



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**MODELO DE NEGOCIO PARA UN SISTEMA DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN E INTELIGENCIA DE
NEGOCIOS EN LA AGROINDUSTRIA DE LA ZONA CENTRAL DE CHILE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

GONZALO EDUARDO ARELLANO MANRÍQUEZ

PROFESOR GUÍA

CARLOS HASBÚN CHARAD

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

IVAN DÍAZ CAMPOS

MARCO SCHWARTZ MELGAR

SANTIAGO DE CHILE

2020

Resumen ejecutivo

El presente trabajo de título tiene por objetivo diseñar un modelo de negocios sustentable para un sistema de agricultura de precisión e inteligencia de negocios, enfocado en la agroindustria nacional.

La agricultura de precisión se define como una nueva disciplina dentro de la producción agrícola, la cual fomenta la inclusión de tecnología en los procesos productivos de los distintos actores de la cadena de valor agrícola, proveyendo de sistemas de gestión de inventario, gestión de clientes, algoritmos de predicción temprana de plagas y enfermedades, optimización de uso de suelo y recursos, entre otras variadas aplicaciones. La inclusión de este tipo de prácticas responde a la creciente necesidad de incrementar la producción de alimentos a través de la optimización del rendimiento por unidad productiva.

Actualmente en Chile, se estima que la penetración de este tipo de prácticas es de apenas un 5% del total de hectáreas cultivables, muy por debajo de los países referentes en el ámbito, lo cual dejaría a la industria agrícola nacional relegada en la competencia por convertirse en referente de la región y proveedor de grandes mercados a nivel mundial.

Aún cuando existen distintas herramientas aplicables en la agricultura de precisión que permiten, por ejemplo, mantener control sobre el riego de los cultivos o bien otras que permiten gestionar recursos agrícolas, pocas opciones han avanzado en incluir modelos agronómicos predictivos, y combinar tópicos de la ingeniería industrial con el conocimiento agronómico, lo cual es uno de los ejes fundamentales de la solución planteada a partir de la investigación realizada.

La hipótesis fundamental que sostiene el presente trabajo de título es: “Es posible diseñar un servicio integral de apoyo a la gestión agrícola, poniendo en práctica elementos de la formación de ingeniero civil industrial”. Para validar esta hipótesis inicial, se opta por trabajar basado en la filosofía “Lean Startup” de Eric Ries, ya que presenta una forma completa y concisa de diseñar un modelo de negocios, a través de la experimentación continua, que resuelva los problemas de los principales actores de la industria agrícola.

Se validó que existen problemáticas de los productores agrícolas que pueden ser resueltas a través de un servicio de agricultura de precisión, en base a lo cual se experimentó utilizando productos mínimos viables (MVP), lo que finalmente decantó en el modelo de negocios propuesto hacia el final de la investigación.

La solución propuesta fue evaluada utilizando una estimación de demanda calculada a partir del modelo TAM-SAM-SOM, y posteriormente se calcularon flujos de caja libre a percibir por la entrega del servicio. El valor presente neto del proyecto en su escenario moderado, donde se considera tan solo un 0,5% del total de hectáreas de cultivos frutales y viñedos entre la VI y VII región, se estima en aproximadamente 966.000 USD, para un horizonte de 5 años de evaluación.

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 INDUSTRIA AGRÍCOLA NACIONAL: PRODUCTORES, PROVEEDORES, DISTRIBUIDORES Y AGRICULTORES.....	2
1.2 AGRICULTURA DE PRECISIÓN, AGRICULTURA INTELIGENTE O <i>SMART FARMING</i>.....	4
1.2.1 DEFINICIÓN	4
1.2.2 ESTADO DEL ARTE.....	4
2 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL TRABAJO DE MEMORIA.....	5
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
2.3 ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	5
3 MARCO TEÓRICO.....	6
3.1 EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN	6
3.1.1 <i>BUSINESS MODEL CANVAS</i> :.....	6
3.1.2 <i>LEAN CANVAS</i> :	6
3.1.3 PRODUCTO MÍNIMO VIABLE (<i>MVP</i>).....	7
3.1.4 ENTREVISTA DEL PROBLEMA	7
3.2 PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	7
3.2.1 AGRICULTURA DE PRECISIÓN.....	7
3.2.2 MODELOS MATEMÁTICOS AGRONÓMICOS.....	8
3.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	8
3.3.1 TAM-SAM-SOM.....	8
3.3.2 FLUJOS DE CAJA LIBRE.....	9
4 METODOLOGÍA.....	9
5 PLAN DE TRABAJO.....	10
5.1 ETAPAS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	10
6 DESARROLLO DEL TRABAJO DE MEMORIA.....	11
6.1 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR DEL ÁMBITO.....	12
6.1.1 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR SOBRE EMPRESAS PROVEEDORAS DE INSUMOS AGRÍCOLAS.	12
6.1.2 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR SOBRE EMPRESAS PRODUCTORAS AGRÍCOLAS	14
6.1.3 EXPERIENCIAS E INICIATIVAS DE UTILIZAR HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS EN LOS AGRONEGOCIOS	15
6.1.4 INVESTIGACIÓN DE CAMPO: ENTREVISTA DEL PROBLEMA	16
6.1.5 PROBLEMAS Y OPORTUNIDADES DETECTADOS EN EMPRESAS PRODUCTORAS AGRÍCOLAS	17
6.2 PROTOTIPADO Y EXPERIMENTACIÓN.....	18

6.2.1	FORMULACIÓN DE LAS PRIMERAS HIPÓTESIS DEL NEGOCIO Y MODELO CANVAS.....	18
6.2.2	DISEÑO DEL PRIMER PROTOTIPO Y PRIMER EXPERIMENTO.....	19
6.3	ITERACIONES Y PIVOTEOS DEL MODELO DE NEGOCIOS	22
6.3.1	RE-DISEÑO DE MVP Y EXPERIMENTO.....	22
6.3.2	ANÁLISIS Y EVALUACIONES DEL EXPERIMENTO EN SU SEGUNDA ITERACIÓN	23
6.3.3	APRENDIZAJE VALIDADO DESDE LA EXPERIMENTACIÓN	24
6.4	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....	29
6.4.1	FLUJOS DE CAJA LIBRE.....	30
6.4.2	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	34
7	<u>CONCLUSIONES DEL TRABAJO DE MEMORIA.....</u>	<u>35</u>
8	<u>BIBLIOGRAFÍA.....</u>	<u>37</u>
9	<u>ANEXOS.....</u>	<u>38</u>
9.1	ANEXO A: ECUACIÓN PENMAN-MONTIETH.....	38
9.2	ANEXO B: STORY TELLING PRIMER PROTOTIPO	38
9.3	ANEXO C: SCREENSHOTS DE MVP PARA PROVEEDORES DE INSUMOS.....	39
9.4	ANEXO D: EJEMPLO DE COSTOS POR HECTÁREA CULTIVADA VII REGIÓN.....	40
9.5	ANEXO E: ENTREVISTA DEL PROBLEMA.....	40
9.6	ANEXO F: FLUJOS DE CAJA POR ESCENARIOS	41
10	<u>GLOSARIO:</u>	<u>42</u>

Índice de gráficos, ilustraciones, tablas y ecuaciones

GRÁFICO 1: VARIACIÓN DEL VALOR PRESENTE NETO (VAN) DEL PROYECTO SEGÚN TIPO DE CAMBIO DÓLAR/PESO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	34
GRÁFICO 2: VARIACIÓN VALOR PRESENTE NETO (VAN) DEL PROYECTO POR DISMINUCIÓN DE 10%, 20% Y 30% EN INGRESOS OBTENIDOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	35
ILUSTRACIÓN 1: TABLA RESUMEN DE PARTICIPACIÓN DE LA INDUSTRIA SILVOAGROPECUARIA EN EL PIB NACIONAL. FUENTE: ODEPA	1
ILUSTRACIÓN 2: PROGRAMA DE CULTIVO MANZANAS, ADAMA. FUENTE: SITIO WEB ADAMA.....	2
ILUSTRACIÓN 3: CADENA DE SUMINISTRO DE LOS INSUMOS AGRÍCOLAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	3
ILUSTRACIÓN 4: MODELO LEAN CANVAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	13
ILUSTRACIÓN 5: PRIMER MODELO CANVAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	19
ILUSTRACIÓN 6: VISTA DE USUARIO DEL SISTEMA. SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE CULTIVO A REVISAR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	20
ILUSTRACIÓN 7: VISTA DE USUARIO DEL SISTEMA. ESTADO FENOLÓGICO, INSUMO Y DOSIS SUGERIDA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	20
ILUSTRACIÓN 8: NUEVA VISTA DEL PRODUCTO MÍNIMO VIABLE DEL SISTEMA DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	23
ILUSTRACIÓN 9: BUSINESS MODEL CANVAS PIVOTADO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	25
ILUSTRACIÓN 10: PRECIOS Y CARACTERÍSTICA DEL SERVICIO AGROMONITORING (API POLYGON OPENWEATHER). FUENTE: AGROMONITORING.COM.....	32
TABLA 1: HIPÓTESIS Y RESULTADOS DEL PRIMER ACERCAMIENTO AL ÁMBITO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	14
TABLA 2: RESUMEN RESPUESTAS A ENTREVISTA PROBLEMA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	17

TABLA 3: CUADRO RESUMEN DEL RESULTADO DE EXPERIMENTO CON PRIMER PROTOTIPO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	21
TABLA 4: CUADRO RESUMEN VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS DEL SEGUNDO EXPERIMENTO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	24
TABLA 5: CUADRO RESUMEN DEL RESULTADO DE EXPERIMENTO CON PRIMER PROTOTIPO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	26
TABLA 6: INVERSIÓN INICIAL PRIMER AÑO DE OPERACIÓN. FUENTE: PRECIOS DESDE SITIOS WEB.....	32
TABLA 7: INGRESOS ESPERADOS EN ESCENARIO PESIMISTA (0,27% DE HA TOTALES VI-VII REGIÓN).....	32
TABLA 8: INGRESOS ESPERADOS EN ESCENARIO MODERADO (0,5% DE HA TOTALES VI-VII REGIÓN).....	33
TABLA 9: INGRESOS ESPERADOS EN ESCENARIO MODERADO (0,75% DE HA TOTALES VI-VII REGIÓN)	33
TABLA 10: TABLA DE SUELDOS ESTIMADOS POR AÑO DE OPERACIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE INFORMACIÓN EN LA WEB	33
TABLA 11: TABLA DE GASTOS ESTIMADOS POR AÑO DE OPERACIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE INFORMACIÓN EN LA WEB.....	33
TABLA 12: RESULTADOS DEL VALOR PRESENTE NETO DEL PROYECTO EN USD.	34
ECUACIÓN 1: EVAPOTRANSPIRACIÓN REFERENCIAL SEGÚN PENMAN-MONTIETH. FUENTE: MANUAL REFERENCIA FAO.....	8

1. Introducción

En Chile, según cifras oficiales del año 2014, el PIB₁ agroalimentario agregado, el cual incluye los bienes producidos en el sector como también las actividades que agregan valor a estos bienes, representó un 10,6% del PIB nacional, justo por debajo de la actividad minera₂, la cual registró un 11% de aporte al PIB nacional.

La ilustración número 1 a continuación, destaca el peso que tiene la producción frutícola en Chile, la cual asciende a más de 1.200 Billones de pesos, equivalentes al cambio de hoy a 1,976 Billones de dólares y representa casi un 10% del PIB agroalimentario agregado.

Los productos agrícolas producidos particularmente en Chile tienen como objetivo ser exportados y comercializados en mercados extranjeros, como son el europeo o asiático entre otros. Actualmente se exporta un porcentaje cercano al 60%₃ del total producido. El restante 40% no alcanza alguno de los estándares exigidos por los mercados extranjeros, por lo tanto, se comercializa en el mercado interno.

Producto interno bruto (PIB) silvoagroindustrial / <i>Gross agricultural and forestry GDP</i>			
Enfoque de la producción / <i>Production breakdown</i>			
Actividad / <i>Activity</i>	Valor Agregado Miles de millones de pesos de 2014 <i>Added value in billions of pesos (2014)</i>	Participación % sobre / <i>% share of</i>	
		PIB nacional/ <i>Total GDP</i>	PIB silvo agroindustrial/ <i>Sectoral GDP</i>
Cultivos anuales (cereales y otros) y forrajeras / <i>Annual crops (cereals and others) and fodders</i>	340	0,25	2,67
Cultivo de hortalizas y productos de viveros / <i>Vegetable crops and nursery products</i>	515	0,38	4,04
Cultivo de uva / <i>Grape crops</i>	451	0,33	3,54
Cultivo de otras frutas / <i>Other fruit crops</i>	1.245	0,91	9,77
Cría de ganado bovino / <i>Beef cattle farming</i>	403	0,30	3,16
Cría de cerdos / <i>Pig farming</i>	228	0,17	1,79
Cría de aves de corral / <i>Poultry farming</i>	259	0,19	2,03
Cría de otros animales / <i>Farming of other animals</i>	64	0,05	0,51

Ilustración 1: Tabla resumen de participación de la industria silvoagropecuaria en el PIB nacional. Fuente: ODEPA

1 <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/panoramaFinal20102017Web.pdf>

2 <http://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/Anuarios/Anuario2014.pdf>

3 <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/panoramaFinal20102017Web.pdf>

1.1 Industria agrícola nacional: Productores, proveedores, distribuidores y agricultores.

Debido a que se espera alcanzar la mayor rentabilidad posible de los cultivos, es que, durante todo el proceso de producción, los productores agrícolas deben cumplir con altos estándares de nutrición, y manejo de plagas que pueden afectar la calidad del producto final. Para cumplir estos estándares, los productores agrícolas se abastecen de variados productos químicos y biológicos que aplican en sus cultivos de acuerdo con los programas de cultivo para cada especie, diseñados por sus equipos técnicos. Estos programas de cultivo esquematizan el desarrollo de la planta, considerando sus distintos estados fenológicos⁴. La ilustración 2 muestra un ejemplo de programa de cultivo diseñado por una empresa proveedora que opera en Chile y ofrece productos para apoyar la producción de manzana.

