÓN, Eduardo Sixto (2018). Historia de la horticultura. la ed. Ciudad Autónoma de Buenos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. pp. 32-37. ISBN 978-987-521-9274
- MATA, HL. Uso del Solver en la Asignación de Recursos. <http://webdelprofesor.ula.ve/.../hmata/.../Uso%20del%20Solver%20en%201a%20Asignación>
- MONTENEGRO, Osvaldo D. y otros. (2015). Una aproximación a las alternativas de producción para reemplazar el tabaco en empresas tabacaleras de los valles de Jujuy. <http://www.ciea.com.ar/jornadas-antteriores/las-ixjornadas-interdisciplinaria-de-estudios-agrarios->
- PROSAP Y MINISTERIO AGRICULTURA GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN. (2012). Estrategia provincial para el sector agroalimentario-EP SA. Jujuy. pp. 30-53.
- PROSAP, UCAR, MINISTERIO AGRICULTURA GANADERA Y PESCA DE LA NACION, FAO y BANCO MUNDIAL. (2015). Diagnóstico de las áreas de riego de la provincia de Jujuy Anexo II "Agricultura de la Provincia de Jujuy" Apéndice III "Valles Templados". Jujuy. pp. 1-19.
- ROCHE, A. et al. (2003). Modelo de PL para la planificación de fincas maximizando la cantidad de personas a alimentar. Chile. Universidad del Bío-Bío. Rev. Ingeniería industrial 1 (2).
- SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA. (2018). Resolución Conjunta 5/2018 "Incorporación de BPA en frutas y hortalizas en Código Alimentario Argentino". <https://www.argentina.gob.ar/senasa/buenas-practicas-agr%C3%ADcolas>
- SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA. (2017). Manual de Buenas Prácticas Agrícolas. Buenos Aires. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. pp. 1-18.
- VIGLIOLA, Marta I. y otros. (2003). Manual de Horticultura. Buenos Aires. Editorial Hemisferio Sur. pp. 12-228.
- VAN DEN BOSCH, María E. y otros. (2011). Indicadores Económicos para la gestión de establecimientos agropecuarios con cultivos plurianuales- Bases

metodológicas. Buenos Aires. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. pp. 35-38.

ANEXOS

Anexo I: Análisis de suelo y agua

Análisis de suelo

ANALISIS DE SUELO Finca Experimental LA POSTA Laboratorio de Suelos

Latse S.A.

Avda. Plinio Zabala Km 2 - B° La Posta - Perico

Fca de Jujuy - ARGENTINA - CP 4810

Tel/Fax: (54) 0388 4916303

Correo Electrónico: laposta@tsbacojujuy.com.ar

Fecha: 08-09-17
 Número: Pca. Ramos
 Ubicación: San Antonio
 Cultivo:

Lote 2

M² de Arso 26956 no determ-

Lino mer	4260	Fósforo	27,09
		oro "extractable"	
		to	1
		luble	0,46
	• franco	Caoo me,l.	3,92
Htmeded h	185	Calcio+magnesio soluble	
		Sodio intercambiable est	
Cap. Hídrica saturación (g%)	• 34,83	elPuAS	P
pH en pasta saturada:	39		
Conductividad electnca en eAracto	CEE a		
25°C	91		
Carbono orgánico (g%):	- 1,15	Cloruros (ppm):	~ 13,80
Materia orgánica (g%):	- 1,99	Boro (ppm):	no determ.
Nitrógeno total (g%):	- 0,13		
Relación C/N:	- 8,97		

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES;


 Ing. Agr. CARLOS AMADOR
 Fca. Exp. LA POSTA
 Latse S.A.

YFCMC.AS FMPI

CEE: En extrEto acuoso Mat

Orgü'ica: -Black Carbonato de Calcio: Calcimetro

Nitrógeno: Cloruros: MohrFOSloro: Bray • 1

Cason—: Fotometria

Análisis de agua

ANAUSIS DE AGUA

Finca Experimental POSTA

Laboratorio de Suelos

Latsar S.A.
Avda. Plinio Zabala Km 2 - Bº La Posta - Perico
Pcia de Jujuy - ARGENTINA - CP 4808
Tel/Fax: (54) 0388 4918303
Correo Electrónico: laposta@latsar.com.ar

Fecha: 11-Sep-17
Nombre: Fca. Ramos r
Origen: S. Antonio - El Carril .