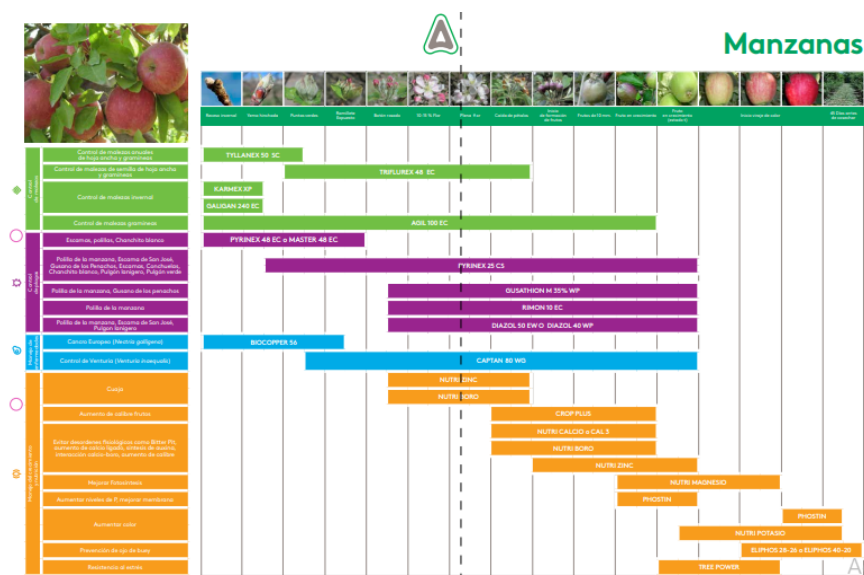


Ilustración 2: Programa de cultivo manzanas, ADAMA. Fuente: Sitio web ADAMA.

Las empresas que producen o representan marcas de insumos agrícolas, vale decir, productos químicos y biológicos para nutrir o proteger un cultivo se denominan proveedores de insumos agrícolas. Estas empresas se encargan de la venta y posicionamiento de sus marcas a través de visitadores técnico-comerciales, conocidos coloquialmente como “zonales”, los cuales visitan a los productores agrícolas para ofrecer los insumos que representan, con la intención de concretar la participación de estos en el programa de cultivo de los productores agrícolas que atienden.

Esta participación se concreta a través de la venta que realizan las empresas distribuidoras de insumos. Estas empresas existen en la cadena debido a que se especializan en logística y consolidación de inventario, con lo cual pueden abarcar áreas extensas dentro del territorio nacional y sus instalaciones permiten mantener productos

⁴ Estado Fenológico: Corresponde a la expresión de cambios externos de los cultivos. Permiten evaluar estado de desarrollo de estos. Fuente: Conversación con experto.

en condiciones óptimas. La fuerza de trabajo de las empresas distribuidoras trabaja codo a codo con los vendedores zonales de las empresas proveedoras de insumos.

Por su parte, los productores agrícolas nacionales se abastecen de insumos que deben aplicar tanto en cada etapa del cultivo, como también cuando deben hacer frente a algún evento climático u otras condiciones ambientales. Las principales variables que deben controlar en sus cultivos son humedad y temperatura, aunque también destaca ultimamente el control sobre pH del agua, medición de radiación solar y electroconductividad del suelo.

Los productores agrícolas enfrentan, además, las variaciones de la cantidad que se demanda a nivel mundial sobre sus productos, lo cual acarrea incertidumbre a la hora de invertir en insumos para manejar plagas o nutrir sus cultivos y, por lo tanto, afecta la rentabilidad por hectárea⁵ de cada cultivo, que se traduce en menores ingresos para el productor agrícola, lo que en gran medida lleva a que el productor considere una menor inversión en insumos para la próxima temporada, golpeando de esta manera la cadena de valor de los insumos agrícolas aguas arriba. Estas empresas participan de una cadena de suministro dentro del mercado agrícola que se ilustra en la ilustración 3.

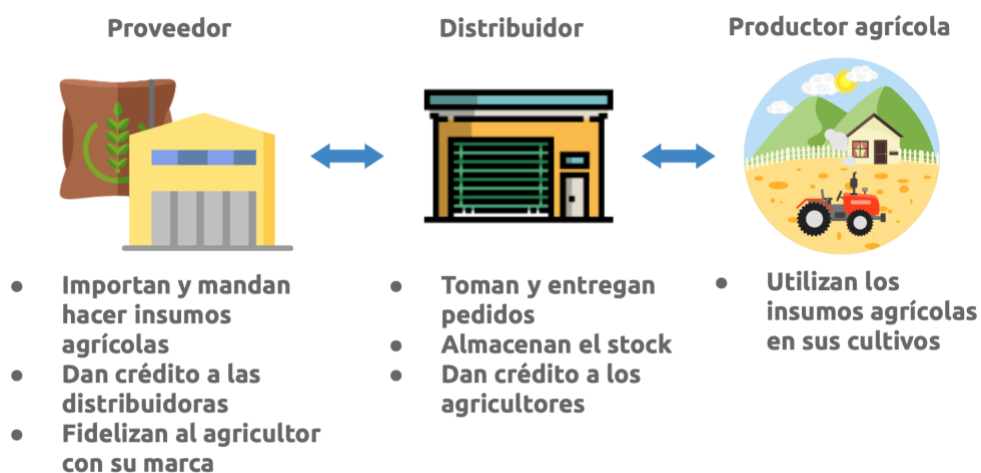


Ilustración 3: Cadena de suministro de los insumos agrícolas. Fuente: Elaboración propia

En cada una de las empresas que participan de la industria agrícola nacional, para efectos de la investigación realizada principalmente producción frutícola de temporada, existen distintos tipos de tomadores de decisión, dependiendo del tipo de estructura organizacional que tenga la empresa.

Así, se tiene por ejemplo para el caso de las empresas proveedoras de insumos agrícolas, los vendedores zonales trabajan en base a metas de venta determinadas año a año, las cuales consideran las metas del año pasado y su nivel de concreción.

Por su parte, el productor agrícola determina sus expectativas de producción basado en la cantidad de toneladas/hectárea producidas en temporadas anteriores, y ajusta sus

⁵ Es común que la rentabilidad de los cultivos se mida en rendimiento por hectárea, entendiendo rendimiento como la cantidad de toneladas de producto obtenidas en cosecha.

aplicaciones a los calendarios de los mercados que sirve, de manera de poder contar con el producto a tiempo y en condiciones de ser comercializado, bajo los estándares de los mercados que demandan sus productos.

1.2 Agricultura de precisión, agricultura inteligente o *Smart Farming*.

1.2.1 Definición

La agricultura o agronomía de precisión se puede definir como la aplicación de técnicas y manejos agronómicos pertinentes a las condiciones de los cultivos, lugar de emplazamiento y tiempo de aplicación, con el apoyo de herramientas tecnológicas, principalmente IoT (*Internet of things*). Estas aplicaciones combinan cuatro elementos fundamentales: Captura, almacenamiento y procesamiento de datos, y tecnología que permite mantener control sobre las condiciones de las unidades productivas de forma continua.

Emplear técnicas de agricultura de precisión requiere del compromiso de todos los colaboradores del campo, con el fin de comprender que los procesos serán reformulados a partir de los datos. Para eso, es vital que el productor agrícola invierta en tecnología que permita capturar, almacenar y procesar esos datos, además de educar a sus colaboradores, tal como señala Mackrell et al (2009), “Se determinó que quienes alcanzan un alto nivel de éxito en la implementación (de sistemas digitales de apoyo a los procesos) eran reflexivos en adaptar la tecnología a los cambios de sus propias necesidades...”

1.2.2 Estado del arte

Actualmente, en Chile, se estima que la penetración de este tipo de prácticas no supera el 5% del total de hectáreas frutales cultivadas, muy por debajo de otros mercados, como el norteamericano con presencia de técnicas de agricultura de precisión en sus cultivos cercana al 75%. El tipo de cultivo de mayor aplicación y estudios desde la perspectiva de agricultura de precisión es el cultivo de la vid, según consta en los informes de investigaciones realizados por organismos como el instituto de investigaciones agropecuarias (INIA) y la ODEPA⁷.

A nivel nacional, se han implementado variadas técnicas, por ejemplo, fotografías multiespectrales y planos de índice de vegetación diferencial normalizados, los cuales han permitido tomar mejores decisiones en cuanto a las aplicaciones sobre el cultivo. Actualmente, se trabaja en ampliar el estudio hacia otros cultivos, para fomentar el uso de este tipo de prácticas entre los productores chilenos.

Las aplicaciones agrícolas, basadas en los datos que se capturan desde los cultivos, permiten maximizar la producción por unidad de cultivo, reducir pérdidas de producto en post-cosecha y reducir también los costos en insumos durante la temporada. Sin embargo, la recolección de datos de forma manual es quizás el elemento fundamental de ralentización en la utilización de este tipo de técnicas, ya que genera altos costos en la

⁶ <https://fedefruta.cl/las-tareas-pendientes-de-chile-en-agricultura-de-precision/>

⁷ <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/bioleche/NR35430.pdf>

recolección y almacenamiento de los datos generados, disminuyendo significativamente la eficiencia del negocio.

En la actualidad, es posible encontrar opiniones dispares entre los productores agrícolas, sin embargo, todos los entrevistados y con quienes se experimentó durante el desarrollo del presente trabajo, concuerdan en que la transformación digital es necesariamente el siguiente paso para todas las empresas agrícolas, de una u otra forma, según las condiciones propias de cada empresa.

2 Objetivos y alcances del trabajo de memoria

En esta sección se presentan el objetivo general y los objetivos específicos del presente trabajo de memoria, así como también se determina el alcance de éste.

2.1 Objetivo general

Establecer un modelo de negocio sustentable para un sistema de agricultura de precisión e inteligencia de negocios para la industria agrícola de la zona central de Chile.

2.2 Objetivos específicos

- Conocer el contexto de los productores agrícolas de la zona central, a partir de revisión bibliográfica, entrevistas y seguimiento de sus labores.
- Determinar dolores y oportunidades de los productores agrícolas y diseñar un primer modelo de negocio y las hipótesis críticas del mismo
- Diseñar prototipo y evaluar hipótesis preliminares sobre el modelo de negocio a través de investigación en terreno.
- Validar con al menos 4 productores agrícolas la factibilidad técnica de introducir un sistema de captura, almacenamiento y procesamiento de datos.
- Obtener una evaluación crítica a través de un análisis económico de la implementación del sistema de agricultura de precisión propuesto, en la industria agrícola chilena.

2.3 Alcances de la investigación

Se espera que los alcances de desarrollo del trabajo de investigación contengan el diseño de un MVP de la solución propuesta, y que este al menos haya iterado una vez a partir de la validación de hipótesis de valor.

No se abarcará el plan de negocios para introducir el producto en el mercado ni tampoco una potencial estrategia empresarial.

3 Marco teórico

En esta sección se introducen los conceptos clave por área temática, los cuales serán invocados a lo largo del trabajo de memoria y comprenden el marco conceptual requerido para el desarrollo de la investigación. Estos conceptos describen las principales herramientas que se emplean a lo largo del desarrollo del proyecto de investigación.

3.1 Emprendimiento e innovación

3.1.1 *Business Model Canvas:*

Es una representación gráfica de un modelo de negocios, diseñado por Alexander Osterwalder. El modelo parte por definir la propuesta de valor de cara al segmento de clientes de la empresa u organización, luego se declaran las formas de entregar valor al cliente, o canales, junto con las formas de relación a mantener. Estos elementos estructuran las fuentes de ingresos y beneficios del negocio.

Por el lado izquierdo se parte con identificar las actividades y recursos clave que se necesitan para operar, de los cuales se desprenden los costos del proyecto. Finalmente, se determina quienes deben ser los socios clave, desde proveedor hasta inversionista, para operar el negocio de manera eficiente y sostenible.

El trabajo de Osterwalder en el ámbito de formulación de modelos de negocios es bastante conocido a nivel mundial, y su modelo Canvas es ampliamente aceptado en el ecosistema de emprendimiento e innovación, por lo que se utilizará como la herramienta de entrega del diseño final del modelo de negocio desarrollado en el trabajo de memoria.

3.1.2 *Lean Canvas:*

Ash Maurya ha dedicado su vida a apoyar desde la teoría al ecosistema emprendedor, fundando además varias startups. Su trabajo es consistente con la filosofía de trabajo del memorista, razón por la cual se utilizará la herramienta durante el desarrollo del trabajo de memoria con el objetivo de crear un primer acercamiento al modelo de negocio propuesto.

Lean Canvas Corresponde a la adaptación del modelo de negocios desarrollado por Alex Osterwalder. La intención de Maurya es entregar una herramienta que permita desarrollar una solución a través de una exploración cualitativa del cliente.

Las siguientes son las partes del Lean Canvas propuesto por Maurya:

- Segmento de clientes: Caracteriza al cliente a quien va dirigido el negocio.
- Problema: Falencia detectada del cliente y que vale la pena solucionar.
- Proposición de valor única: una frase concreta y simple que indique como solucionar el problema detectado.
- Solución: características del producto o servicio con el cual se entrega la propuesta de valor.

- Canales: Vías de acceso y contacto con los clientes.
- Estructura de costos: Principalmente se deben indicar gastos en los que se incurre para diseñar/fabricar la solución.
- Fuentes de ingreso: Cómo se gana dinero.
- Métricas: Actividades clave que se deben medir.
- Ventaja injusta: El qué te hace especial y genera una diferencia difícil de acotar por la competencia.

3.1.3 Producto mínimo viable (*MVP*)

Un producto mínimo viable, o MVP por su sigla en inglés, corresponde al primer acercamiento de solución que puede ser presentado al cliente, con el fin de que él interactúe con el producto o servicio ofrecido y aporte retroalimentación para mejorar sus cualidades. Según Osterwalder, un MVP debe ser diseñado con el fin de probar la validez de las hipótesis críticas del modelo de negocios o de la propuesta de valor.

En el presente trabajo de memoria, se utilizan productos mínimos viables para testear la validez de las hipótesis críticas del proyecto, así como también para presentar avances del producto final hacia los potenciales clientes, considerando las necesidades que satisface un sistema de agricultura de precisión. La flexibilidad de un MVP permite validar de forma rápida y de bajo costo las hipótesis críticas sobre las propuestas de modelo de negocio.

3.1.4 Entrevista del problema

La entrevista del problema es una herramienta de investigación preliminar, acuñada por Eric Ries en su libro “The lean startup”. Consta de una serie de preguntas que apuntan a conocer mejor el contexto de las actividades del potencial cliente, conocer sus dolores de forma implícita y poder formular hipótesis respecto del potencial problema a solucionar. Es importante no sesgar las preguntas a partir de las intenciones que existan por desarrollar tal o cual producto.

Esta herramienta permite generar un primer acercamiento a los potenciales clientes a través de escuchar sus comentarios, lo cual es clave en el presente proyecto para detectar brechas y oportunidades.

3.2 Producción agrícola

3.2.1 Agricultura de precisión

La agricultura de precisión es la nueva corriente de desarrollo que hoy se evidencia a nivel mundial respecto de las opciones que se tienen para poder cultivar más y mejores alimentos. El uso de tecnología que permite optimizar procesos es la razón fundamental por la cual se ha escogido esta disciplina para enmarcar el desarrollo del presente

proyecto, ya que se espera poder concluir sobre la factibilidad de implementar las prácticas y la tecnología que hoy se encuentra a la vanguardia.

La agricultura de precisión corresponde a un conjunto de técnicas orientado a maximizar el rendimiento por unidad productiva, haciendo uso óptimo de los insumos agrícolas (semillas, agroquímicos y correctivos) en función de la cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de la producción agrícola.

De la definición se extiende que la agricultura de precisión contiene elementos en común con el área de inteligencia de negocios dentro de la ingeniería industrial, principalmente en el uso de tecnologías de la información para apoyar la toma de decisiones dentro de las empresas agrícolas. Esta característica permite al memorista introducirse al tema sin mayores inconvenientes, debido al interés propio por el área.

3.2.2 Modelos matemáticos agronómicos

Existen numerosos modelos matemáticos, desde conteo a predicción, los cuales son aplicables en diferentes cultivos bajo distintas parametrizaciones de variables ambientales, de suelo y de los propios cultivos. Ejemplo de esto, es el cálculo de evapotranspiración de una superficie de referencia, el cual permite a los agricultores determinar la cantidad de agua a suministrar, considerando la cantidad de agua relativa en el ambiente, en la planta y en el suelo, junto a otras variables críticas.

Uno de los modelos más conocidos es aportado por la FAO (Organización de las naciones unidas por la agricultura), conocido como el modelo de Penman-Monteith de evapotranspiración. La ecuación de este modelo se aprecia a continuación, y el detalle se encuentra en Anexos:

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

Ecuación 1: Evapotranspiración referencial según Penman-Montieth. Fuente: Manual referencia FAO

Se decide incluir este modelo en el desarrollo del proyecto debido a su validez como herramienta de diagnóstico, siendo recomendado por la FAO. Su integración en el sistema de agricultura de precisión propuesto permite optimizar aplicaciones en los cultivos, gestionando de mejor manera los insumos a suministrar y, por efecto directo, disminuir costos por hectárea.

3.3 Evaluación económica

3.3.1 TAM-SAM-SOM

El modelo TAM-SAM-SOM es un modelo de estimación de demanda ampliamente utilizado y reconocido en el ecosistema emprendedor. En español, sus siglas conceptualizan la demanda total de un mercado sobre un producto o servicio, cuantos realmente se beneficiarían del producto o servicio y cuantos potenciales clientes es posible abordar de forma realista, respectivamente.

Se decidió utilizar este modelo porque permite conectar de forma realista las expectativas del proyecto, con los hechos del mercado al cual se pretende entrar. Considerando que la unidad de medida para la propuesta de valor será la cantidad de hectáreas a impactar, separar en tres niveles de agregación el estudio de la demanda evita intentar participar de un mercado demasiado acotado y, por otra parte, permite sostener metas realistas para el negocio⁹.

3.3.2 Flujos de caja libre

Los flujos de caja libre corresponden a la cantidad de dinero disponible luego de haber deducido pagos obligatorios, como costos fijos y pagos a proveedores. Por lo general, el cálculo de flujos de caja libre permite conocer la salud financiera de una empresa, ya que muestra la capacidad de repartir beneficios entre los socios, entre otras cosas.

Se decide utilizar flujos de caja libre en la evaluación económica del proyecto porque simplifica la visión de salud financiera general del negocio subyacente. Además, el concepto es común entre eventuales inversionistas del proyecto.

4 Metodología

Haciendo uso de las herramientas propuestas dentro del marco conceptual descrito anteriormente, el presente trabajo de título se basa, principalmente mas no exclusivamente, en el framework propuesto por Ash Maurya en su libro “Running Lean” el cual, a su vez, desarrolla la filosofía acuñada por Eric Ries en su libro “The Lean startup”.

Se estudiaron otros autores, como Clayton Christensen con sus trabajos sobre innovación disruptiva y diseño de soluciones centradas en el cliente, y David Kelley y su gran trabajo desarrollando la teoría del concepto “Design Thinking”.

El profesor Christensen representa gran inspiración en el desarrollo de este trabajo y de otros proyectos, sin embargo, la preferencia por utilizar un método aplicado y práctico de abordar terminó por decantar en la elección de la filosofía “Lean” para desarrollar la investigación. Por otra parte, para trabajar el modelo propuesto del modo que sugiere “Design thinking” se requiere de acceso frecuente a los potenciales clientes, además de contar con su participación en variadas etapas del diseño de solución, situación difícil de abordar considerando la localización de los productores agrícolas.

Utilizando “The Lean startup” como la filosofía base del trabajo, se proponen los siguientes componentes que describen la metodología de trabajo en el presente proyecto de memoria:

- I. Definir la idea inicial y la estructura primaria de la organización utilizando Lean Canvas y Business model Canvas.
- II. Aprender sobre las entidades involucradas en el mercado agrícola chileno y determinar sus principales problemas actuales a través de entrevistas en terreno y llamadas telefónicas.

⁹ <https://blog.hubspot.com/marketing/tam-sam-som>

- III. Generar hipótesis de para cada propuesta de modelo de negocios, enmarcado en la filosofía Lean, sobre la forma en que los potenciales clientes perciben el valor de una solución a sus dolores.
- IV. Prototipar un sistema de agricultura de precisión e inteligencia de negocios agrícola a partir de los aprendizajes obtenidos.
- V. Experimentar a través del prototipo diseñado con potenciales clientes, realizando pruebas de usabilidad y de contenido, utilizando los modelos agronómicos propuestos.
- VI. Proponer pasos a partir de la intuición y el aprendizaje capitalizado a través de los experimentos.
- VII. Testear la intuición y estructura de la organización utilizando un producto mínimo viable (MVP) según los resultados de cada experimentación.
- VIII. Medir los logros y validaciones de las hipótesis planteadas inicialmente.
- IX. Pivotear o perseverar en la idea original y/o estructura de la organización según muestren las mediciones.
- X. Realizar análisis financiero del modelo de negocios pivoteado, considerando como variable aleatoria la demanda y utilizando el modelo TAM-SAM-SOM como herramienta de estimación.
- XI. Evaluar el análisis financiero y testear sensibilidad de variables críticas y bajo distintos escenarios.

5 Plan de trabajo

En esta sección se presenta el plan de trabajo completo y detallado según etapas e hitos definidos en base a la metodología escogida para el desarrollo de la investigación.

5.1 Etapas del trabajo de investigación

El plan de trabajo se divide en 5 etapas de desarrollo, las cuales comprenden las principales actividades realizadas durante el desarrollo del proyecto de memoria y contienen los hitos clave para alcanzar los objetivos propuestos del presente trabajo.

Las etapas son:

1) Investigación preliminar del ámbito y del problema

En primera instancia, se desarrolló una investigación preliminar sobre los distintos niveles en la cadena de valor de la industria agrícola, y el estado del arte del uso de tecnologías en los agronegocios. El objetivo de esta investigación es poder definir una base conceptual respecto de las experiencias de inclusión de tecnología en la industria agrícola, con foco en la utilización de softwares de gestión y aplicaciones de modelos predictivos en sistema de agricultura de precisión.

De esta etapa se obtiene información relevante de los potenciales clientes referente a sus tareas, así como también sobre las problemáticas que enfrentan al realizarlas. Por otra parte, se abren nuevas aristas para el desarrollo del proyecto respecto de las hipótesis críticas a validar del modelo de negocios preliminar.

2) Experimentación y prototipado

A partir de la información recopilada en la etapa anterior, se diseñaron prototipos con el objetivo de ser presentados a los potenciales clientes y poder validar que el valor ofrecido por la solución es efectivamente entregado y percibido por los clientes, al mismo tiempo que se recibe retroalimentación respecto de sus características.

Esta etapa se debe repetir en varias iteraciones, agregando conocimiento adquirido y validado, y descartando características inviables de la solución propuesta. Este proceso requiere de desarrollo ágil de prototipos y MVP's con diseños centrados en el usuario.

3) Capitalización de aprendizaje

La capitalización de aprendizaje a partir de la validación de hipótesis es un proceso que se activa con la primera iteración de experimentación. A cada nuevo experimento ejecutado se le acopla nueva información al modelo de negocios, el cual debe ir pivotando en sus elementos hasta dar con el definitivo, según el cumplimiento de las métricas definidas para ello, tal como plantea Eric Ries en su trabajo.

La suma de todo el aprendizaje validado permite contar con un modelo de negocios robusto, sobre el cual se calcularon proyecciones de ingresos y costos que permiten evaluar la ejecución del proyecto.

4) Análisis y evaluaciones del proyecto de memoria

Ya con el modelo de negocios refinado, diseñado con foco en el cliente, se evalúa el proyecto de negocio. Para evaluar económicamente el proyecto, se calcula el valor esperado actual de los flujos netos, en un horizonte de 5 años.

Se realizaron análisis de sensibilidad de las principales variables, con lo cual es posible simular distintos escenarios de las condiciones que enfrentará el proyecto en el futuro, para concluir respecto de ellas.

5) Conclusiones respecto del trabajo de memoria

Se concluye respecto de la aplicación del trabajo de memoria, posibles mejoras de las herramientas de evaluación del proyecto y se declaran las condiciones que debe cumplir el proyecto para que su ejecución sea viable.

6 Desarrollo del trabajo de memoria

En esta sección se detalla el proceso completo de desarrollo del trabajo de memoria, a través de las etapas de investigación y experimentación realizadas.

Se comienza por describir todas las aristas que contiene la investigación preliminar del ámbito, declarando fuentes de información, y problemas y oportunidades identificadas. Se proponen soluciones para abordar los problemas y se actualiza sobre el estado de la competencia en el rubro.