Muestra: Canaf - N° de Análisis: 996

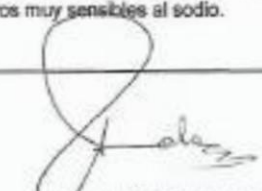
pH:	7,41	Ca+Mg (me/l):	1,58
Conductividad: (mmhos/cm a 25 °C)	0,217	Ca + (me/l):	1,07
R.A.S. (me/l):	0,42	Na++ (me/l):	0,37
Clas. Riverside:	C1	K+ (me/l):	0,03
Mod Thomas Peterson	S1	CO3= (me/l):	0
		CO3H= (me/l)	1,57
		Cl=(me/l):	0,08
		SO4=(me/l)	0,32

Clasif. Riverside:

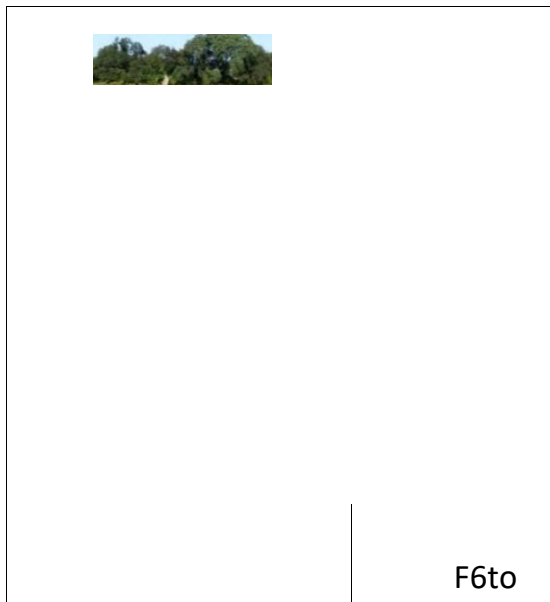
OBSERVACIONES:

C1: Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas solo en suelos de muy baja permeabilidad .

S1: Agua con bajo contenido de sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo puede presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.


Ing Agr CARLOS AMADOR
Fca. Exp. LA POSTA
Latsar S.A.

Anexo II: Fotos del sistema de producción familiar



Referencia: Foto 1: Ingreso al predio, vivienda familiar, tractor, implementos de labranza, acoplado y gallinas para autoconsumo. Foto 2: Ingreso al predio, vivienda y camioneta, Foto 3: Bomba de agua para riego, Foto 4: Manguera principal de riego y acequia. Foto 5: Canteros de almácigos. Foto 6: Camellones de frutilla con mulching plástico.

Anexo III: Planillas de cálculo

Planilla: Esquema de planilla utilizada para la identificación de factores y cálculo de CD de cada uno de los potenciales cultivos hortícolas

ETAPA	TIPO ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	FACTOR	CLASIF- FACTOR	costo Directo CO Impl. ntaeión	PRODUCTO
Prod-	Inmediata		("tiendo chigo)	Bien intermedio		implantadas a
r			Semill•	Bien interme"	CO	Plantas campo
			Guano dc	Sien intermedio		
				Scr•• ihtcrmc"		
				Suv intermedio		
			Rastrear	Set' interme"		
				Serv		
			Sitmbra	ihetme•CEO		
			MO Fertilización Implantación	Recura		
		Riego	Recura bumvno	Hoja, fruto o rata		
		cuS04 PH				
		Aporque	Serv intermedio			
		Pulveriaci"	Sc" intermedio			
		MO Fcrtillaeacior, C•ativo	Recura hum.r,o humsno			
		MO Carpida	Recurso humano			
	Recura hum•no					
Prof.	ihetmeCEO					
Prod- 2-		E•paq•e	Desinfectante NaClO	Bien	CO	Hoja, fruto o raíz fraccionado
			Insumo fracc.	Sien intermedio		
			Acona			
		MO Frace. Embalaje Alq.ilcr	Recurso humano intermedio	fruto o vendido		
		Transporte	SW, ¹ Scr•• intermedio			Hoja. raíz
	Recurso humano					

Nota: Los tipos de factores tenidos en cuenta para el cálculo, varían según la especificidad de cada uno de los cultivos.

Fuente: Elaboración propia.

Planilla: Esquema de planilla utilizada para el cálculo de CD por acción, IB y MB de cada uno de los potenciales cultivos hortícolas.

DATOS	ACELGA	ARVEJA	BROCOLI	FRUTILLA	HABA	LECHUGA	RABANITO	REPOLLO
Rendimiento (kg/ha)	15000	3000	10700	20000	5000	17000	6500	18000
PV (\$/kg)	42,11	134,92	105,08	492,02	118,62	47,51	103,05	36,01
Ingreso Bruto (\$/ha)	631650	404760	1124356	9840400	593100	807670	669825	648180
Costo Directo Implantación (\$/ha)	110831	117422	309989,72	2878202	127422	95123,91	106222	198804
Costo Directo Cultivo (\$/ha)	216876	113698	274439	639660	114998	209713	136246	281939
Costo Directo Empaque (\$/ha)	107600	16400	77200	1165000	18500	64200	50800	61800
Costo Directo Comercialización (\$/ha)	52100	52100	52100	354500	52100	52100	52100	52100
Costo Directo Total (\$/ha)	487407	299620	713728,72	5037362	313020	421136,91	345368	594643
MB (\$/ha)	144243	105140	410627	4803038	280080	386533	324457	53537

Fuente: Elaboración propia.