Luego, se detalla la forma en que se abordará el diseño y ejecución de los experimentos necesarios para aprender y mejorar el modelo de negocios de la solución escogida. Para esto, se formulan hipótesis que son contrastadas con la evidencia obtenida, lo cual permite pivotar sobre los supuestos respecto del modelo de negocios para un sistema de agricultura de precisión e inteligencia de negocios.

6.1 Investigación preliminar del ámbito

En esta sección se presenta el estudio hecho sobre la cadena de valor de la industria agrícola nacional, haciendo énfasis en procesos productivos y los datos en que se sustentan

Tal como lo requieren los tiempos actuales, la base fundamental de este proyecto de investigación es reconocer la oportunidad de incluir tecnología en las propuestas de solución a los problemas que han sido detectados en la industria agrícola nacional, permitiendo así genera valor a través de las oportunidades de crecimiento que presentan los agronegocios estudiados.

Por lo anterior, se realizó un estudio del estado actual de la industria agrícola en Chile, de forma de poder contar con datos acabados y relevantes respecto del uso de tecnología en las labores agrarias, y de las consideraciones que se deben tener en cuenta a la hora de gestionar proyectos que incluyan tecnología en los agronegocios.

Este estudio combina recopilación de datos y consultas tanto en terreno, como también desde organismos reguladores estatales, como es el caso del instituto de investigación agropecuaria (INIA) y la oficina de estudio y políticas agrarias (ODEPA), así como también estudios e investigaciones universitarias y organismos privados que han desarrollado contenido pertinente.

6.1.1 Investigación preliminar sobre empresas proveedoras de insumos agrícolas.

Inicialmente, se realizó una investigación de campo con empresas proveedoras de insumos agrícolas, debido principalmente a la cercanía del memorista con colaboradores de dichas empresas. A partir de aquella investigación, se detectaron algunas oportunidades a partir de los dolores de este tipo de empresas. Por ejemplo:

a) Baja retención de clientes:

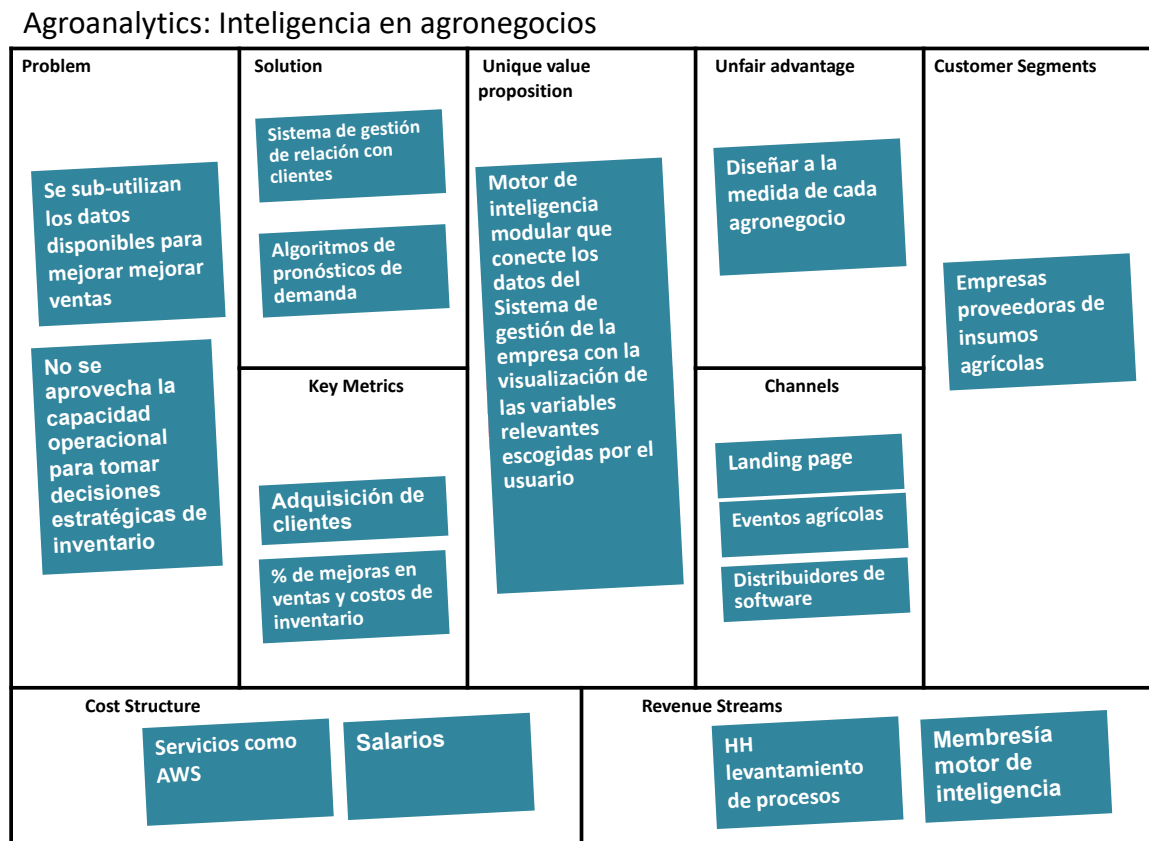
Esta situación se debe principalmente a la competitividad del mercado, ya que los nutrientes y otros insumos agrícolas se encuentran bastante “comoditizados”, por lo tanto, es difícil diferenciar productos, y los clientes, en este caso los equipos técnicos de las empresas productoras agrícolas, pueden cambiar de proveedor de forma sencilla.

Según se constató en la investigación preliminar, los proveedores de insumos consideran un buen escenario el que tengan una participación del 20% en los programas de cultivos de sus clientes, lo cual da cuenta de planes de fidelización limitados. Sumado a esto, destaca la poca penetración de herramientas tecnológicas que sí se utilizan en otras industrias para apoyar los procesos productivos.

b) Altos costos de inventario:

Junto al problema descrito con anterioridad, tanto proveedores como distribuidores enfrentan altos costos de inventario debido a que, a la incertidumbre sobre la demanda real de sus productos se suma el uso de modelos de pronóstico de demanda de baja complejidad, los cuales no permiten capturar los efectos de todas las variables involucradas y con esto aumenta el costo real del inventario que manejan.

El primer modelo de negocio sobre el cual se experimentó fue un sistema de inteligencia de negocios para empresas proveedoras de insumos agrícolas. Se confeccionó un primer modelo Lean Canvas del negocio, el cual se representa en la ilustración 4 a continuación.



www.agroanalytics.cl

Ilustración 4: Modelo Lean Canvas. Fuente: Elaboración propia

La propuesta única de valor que se plantea para las empresas proveedoras de insumos agrícolas con altos costos de inventario y con oportunidad de mejorar la fidelización de sus clientes y por ende generar más ingresos, es un motor de inteligencia de negocios, diseñado a la medida de cada agronegocio, el cual pueda tratar datos disponibles en los sistemas de gestión contratados por cada empresa para generar recomendaciones de marketing para sus insumos, y proyecciones de demanda certeras a partir de modelos predictivos.

Se plantearon hipótesis respecto del modelo de negocios propuesto, las cuales se resumen a continuación junto con su estado luego de realizados los experimentos:

Hipótesis	Resultados del experimento	Status de la hipótesis
<i>Las empresas proveedoras de insumos agrícolas contratan servicios de gestión que han visto ya sea por internet o en eventos agrícolas.</i>	5 de las 10 empresas contactadas contrataron el sistema que utilizan porque vieron un stand en eventos agrícolas.	No se puede concluir, cifras apuntan a que los eventos agrícolas pueden funcionar, aunque también el boca a boca.
<i>8 de cada 10 zonales utiliza un Smartphone y alguna aplicación de registro o gestión en él.</i>	Se evidenció que 10 de los 13 zonales acompañados en sus labores utilizan Smartphone y registran en él.	VALIDADO
<i>3 de 5 sistemas de gestión permiten consultas RESTful a sus bases de datos y planillas.</i>	Solamente 2 de los 5 sistemas de gestión revisados permiten conexión externa.	NO VALIDADO
<i>Las proveedoras de insumos agrícola de distintos tamaños solicitaran el servicio luego de conocer los resultados en sus competidores.</i>	Se evaluará hacia el final del trabajo de memoria.	OMITIDO

Tabla 1: Hipótesis y resultados del primer acercamiento al ámbito. Fuente: Elaboración propia.

Una de las hipótesis críticas que no fue validada con las empresas proveedoras de insumos agrícolas, es que no se cuenta con acceso directo a los datos que han sido recopilados hasta ahora por las empresas que utilizan algún sistema de gestión, sea CRM o ERP. Por otra parte, se enfrenta una alta competencia en el mercado de sistemas de gestión, debido a los niveles de sofisticación del software, lo cual resulta ser una gran desventaja considerando que no se cuenta con experiencia en desarrollo de software.

De igual forma, no se descarta realizar desarrollos personalizados en el futuro para empresas que requieran inteligencia de negocios y puedan proveer los datos, sin embargo, para efectos de este trabajo, se decide continuar el proyecto de memoria diseñando un modelo de negocios para un sistema de agricultura de precisión enfocado en productores agrícolas frutales de la zona central de Chile.

6.1.2 Investigación preliminar sobre empresas productoras agrícolas

A continuación, se presenta la información recopilada a través de revisión bibliográfica y entrevistas con productores agrícolas de la zona central de Chile.

Las principales fuentes de información fueron organismos gubernamentales como lo son la ODEPA, INIA e INDAP.

6.1.2.1 Industria frutícola chilena, zona centro.

En Chile, al año 2018, se contabilizaban cerca de 453.200 Ha de uso agrícola destinadas a producción frutícola. Particularmente, según consta en el sitio web de

ODEPA¹⁰ , en la región de O'higgins, se cuenta con 85.284,65 Ha declaradas de uso frutícola, cuyas plantaciones principales son vitivinícolas, cerezo y ciruelo europeo, respectivamente.

De la producción destinada a ser comercializada como fruta fresca durante el primer semestre del año 2018, se exportó un total de 1.161.162.000 USD, correspondiente a un 44% del total exportado como país en aquel periodo.

De acuerdo a los registros oficiales del censo nacional agropecuario¹¹, cerca del 93% de la superficie agrícola total la componen explotaciones agrícolas de 100 Ha o más¹², mientras solo el 2,4% se distribuye entre explotaciones de 20 Ha o menos. Los suelos de uso agrícola entre la VI y la VII son los suelos más extensamente cultivados en el país, razón por la cual concentran gran parte de la producción de frutas de temporada y hortalizas variadas.

Los procesos productivos de un productor frutícola están principalmente enfocados en realizar buenas labores y aplicaciones en los cultivos a lo largo de la temporada, de tal forma que se mitiguen los problemas que puedan ocasionar las variaciones climáticas abruptas y las condiciones del cultivo, permitiendo que se maximice el rendimiento de sus unidades productivas .

Tanto las labores como las aplicaciones deben ser ejecutadas según el desarrollo de la planta y considerando los factores ambientales constantes y otros eventos climáticos. Así, por ejemplo, luego de una lluvia ocasional de primavera, es imperante utilizar productos o técnicas que permitan disminuir la probabilidad de infección por hongos u otro tipo de enfermedades que puedan dañar los cultivos y disminuir la producción final.

6.1.3 Experiencias e iniciativas de utilizar herramientas tecnológicas en los agronegocios

La inclusión de distintas tecnologías ha venido en auge en los últimos años en los mercados que comprenden agronegocios, ya sea en formato de softwares que organizan las finanzas de la empresa, o como softwares de gestión complejos que permiten organizar los distintos procesos al interior de la empresa.

Por su parte, existen ejemplos de utilización de softwares para mejorar la relación con los proveedores y mejorar rendimiento de cultivos. Sin embargo, al ser los agronegocios un rubro basado, principalmente, en la experiencia de los agricultores y asesores agrícolas, la entrada de nuevas tecnologías ha sido muchas veces resistida.

Según plantea Mackrell et al. (2009) las principales críticas a incluir tecnología en los procesos productivos de los agronegocios incluyen:

- i) El software es demasiado complejo
- ii) El software espera demasiado conocimiento previo del agricultor
- iii) El software no está alineado con los objetivos de la agricultura

¹⁰ <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas>

¹¹ <https://www.ine.cl/estadisticas/economicas/estad%C3%ADsticas-agropecuarias>

¹² <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/panoramaFinal20102017Web.pdf>

- iv) Las actualizaciones de software son demasiado infrecuentes
- v) La captura y entrada de datos para el software son demasiado tediosas

Por otra parte, según estudios del ministerio de agricultura, las TICs pueden efectivamente contribuir al aumento de la competitividad en los procesos, agregando valor a los productos y potenciando una oferta exportable de calidad. Agregan que la información mejora los sistemas de gestión, influye en la toma de decisiones de las empresas y repercute en los costos y manejo de los riesgos.

Actualmente, desde el ministerio de agricultura han emanado distintas iniciativas que buscan apoyar la inclusión de tecnología en las labores agrícolas locales, esto a través de mesas de trabajo, denominadas “Mesa TIC rural”, las cuales son espacios de trabajo con empresas agrícolas pequeñas, en donde se busca poder levantar información para determinar conglomerados productivos y priorizar accesibilidad, entre otras tareas.

La inclusión de las TIC ha presentado tan alto impacto en la producción agrícola local, que actualmente se han lanzado planes piloto de planes de estudio y proyectos de innovación basados en el uso de tecnologías de la información y comunicación, buscando concientizar, apoyar y fomentar la inclusión de este tipo de tecnologías y prácticas en el quehacer cotidiano de los productores agrícolas¹³.

6.1.4 Investigación de campo: Entrevista del problema

Con el objetivo de conocer más acerca del rubro y de los principales implicados en él, se confeccionó una entrevista para indagar en potenciales problemáticas que afectan a los productores agrícolas. Esta entrevista cuenta con 7 preguntas dirigidas a conocer mayores detalles de los procesos productivos de las empresas agrícolas y detectar posibles brechas que puedan dar paso a oportunidades de negocio. La estructura de esta entrevista puede encontrarse en Anexos.

Se entrevistaron 20 productores agrícolas de la VI región y un productor de la VII región, todos particularmente productores frutícolas y de hortalizas. Como se aprecia en el cuadro resumen siguiente, los entrevistados coinciden en que la aplicación correcta de insumos es la tarea de mayor dificultad, debido a que se requiere conocer bastante bien las condiciones de los cultivos, medir la etapa de desarrollo y conocer también los compuestos que se aplican. De la misma forma, las aplicaciones como raleos y podas requieren planificación con anticipación, y están sujetas a condiciones climáticas y de la planta.

¹³ http://wapp.corfo.cl/ticrural/descargas/TIC_en_el_mundo_Rural.pdf

Entrevista del problema. Productores agrícola	Respuestas		
1. Cuales son las tareas de mayor complejidad en la producción?	Todos comparten que las tareas de mayor complejidad son la aplicación de productos en el momento que corresponde en las dosis óptimas		
2. Que tipo de herramienta utiliza para apoyar la realización de aquellas tareas? Planillas a mano, Excel, softwares de gestión etc.	Cuaderno del campo	Excel	
3. Es posible contar con los datos recolectados con las herramientas utilizadas?	Habría que transcribir desde los cuadernos		Sí, las tablas están guardadas
4. Como se miden las variables de los cultivos?	Estaciones climatológicas de uso compartido	Estaciones propias	A mano recorriendo el campo
5. Conoce ud. Sobre el uso de modelos agronómicos?	Entiende lo que es, sabe que se ha aplicado (en viñas por ejemplo)		No conoce
6. Que solucionaría ud con respecto a sus cultivos en este momento, si tuviera la oportunidad?	Riego	Aplicación de insumos automática (fertirriego)	Comprar maquinaria de poda y raleo
7. Qué hace ud para aumentar el rendimiento de sus cosechas?	Comprar insumos más caros	Contratar más gente	Anticiparse a la temporada (aplicaciones tempranas)

Tabla 2: Resumen respuestas a entrevista problema. Fuente: Elaboración propia.

6.1.5 Problemas y oportunidades detectados en empresas productoras agrícolas

A partir de la investigación de preliminar y la posterior investigación de campo realizada, cuyo análisis se presentó en la sección anterior, se detectaron problemas que aquejan a los productores agrícolas y resaltaron algunas oportunidades de negocio.

En primer lugar, los productores agrícolas tienen problemas de incertidumbre en el rendimiento de sus cultivos, lo cual muchas veces resulta en pérdidas masivas y la respectiva baja en la rentabilidad de la inversión en insumos, lo que también afecta aguas arriba en la cadena de la industria agrícola nacional.

Luego, las condiciones de post-cosecha también afectan la rentabilidad de los cultivos, lo cual puede acarrear pérdidas e incurrir en costos extra.

Estos problemas se enuncian a continuación:

A) Alta variabilidad en la producción y costos por hectárea debido principalmente a variables ambientales:

Si bien los productores agrícolas de la zona central de Chile cuentan, en su mayoría, con equipos técnicos especializados compuestos por agrónomos con experiencia, quienes toman decisiones para los cultivos basados en sus conocimientos, éstos enfrentan dificultades al momento de anticiparse a ciertas condiciones ambientales que afectan su producción.

Lo anterior, se debe principalmente a los cambios acelerados de las condiciones climáticas. Este nuevo escenario de variabilidad climática afecta el desarrollo de los cultivos, lo cual genera que las aplicaciones de insumos en ellos no se realicen de forma óptima en las etapas que corresponde, aumentando los costos por hectárea de los campos.

En consecuencia, existe incertidumbre que afecta la rentabilidad de los cultivos debido a que asoman pérdidas no contempladas en el plan original de la empresa. Esta incertidumbre no ha sido gestionada de manera eficiente por la agroindustria chilena hoy en día. Por otra parte, los costos actuales por hectárea continúan en ascenso, en específico, los costos asociados a insumos, ya sean fitosanitarios o de nutrición.

B) Condiciones de post-cosecha:

Los productores agrícolas, principalmente frutales, son responsables de la calidad de su producto hasta que este es internado en el mercado de destino, es decir, luego de cumplir los estándares estipulados por contratos. Lo anterior, incluye el costo de deshacerse de la mercancía cuando esta llega en malas condiciones, además del costo hundido de perder la carga enviada. Esta situación depende netamente de las condiciones con que se mantenga el producto luego de ser cosechado, previo a su envío.

En ambos problemas descritos con anterioridad se evidencia poca o nula inclusión de tecnología que apoye la realización de los procesos productivos subyacentes, lo cual es hipótesis inicial y fundamental del objetivo del presente trabajo de memoria.

En adelante, se decide tomar la oportunidad de dar solución al problema de incertidumbre respecto del rendimiento de los cultivos (problema A), considerando que tiene un mayor impacto en el costo final esperado por unidad productiva y, por lo tanto, presenta mayor atractivo como oportunidad de negocio al ser un dolor más tangible e identificado. Además, se cuenta con los siguientes aprendizajes a partir de este primer acercamiento:

- El total de productores agrícolas contactados hasta la fecha declaran intención de mejorar el rendimiento de sus cultivos usando tecnología. El 80% de ellos ya han tenido acercamientos a la agricultura de precisión a través de estaciones climatológicas instaladas en su zona o bien adjudicándose proyectos de riego tecnificado que permiten medir el uso del agua, por ejemplo.
- Los productores agrícolas están dispuestos a probar un sistema de agricultura de precisión ya que lo consideran poco invasivo para sus cultivos.
- Existen modelos de predicción de implementación sencilla que los productores agrícolas conocen o bien han escuchado, y están interesados en contar con ellos para optimizar sus procesos.

6.2 Prototipado y experimentación

En esta sección, se presenta la conceptualización y diseño del primer prototipo a partir de la información recopilado. Junto a esto, se declaran las primeras hipótesis críticas a validar del modelo de negocios propuesto.

6.2.1 Formulación de las primeras hipótesis del negocio y modelo Canvas

De acuerdo con la información recopilada en el trabajo de revisión bibliográfica y con la investigación de campo, se plantean las hipótesis primarias respecto de los resultados esperados de la realización del proyecto. Estas hipótesis definen el primer modelo de negocios.

Hipótesis 1: Monitorear el desarrollo completo de sus cultivos permite a los productores agrícolas optimizar su producción.

Hipótesis 2: Los productores agrícolas requieren que el negocio se relacione de forma presencial con ellos.

Hipótesis 3: La plataforma de visualización de monitoreo permite entregar la propuesta de valor de forma completa.

Hipótesis 4: Para medir los indicadores y monitorear los cultivos es necesario contar con tecnología dispuesta en los campos.

Hipótesis 5: Las alertas deben configurarse para que ocurran de forma automática frente a eventos climáticos o cambios en las condiciones de los cultivos.

Hipótesis 6: Asociarse a desarrolladores de hardware como proveedores de insumos permitirá implementar el servicio al estándar esperado.

Hipótesis 7: El acuerdo económico con los productores puede basarse en un factor variable dependiente de las mejoras alcanzadas.

Estas hipótesis, dieron forma al primero modelo Canvas del proyecto, el cual ha sido instanciado en el lienzo de la ilustración 5 a continuación:

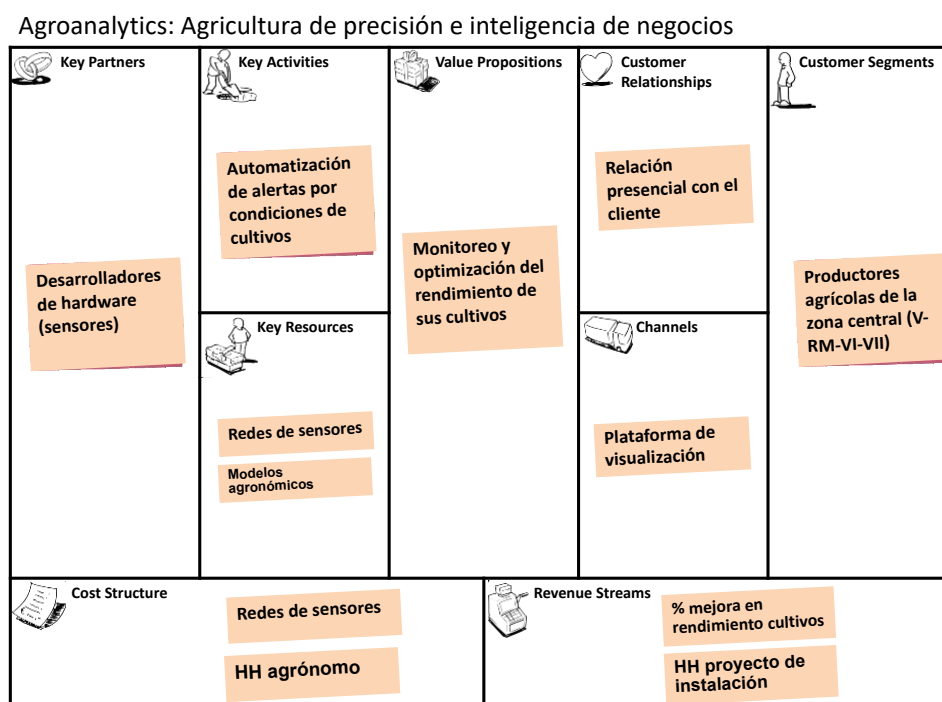


Ilustración 5: Primer modelo Canvas. Fuente: Elaboración propia

6.2.2 Diseño del primer prototipo y primer experimento

Considerando el modelo Canvas presentado en la sección anterior, junto a las hipótesis primarias del mismo, se diseñó un primer prototipo de solución, con el cual se evaluaron las condiciones que deben cumplirse para validar las hipótesis declaradas.

Este prototipo, consiste en el bosquejo de un sistema de monitoreo de condiciones de cultivos, que genere alertas de acuerdo a las condiciones del cultivo a lo largo de la temporada y permita mantener control sobre las aplicaciones de los distintos insumos necesarios en cada etapa, según corresponda. Se basa en una aplicación web, la cual tiene capacidad de almacenar datos desde sensores ubicados en lugares estratégicos del campo, procesar estos datos y calcular dosis y ventanas de tiempo de aplicación de los insumos requeridos.

Las vistas del prototipo se aprecian en las imágenes 6 y 7 a continuación, y las demás vistas se encuentran en Anexos:



Ilustración 6: Vista de usuario del sistema. Selección del programa de cultivo a revisar. Fuente: Elaboración propia.

La ilustración 6 muestra el repositorio de programas de cultivo disponibles para el usuario. Desde ahí, se puede seleccionar el tipo de cultivo a revisar, considerando la etapa de desarrollo en la que se encuentra y los insumos que deben aplicarse.



Ilustración 7: Vista de usuario del sistema. Estado fenológico, insumo y dosis sugerida. Fuente: Elaboración propia.

La ilustración 7 muestra la distribución de estados de desarrollo de la planta y las cantidades recomendadas de aplicación para cada insumo. Una de las características

principales que tendrá la aplicación en su desarrollo final es contar con alertas automáticas que indiquen la etapa de desarrollo de la planta y sus posibles

El experimento, consistió en mostrar las características del prototipo a los potenciales clientes, acompañándolos en el recorrido por la aplicación y explicando además las formas de recolección de datos y su posterior tratamiento. El objetivo fue validar (o no) las hipótesis planteadas. Los resultados y estados actuales de las hipótesis se resumen en la tabla siguiente:

	Resultado	Conclusión
Hipótesis 1	Todos los participantes coincidieron en que es posible aliviar el dolor de la incertidumbre en el rendimiento de sus cultivos si pudieran monitorear de mejor manera las condiciones de él.	Se valida la hipótesis
Hipótesis 2	Solo para uno de los participantes resultó útil contar con una relación personalizada con el negocio, para poder customizar módulos del negocio.	No es posible concluir al respecto. Se decide mantener en hipótesis este elemento del modelo de negocio
Hipótesis 3	3 de los 4 participantes consultaron sobre la posibilidad de incluir distintas variables en la visualización.	Se valida la hipótesis
Hipótesis 4	No hubo consenso en definir que tipo de herramienta es mejor para recolectar datos, debido a que existen distintos tipos de modelos agronómicos, los cuales utilizan distintas variables.	No es posible concluir al respecto. Se decide mantener en hipótesis este elemento del modelo de negocio
Hipótesis 5	Resulta evidente del experimento, que es necesario automatizar las alertas para que la solución tenga valor.	Se valida la hipótesis
Hipótesis 6	Se omite la validación de esta hipótesis debido a que no se experimentó aun con la recolección de datos.	No es posible concluir al respecto. Se decide mantener en hipótesis este elemento del modelo de negocio
Hipótesis 7	Los agricultores están de acuerdo con financiar parte del proyecto hasta determinar las mejoras que genera la aplicación.	No es posible concluir al respecto. Se decide mantener en hipótesis este elemento del modelo de negocio

Tabla 3: Cuadro resumen del resultado de experimento con primer prototipo. Fuente: Elaboración propia

6.3 Iteraciones y pivoteos del modelo de negocios

En la presente sección se da cuenta del proceso de pivoteo del modelo de negocios propuesto con anterioridad, a partir de los resultados obtenidos del experimento realizado.

Se muestran los principales cambios del modelo de negocios y las alternativas para cada hipótesis no validada. Finalmente, se presenta el nuevo modelo de negocios pivoteado.

6.3.1 Re-diseño de MVP y experimento

De acuerdo con el modelo de negocios diseñado en la sección anterior, el cual muestra que es necesario contar con la tecnología de adquisición de datos, se buscaron puntos de contacto con los recursos claves y con potenciales socios claves para el proyecto.

La tecnología necesaria para entregar el monitoreo más fiable y mejores recomendaciones son sensores de suelo, dispuestos en el campo a partir de la distribución de especies que tenga el productor agrícola; otra forma de medir esas variables es a través de estaciones climatológicas o con información satelital.

Se trabajó en generar alianzas con empresas que fabriquen e instalen sensores de suelo, idealmente integrados en una red que tenga acceso a internet para compartir los datos de la medición. Bajo este escenario, se conversó con una empresa-laboratorio, quienes accedieron a trabajar de manera colaborativa para con el proyecto, ampliando así su propia cartera de proyectos hacia el área agrícola y beneficiando el desarrollo del proyecto con la aplicación de su tecnología.

Luego de encontrar conversaciones en varias oportunidades con la contraparte de la alianza, se diseñó en conjunto el siguiente experimento a realizar. Se requirió desarrollar un nuevo MVP para testear la validez de las hipótesis que seguían en duda, y poder encontrar nuevos insights a partir de este proceso.

Se optó por implementar dos modelos agronómicos: la acumulación de grados días y el modelo de evapotranspiración referencial, los cuales son sugeridos por la FAO como buenos estimadores de los parámetros necesarios para estimar el estado fenológico de la planta y por ende, es posible programar las aplicaciones que debiesen tener lugar en el corto plazo. Este modelo se representó en un panel en donde también se implementaron seguimientos de radiación solar y humedad relativa.

La ilustración 8 a continuación muestra el panel que se presentó a los agricultores. En él, es posible apreciar tendencias, máximos y mínimos de los parámetros calculados, lo cual, combinado con el sistema de bases de datos de los programas de cultivos, permitirían que el productor agrícola maneje de manera óptima las variables de sus cultivos.

El experimento consistió en comparar la estimación de los productores respecto de la etapa de desarrollo de sus cultivos, con las mediciones hechas a partir de información

obtenida desde servicios web, como lo es el “Explorador solar”¹⁴ y servicios satelitales de información climatológica¹⁵. También se realizaron cálculos para el modelo de acumulación grados días, entregando datos suficientes para estimar el estado fenológico de los cultivos.

Además, se testeó la disposición de los agricultores a pagar el servicio a partir de un porcentaje de los ahorros en costos, particularmente, 3 de 4 estuvieron de acuerdo en que el servicio puede costar máximo un 40% del total ahorrado.



Ilustración 8: Nueva vista del producto mínimo viable del sistema de agricultura de precisión. Fuente: Elaboración propia.

6.3.2 Análisis y evaluaciones del experimento en su segunda iteración

Luego de realizado el experimento, se contrastaron los apuntes de cada intervención y los resultados del experimento anterior. Se definió una tasa mínima de aceptación de $\frac{3}{4}$ de los productores para validar las hipótesis. Del experimento, resultó validada la hipótesis respecto a la relación que se debe mantener con los potenciales clientes, ya que es necesario incluir personalizaciones para cada tipo de productor, según sea la experiencia del productor agrícola, como también las condiciones geográficas de sus unidades productivas o bien las variedades que cultive. También se validó la forma de cobrar por el servicio, lo cual asegura la fuente de ingreso del proyecto.

En la tabla a continuación se aprecia el resumen del resultado del experimento y el estado de cada hipótesis luego de realizado:

Resultado	Conclusión
-----------	------------

¹⁴ <http://ernc.dgf.uchile.cl:48080/mediciones>

¹⁵ <https://agromonitoring.com/api/polygons>

Hipótesis 1	Todos los participantes coincidieron en que es posible aliviar el dolor de la incertidumbre en el rendimiento de sus cultivos si pudieran monitorear de mejor manera las condiciones de él.	Validada anteriormente
Hipótesis 2	3 de 4 de los productores con los cuales se experimentó, solicitaron poder ingresar otras alertas, utilizando distintas variables. Esto sugiere la capacidad de poder customizar el producto, entendiendo distintas características entre los productores.	Se valida la hipótesis
Hipótesis 3	3 de los 4 participantes consultaron sobre la posibilidad de incluir distintas variables en la visualización.	Validada anteriormente
Hipótesis 4	Contar con datos obtenidos a partir de los servicios web incluidos en el MVP resultó ser un gran reemplazo de los sensores físicos. La data permite calcular lo que se requiere sin realizar la inversión.	No se valida la hipótesis. Se reemplaza tecnología.
Hipótesis 5	Resulta evidente del experimento, que es necesario automatizar las alertas para que la solución tenga valor.	Validada anteriormente
Hipótesis 6	Según lo testeado, no es necesario contar con tecnología dispuesta en el campo ya que es posible obtener data de forma confiable desde servicios web, por ejemplo.	No se valida la hipótesis.
Hipótesis 7	3 de 4 de los productores con los cuales se experimentó, estuvieron de acuerdo en que el cobro del servicio debe ser un porcentaje del total ahorrado, y un porcentaje mínimo del aumento en productividad	Se valida la hipótesis

Tabla 4: Cuadro resumen validación de hipótesis del segundo experimento. Fuente: Elaboración propia

6.3.3 Aprendizaje validado desde la experimentación

Luego de realizado el segundo experimento y obtenidos los resultados que se muestran en la sección anterior, se diseñó el nuevo modelo de negocios pivotado a partir de la validación de hipótesis. El nuevo modelo negocios, incluye como recursos clave la

captura de datos meteorológicos, incluyendo índices de radiación, y los modelos agronómicos propuestos por la FAO.

Por otra parte, se pivotea la sección “socios clave” ya que a partir del experimento resultó evidente que no es necesario asociarse con desarrolladores de hardware y que, al menos para una primera etapa de producción, no es necesario contar con tecnología dispuesta en el campo, como redes de sensores; los servicios web de datos climáticos y “Explorador solar” permiten recolectar data suficiente que alimenta los modelos agronómicos a utilizar.

La ilustración 9 a continuación muestra el *Business model Canvas* final del proyecto:

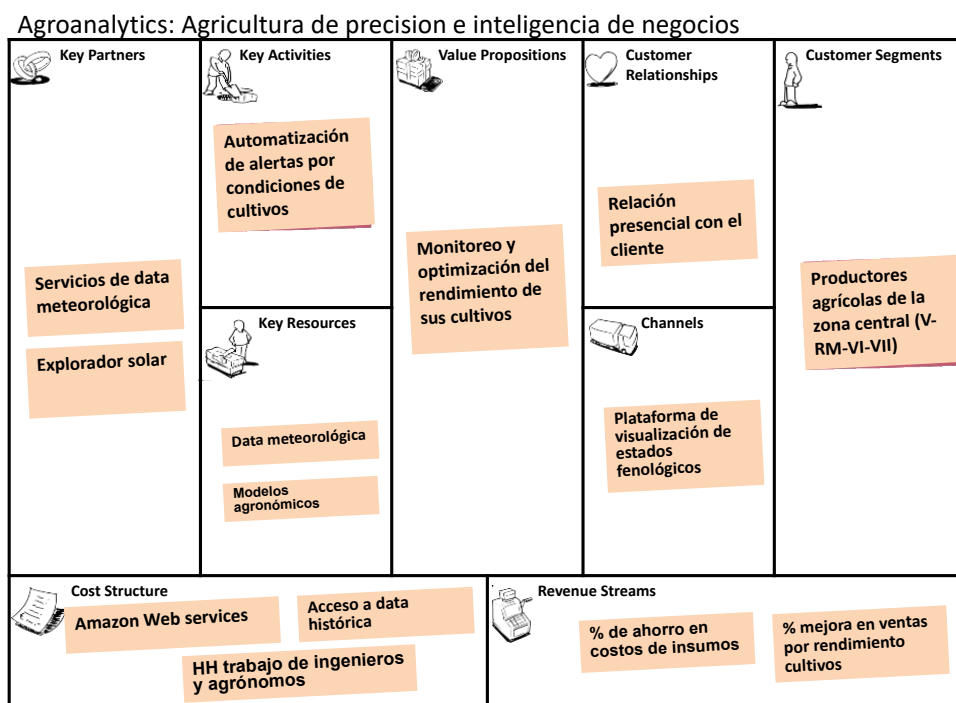


Ilustración 9: Business model Canvas pivotado. Fuente: Elaboración propia.

El modelo de negocios es el siguiente: Un sistema de monitoreo y optimización de rendimiento de cultivos frutales para productores agrícolas de la zona central. Este sistema se encuentra alojado en una plataforma web que contiene visualizaciones de variables relevantes tanto de los cultivos, como climatológicas, el cual puede ser personalizado en base a los requerimientos del agricultor, quien pagará por el servicio a través de un convenio estipulado como el 40% de los ahorros generados en costos de insumos y el 1% del aumento en ventas. Este sistema tiene una estructura de costos basada en la infraestructura tecnológica que lo sostiene y los salarios de los ingenieros que participan de la implementación de los modelos agronómicos y del tratamiento de los datos recopilados.

Finalmente, se declara el estado de las hipótesis sobre el modelo de negocios inicial. La tabla 5 a continuación muestra las hipótesis y la conclusión respecto de estas, luego de realizados los experimentos.

Hipótesis	Conclusión
Monitorear el desarrollo completo de sus cultivos permite a los productores agrícolas optimizar su producción.	Validada
Los productores agrícolas requieren que el negocio se relacione de forma presencial con ellos.	Validada
La plataforma de visualización de monitoreo permite entregar la propuesta de valor de forma completa.	Validada
Para medir los indicadores y monitorear los cultivos es necesario contar con tecnología dispuesta en los campos.	No se valida la hipótesis. Se reemplaza tecnología.
Las alertas deben configurarse para que ocurran de forma automática frente a eventos climáticos o cambios en las condiciones de los cultivos.	Validada
Asociarse a desarrolladores de hardware como proveedores de insumos permitirá implementar el servicio al estándar esperado.	No se valida la hipótesis. La asociación clave debe ser con servicios que ofrezcan la data requerida.
El acuerdo económico con los productores puede basarse en un factor variable dependiente de las mejoras alcanzadas.	Validada

Tabla 5: Cuadro resumen del resultado de experimento con primer prototipo. Fuente: Elaboración propia

6.3.3.1 Insights y aprendizaje a partir de los experimentos

El principal problema que afecta a los productores agrícolas frutales es la alta incertidumbre que enfrentan en cuanto al rendimiento de sus cultivos y los altos costos en insumos que significa la producción anual. Por lo anterior, se plantearon y validaron hipótesis sobre el modelo de negocios, de lo cual se obtuvo aprendizaje valioso para el proyecto, el cual se esquematiza a continuación:

- **Se puede capturar, consultar o medir las variables atmosféricas y de suelo necesarias para a utilización de modelos predictivos de producción.**

Las variables necesarias relevantes para la utilización de modelos son ambientales, por ejemplo, temperatura (°C), precipitación (ml), humedad relativa (% vapor de agua) y radiación solar. También se pueden utilizar las condiciones de suelo, como humedad (% volumen de agua), pH, presencia de nutrientes, entre otros, las cuales pueden ser obtenidas y calculadas usando elementos tecnológicos dispuestos en el campo o desde servicios web.

Existen servicios de información climatológica satelitales y de presencia en el campo, los cuales pueden ser consultados de manera constante (automática) según el tipo de seguimiento que se aplique a los cultivos. Sin perjuicio de lo anterior, se constata que la solución de mejor ratio costo/efectividad corresponde a la obtención de datos desde sistemas satelitales o estaciones meteorológicas existentes. No se descarta incluir tecnología de sensores y redes en los campos en etapas posteriores del proyecto.

- **Los productores agrícolas consideran la eficiencia de sus procesos como elemento clave en el aumento de utilidades luego de la temporada.**

Todos los productores con los cuales se experimentó utilizando el MVP consultaron sobre la capacidad del sistema para reducir costos reales en la aplicación de ciertas técnicas o productos. Quienes interactuaron con el monitoreo de variables e indicadores compararon con el control que actualmente llevan, versus las estimaciones obtenidas usando el sistema propuesto. La solución propuesta les permite efectivamente agregar control a su producción, con énfasis en la utilización óptima de insumos.

- **Los costos asociados a compras y manejo de insumos es al menos el 30% de los costos totales de producción.**

Actualmente, para los productores de frutales de la zona central, la fracción del costo total de una temporada de producción que ocupan los insumos agrícolas corresponde aproximadamente a un 40%¹⁶, y si se mide en costos de primavera, asciende al 70%¹⁷ aproximadamente. El caso estándar es que los productores se abastezcan a través de créditos con las empresas distribuidoras de insumos, lo cual

¹⁶ Fuente: Documentos oficiales de costo por hectárea de frutales, ODEPA 2019.

¹⁷ Fuente: Análisis de datos agregados por estaciones del año de uso de insumos. Registros personales de agricultores.

agrega costos financieros a la operación y se deben considerar costos de aplicación específico de ciertos productos como fungicidas.

- **Los productores agrícolas conocen el desarrollo teórico y aplicaciones de modelos de predicción temprana de plagas, enfermedades y condiciones de post cosecha, a partir de otros casos.**

Tanto los productores con los cuales se experimentó, como también el asesor agrícola del proyecto, concuerdan en que existe desarrollo teórico suficiente como para poder realizar proyectos dentro de sus unidades productivas que apunten a mejorar el rendimiento de los cultivos, sin embargo, a la fecha no existe mayor penetración de esta forma realizar las tareas del campo. Los productores agrícolas lo atribuyen a que no forma parte de la formación del ingeniero agrónomo actualmente, mientras el que el asesor agrícola del proyecto asegura que existen fuertes barreras culturales que impiden incluir mayor tecnología en el campo.

- **El próximo paso de los productores agrícolas es optimizar sus procesos a partir de las proyecciones y simulaciones que ofrece un sistema inteligente.**

Los productores contactados comprenden que la tecnología será parte fundamental de la revolución de la producción actual. Frente a la consulta de que esperan hacer cuando cuenten con el producto, el consenso es que se requieren tomar mejores decisiones en otros aspectos de la producción para que los modelos sean válidos en sus proyecciones, es decir, estandarizar la mayor parte de sus procesos en base a la inclusión de tecnología, sin embargo, recalcan que no poseer mayores conocimientos en el ámbito es un freno natural y esperan contar con apoyo de quienes ofrecen el servicio o de organismos gubernamentales.

6.3.3.2 Riesgos del negocio

A partir de los aprendizajes sobre las hipótesis y analizando las conversaciones sostenidas, se evidencian también algunos comportamientos habituales y ansiosos de los potenciales clientes, sobre los cuales es necesario enfocar atención. Estos son:

- **Las aplicaciones en cultivos se planifican mayormente por costumbre, de forma manual y sin contar con la supervisión correspondiente.**

Tal como se ha mostrado en otras secciones del presente trabajo, la tecnología ha tenido poca penetración en las labores del campo. Esto se debe, principalmente, a que se confía en el criterio del agrónomo o de su técnico agrícola respecto de las aplicaciones que deban efectuarse sobre los cultivos. Esto representa una seria amenaza a la introducción del sistema propuesto, ya que fomenta una alta resistencia al cambio por parte de los agricultores y sus colaboradores. Para sortear esta barrera, se trabajará en la educación de los potenciales clientes, tanto en el uso de la herramienta como también en las repercusiones que trae incluir tecnología en sus procesos.

- **Los productores agrícolas esperan ver resultados dentro de la temporada y percibir disminución en sus costos por utilizar el sistema.**

Si bien esto es un escenario posible, considerando que la estandarización de requerimientos puede llevar a mejorar la eficiencia de la utilización de insumos, las inversiones estarán hechas desde principios de temporada, por lo tanto, el beneficio se podrá medir a partir del nivel de inventario que exista hacia el final de temporada. Por otra parte, es posible comparar datos de temporadas pasadas para simular condiciones, y así evaluar el rendimiento teórico de utilizar el sistema propuesto.

Por otra parte, el uso de modelos predictivos para estimar la cantidad de producción de un predio requiere de entrenamiento y es necesario obtener la mayor cantidad de muestras posibles, por lo que se estima que al menos debe transcurrir una temporada de recopilación de datos climatológicos y, dentro de lo posible, de los sitios específicos de cultivo, para poder contar con cálculos óptimos.

6.3.3.3 Alternativas de solución

Otras alternativas de solución que tienen los productores agrícolas son educarse por su cuenta en tecnologías de información y comunicación, de manera de poder recopilar, almacenar y tratar datos de sus cultivos. Este escenario es poco probable considerando la inclusión de la agricultura de precisión actualmente en nuestro país (cercano al 5% como se evidenció anteriormente).

Alternativas a un sistema inteligente, para aquellos agricultores que ya cuentan con planillas digitales de datos, es que actualicen y analicen constantemente “a mano” sus datos. Esta situación es más probable que la descrita anteriormente, sin embargo, resultará engorrosa para quienes decidan trabajar así.

Actualmente, existen empresas que ofrecen servicios de agricultura de precisión, enfocados principalmente en el uso de imágenes multiespectrales y análisis de densidad foliar. Estos tipos de sistemas pueden resultar una alternativa para los agricultores en cuanto a tomar acciones sobre alertas de baja densidad o sectores que presenten estrés hídrico, entre otros casos, sin embargo, resultan poco prácticos como sistemas predictivos, ya que literalmente generan fotos de un instante en particular.

6.4 Evaluación económica de la solución propuesta

Para realizar una evaluación correcta del presente proyecto con el modelo de negocios actual, se decide utilizar un horizonte de evaluación de 5 años. Esto, luego de sostener variadas conversaciones con expertos en soluciones tecnológicas, quienes plantean que, para proyectos de componentes fuertemente digitales, como es el caso de la propuesta de este trabajo, es contraproducente evaluar en plazos mayores a 5-7 años debido a la acelerada evolución que presenta la tecnología.

Algo importante a recordar en este punto, es que la evaluación de costos que realizan los productores agrícolas y las entidades reguladoras, por regla general, define un costo promedio por hectárea de cada tipo de cultivo. Esta forma de apreciación es la base de la evaluación económica que se realiza en esta sección.

Con el fin de obtener una evaluación crítica y fiable de la factibilidad económica del proyecto y sus potenciales escenarios, se plantea utilizar el modelo TAM-SAM-SOM para estimar la demanda inicial del proyecto, considerando la alta incertidumbre que enfrenta un emprendimiento de esta naturaleza. A partir de esta definición se puede calcular el valor presente neto (VAN) del proyecto y, seguidamente, evaluar la factibilidad.

- TAM – Total de hectáreas cultivadas en Chile

La cantidad total de hectáreas cultivadas declaradas en Chile, según el informe anual que presenta el ministerio de agricultura al año 2018, asciende a 2.574.878,84 Ha. Este conteo incluye todo tipo de cultivos de consumo humano y forraje para consumo animal. Los costos de producción por hectárea de cualquier cultivo se dividen principalmente en los siguientes ítems: mano de obra, arriendo de maquinaria e insumos. El último corresponde al ítem de mayor relevancia para efectos del proyecto.

- SAM – Hectáreas de cultivos frutales (incluye viñedos)

Tal como se ha detallado con anterioridad, dentro de los cultivos presentes a lo largo de Chile, el proyecto se enfoca principalmente en la producción frutícola de temporada y cultivo de vid.

La mayor parte de las hectáreas disponibles para cultivo extensivo de frutales y viñedos se concentra en la VI y VII región, las cuales concentran el 65% de las hectáreas dedicadas a este tipo de agronegocio en el país, lo que se traduce en 294.802 Ha.

- SOM – Hectáreas de cultivos frutales visitados en la VI Región

De acuerdo con la definición del modelo utilizado, el último paso es determinar la cuota de mercado que el proyecto va a abordar. Esta cuota debe ser realista de tal forma que pueda ayudar a fijar metas concretas para el desarrollo del proyecto. De acuerdo con lo anterior, la cuota de mercado definida para el proyecto corresponde a 800 Ha dentro del primer año de operación, lo cual es equivalente a un 0,27% del total de hectáreas cultivadas con frutales de temporada y vid entre la VI y VII región (SAM).

6.4.1 Flujos de caja libre

A fin de calcular el valor final del proyecto del sistema de agricultura de precisión propuesto, se deben calcular cada uno de los flujos de entrada y salida del proyecto, todos traídos a valor presente. En primera instancia, es necesario calcular la tasa de descuento con la que se evaluará el proyecto, la cual es posible obtener a partir del modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model), el cual manifiesta que la tasa de retorno de cualquier inversión corresponde a una tasa libre de riesgo más una prima por riesgo de mercado. La ecuación que sostiene el modelo es la siguiente:

$$r_i = r_f + \beta * (r_m - r_f)$$

Donde:

- r_f : corresponde a la tasa libre de riesgo y es equivalente al costo de oportunidad del proyecto.
- β : el factor beta corresponde a la sensibilidad media del retorno del activo subyacente, en este caso la inversión, con respecto del retorno de mercado. Se calcula utilizando la covarianza entre los retornos nombrados.
- r_m : corresponde a la tasa esperada de retorno del mercado completo.
- r_i : es la tasa de descuento para evaluar el proyecto.

Para calcular la tasa de descuento, se utilizará la tasa de retorno que entregan los bonos del tesoro de Estados Unidos, ya que al tratarse de un proyecto que implica nuevas tecnologías y servicios web, resulta la mejor aproximación. Para efectos de este proyecto, se utilizará el indicador Dow Jones como la tasa de retorno de mercado. En el caso de la sensibilidad respecto al retorno de mercado, se decidió utilizar el beta asociado al sector “Software” de Estados Unidos. Por lo tanto, los factores quedan de la siguiente forma:

- $r_f = 1,896$
-
- $\beta = 1,23$
-
- $r_m = 9,064$

Por lo tanto, $r_i = 10,71$. Ahora bien, para que esta tasa sea válida para las condiciones del mercado chileno, o al menos una buena aproximación, es necesario contemplar el efecto de la devaluación del peso contra el dólar y el riesgo asociado al país. Para esto, se debe convertir la tasa desde dólar a pesos, considerando el tipo de cambio al día de hoy: 1USD = 679 CLP. Por lo tanto, considerando la devaluación desde el año pasado hasta hoy en dev = 0,01; la tasa de descuento a utilizar corresponde a

$$r_i = 10,594$$

Queda entonces calcular la inversión inicial, los ingresos y los egresos del proyecto. Cabe mencionar que todos los montos calculados de aquí en adelante fueron calculados en USD para simplicidad de cálculos, con base en 1 USD = 650 CLP.

La inversión inicial del proyecto fue calculada considerando mantener los costos al menor nivel posible, es decir, considerando lo mínimo suficiente para operar, estipulado lo anterior, se opta por utilizar el plan gratuito del servicio Agromonitoring¹⁸, el cual ofrece cobertura suficiente para el total de hectáreas a servir en la etapa inicial del proyecto (800 Ha).

¹⁸ <https://agromonitoring.com/price>

	Free
Price per month (excl. VAT)	Free Get API key and Start
Total area of polygons	2 500 ha
Calls per minute	< 60
Number of created polygons per month	< 20
Satellite imagery (NDVI, EVI, True color, False color)	All available data (check)
Historical weather data	—
Dashboard	Full access

Ilustración 10: Precios y característica del servicio Agromonitoring (API Polygon openweather). Fuente: Agromonitoring.com

Se considera además utilizar el servicio de Explorador Solar para poblar la base de datos con los índices de radiación por zona geográfica. Este servicio permite descargar datos históricos de forma gratuita.

Por lo pronto, la inversión inicial se reduce a contar con un sitio web y host, computadores para el desarrollo del sistema y la arquitectura computacional que soporte el sistema completo. La tabla con el resumen de costos se presenta a continuación:

Item	Total Inversión	Unidades/meses
Computadores	\$ 3.077	4
DNS	\$ 60	60
Host	\$ 120	12
Servidores	\$ 570	12
Total	\$ 3.827	

Tabla 6: Inversión inicial primer año de operación. Fuente: Precios desde sitios web¹⁹.

Los ingresos del proyecto se calculan utilizando la estimación de demanda presentada en la sección anterior, la cual fue obtenida utilizando el modelo TAM-SAM-SOM. Junto a la cantidad de hectáreas objetivo a tratar, se tienen los costos estimados por hectárea desde la información oficial de ODEPA para el cultivo de cerezas, el detalle se puede encontrar en la sección Anexos. Para las distintas evaluaciones se proponen tres escenarios iniciales, de acuerdo con la cuota de mercado que es posible abarcar.

Los resúmenes se presentan a continuación, y las planillas completas se encuentran en Anexos:

	Periodo					
	0	1	2	3	4	5
Total Ingresos	\$ -	\$ 186.610	\$ 205.271	\$ 225.798	\$ 248.378	\$ 273.216
Ahorro en costos		\$ 129.084	\$ 141.992	\$ 156.192	\$ 171.811	\$ 188.992
Aumento de producción		\$ 57.526	\$ 63.279	\$ 69.607	\$ 76.567	\$ 84.224

Tabla 7: Ingresos esperados en escenario pesimista (0,27% de Ha totales VI-VII región)

¹⁹ <https://www.nic.cl/dominios/tarifas.html>; https://www.tecnoweb.net/es-cl/web_hosting.php; <https://www.pcfactory.cl/producto/33037-hp-notebook-pavilion-14-fhd-intel-i5-8265u-8gb-256gb-ssd-windows-10-misty-mauve-14-ce2006la>; https://aws.amazon.com/es/pricing/?nc2=h_ql_pr

	Periodo					
	0	1	2	3	4	5
Total Ingresos	\$ -	\$ 343.832	\$ 378.215	\$ 416.037	\$ 457.640	\$ 503.404
Ahorro en costos	\$ -	\$ 237.839	\$ 261.623	\$ 287.785	\$ 316.564	\$ 348.220
Aumento de producción	\$ -	\$ 105.993	\$ 116.592	\$ 128.251	\$ 141.076	\$ 155.184

Tabla 8: Ingresos esperados en escenario moderado (0,5% de Ha totales VI-VII región)

	Periodo					
	0	1	2	3	4	5
Total Ingresos	\$ -	\$ 515.748	\$ 567.323	\$ 624.055	\$ 686.460	\$ 755.107
Ahorro en costos	\$ -	\$ 356.759	\$ 392.435	\$ 431.678	\$ 474.846	\$ 522.331
Aumento de producción	\$ -	\$ 158.989	\$ 174.888	\$ 192.377	\$ 211.614	\$ 232.776

Tabla 9: Ingresos esperados en escenario moderado (0,75% de Ha totales VI-VII región)

Los egresos considerados para el proyecto se presentan a continuación:

Pagos al personal representan gran parte de los egresos contemplados para el proyecto. Se obtuvieron sueldos promedio a partir de los valores registrados en el portal mifuturo.cl, a los cuales se les agregaron un 20% a modo de prima de retención de talentos.

Profesional	Sueldo mensual	Sueldo anual	Total 5 años
Ingeniero agrónomo 1	\$ 2.000	\$ 24.000	\$ 120.000
Ingeniero agrónomo 2	\$ 2.000	\$ 24.000	\$ 120.000
Programador	\$ 2.615	\$ 31.385	\$ 156.923
Ingeniero de datos	\$ 2.615	\$ 31.385	\$ 156.923
	Total anual	\$ 110.769	

Tabla 10: Tabla de sueldos estimados por año de operación. Fuente: elaboración propia a partir de información en la web²⁰

Respectos de los demás egresos, se consideran gastos operativos, los cuales corresponden a los pagos por servicios web en la nube desde Amazon. También se incluyen costos fijos de servicios básicos y arriendo de oficina amoblada, y costos por concepto de movilización el cual incluye la cuota de una camioneta pick-up estándar y costos en combustible.

Otros egresos	
Gastos operativos	\$ 570
Arriendo oficina	\$ 5.538
Servicios básicos	\$ 2.400
Movilización	\$ 5.000

Tabla 11: Tabla de gastos estimados por año de operación. Fuente: elaboración propia a partir de información en la web²¹.

Se consideró también la inflación y otros factores que encarecen los costos de operación y gastos, por lo que a cada año se le agregó un 10% de sobreprecio respecto del periodo anterior.

²⁰ <https://www.mifuturo.cl>

²¹ https://aws.amazon.com/es/pricing/?nc2=h_ql_pr

Calculados los ingresos considerando los distintos escenarios para el primer año de operación del proyecto, y pronosticando un aumento de la cantidad de hectáreas servidas de un 5% al año, los resultados del valor presente neto (VAN) del proyecto junto a la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto se presentan a continuación:

	Escenario		
	Pesimista	Moderado	Optimista
VAN	\$ 272.912	\$ 966.131	\$ 1.489.266
TIR	863%	2644%	3962%

Tabla 12: Resultados del valor presente neto del proyecto en USD.

Los resultados tan grandes para las tasas de retorno se explican debido a la magnitud de los ingresos proyectados por sobre la inversión inicial.

6.4.2 Análisis de sensibilidad

Considerando que los servicios de hosting, cloud computing y servidores se pagarán en dólares, se consideró evaluar el impacto que tendría un aumento en el tipo de cambio del dólar respecto al peso chileno. Los resultados se muestran en el gráfico a continuación:

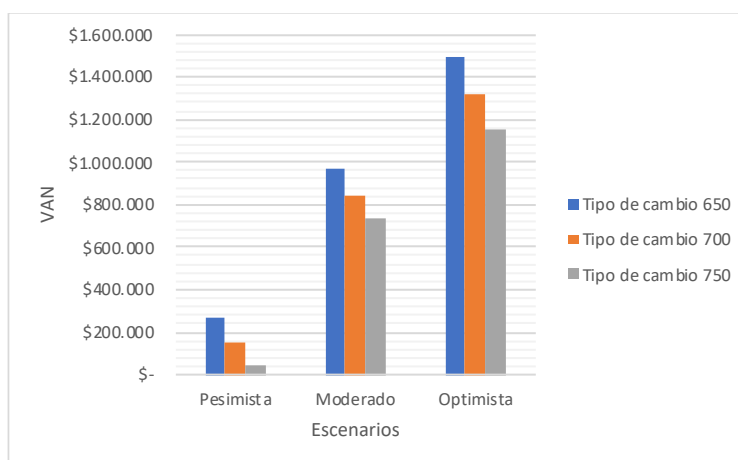


Gráfico 1: Variación del valor presente neto (VAN) del proyecto según tipo de cambio dólar/peso. Fuente: Elaboración propia

Del gráfico 1, se desprende que el proyecto en su escenario pesimista presenta alta sensibilidad relativa frente al tipo de cambio dólar/peso, lo cual es un riesgo importante para el desarrollo del proyecto.

Junto a lo anterior, se evaluó también el efecto que tendría la disminución en los porcentajes de ingresos obtenidos a partir de las mejoras en producción y ahorro de costos, los cuales se presentan en el gráfico a continuación:

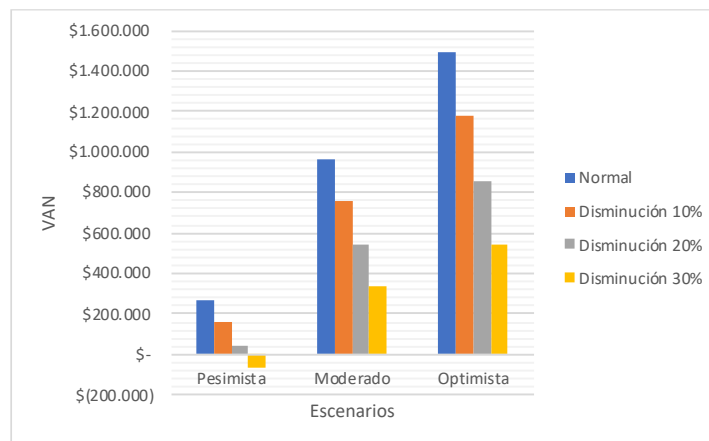


Gráfico 2: Variación valor presente neto (VAN) del proyecto por disminución de 10%, 20% y 30% en ingresos obtenidos. Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en el gráfico 2, si los ingresos percibidos se reducen en un 30%, el escenario pesimista presenta un VAN negativo de -68.871 USD, lo cual implica que el proyecto no es rentable bajo ese escenario. Los otros escenarios, moderado y optimista, continúan presentando VAN positivo, sin embargo, éste disminuyó más de un 60% en ambos casos.

7 Conclusiones del trabajo de memoria

En primer lugar, se declara cumplido el objetivo general y cada uno de los objetivos específicos del presente trabajo de título, luego de que se haya diseñado un modelo de negocios basado en la experimentación y validación de hipótesis críticas del mismo. Actualmente se trabaja en consolidar el MVP para presentar en el corto plazo un producto beta que resuelva el problema altos costos por hectárea cultivada asociados a insumos agrícolas.

El segmento de clientes descrito en el modelo presenta alto interés en contar con una solución del tipo que se propone dentro del corto plazo, por lo que es necesario acelerar el trabajo de diseño del sistema completo. Si bien hoy la industria agrícola se mantiene a flote, presentar un producto que permita disminuir costos considerablemente es una excelente oportunidad de penetrar el mercado de manera sólida, por lo que los siguientes pasos a seguir por parte de quien escribe es trabajar en un plan de negocios en conjunto con el asesor agrícola del proyecto, con el objetivo claro de facilitar la introducción del sistema al mercado nacional.

Se validó que existen elementos propios de la ingeniería industrial y herramientas tecnológicas que pueden aportar valor en la industria agrícola, lo cual deja la puerta abierta a seguir trabajando y aprendiendo de ambos mundos, con el objetivo de entregar mejores soluciones, y también apuntar a otros actores de la cadena, por ejemplo, retomar el proyecto de gestión de clientes e inventario para empresas proveedoras de insumos.

Finalmente, se valida que el modelo de negocios diseñado es sostenible y la solución propuesta es económicamente viable de realizar, ya que presenta, en los distintos escenarios propuestos un valor presente neto positivo y bastante auspicioso. Dentro de la autocrítica necesaria como en todo proyecto, se deben seguir estudiando los posibles

escenarios, considerando la mayor cantidad de factores posibles, por ejemplo, tipos de cultivos o condiciones de suelo que puedan abrir opciones al desarrollo de nuevas investigaciones, tecnologías y sistemas de integración de datos. Por otra parte, se deben trabajar los riesgos del negocio, principalmente aquellos que dependen de la contraparte, como lo es la ansiedad de resultados favorables en el corto plazo.

8 Bibliografía

- Mackrell, D., Kerr, D., & Von Hellens, L. (2009). A qualitative case study of the adoption and use of an agricultural decision support system in the Australian cotton industry: The socio-technical view. *Decision Support Systems*, 47(2), 143-153 [Consulta: 10/04/2019]
- Euhio Suh et al., “A model for evaluating the effectiveness of CRM using the balanced scorecard” *Journal of Interactive Marketing*, Volume 17, Issue 2,
- Surya Gundavarapu et al., “Effect of Forecast Accuracy on Inventory Optimization Model” Purdue University,
- Panorama de la agricultura Chilena, 2017. Oficina de estudios y políticas agrarias, ODEPA. [En línea] <<https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/panoramaFinal20102017Web.pdf>> [Consulta: 20/04/2019]
- Ries, Eric (2012) “El método Lean Startup”
- Christensen, Clayton et al. (2016) “Competing against luck”
- Anuario de la Minería de Chile 2014, Servicio Nacional de Geología y Minería [En línea] <<http://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/Anuarios/Anuario2014.pdf>> [Consulta: 20/04/2019]
- Irwin W. Rust, *A Concept of Agribusiness*, John H. Davis and Ray A. Goldberg. Boston: Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University, 1957. Pp. xiv, 136. \$6.00, *American Journal of Agricultural Economics*, Volume 39, Issue 4, November 1957, Pages 1042–1045,
- ¿Qué es un software de gestión? [En línea] <<https://www.siigo.com/blog/empresario/software-de-gestion/>> [Consulta: 22/04/2019]
- Modelo de estimación de demanda y mercado potencial TAM – SAM – SOM [En línea] <<https://blog.hubspot.com/marketing/tam-sam-som>> [Consulta: 25/06/2019]
- Las tareas pendientes de Chile en agricultura de precisión [En línea] <<https://fedefruta.cl/las-tareas-pendientes-de-chile-en-agricultura-de-precision/>> [Consulta: 22/06/2019]

9 Anexos

9.1 Anexo A: Ecuación Penman-Montieth

ET_o	reference evapotranspiration [mm day^{-1}],
R_n	net radiation at the crop surface [$\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$],
G	soil heat flux density [$\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$],
T	mean daily air temperature at 2 m height [$^{\circ}\text{C}$],
u_2	wind speed at 2 m height [m s^{-1}],
e_s	saturation vapour pressure [kPa],
e_a	actual vapour pressure [kPa],
$e_s - e_a$	saturation vapour pressure deficit [kPa],
Δ	slope vapour pressure curve [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$],
γ	psychrometric constant [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$].

9.2 Anexo B: Story telling primer prototipo



9.3 Anexo C: Screenshots de MVP para proveedores de insumos

AgroAnalytics

Inicio de sesión

Nombre de usuario

Contraseña

Aceptar

AgroAnalytics Juan Pérez

Perfil de [nombre cliente]

[Evaluar cultivo](#)

Nombre completo: Rut:

Cultivos: Hectáreas totales:

Comuna: Correo electrónico:

Última vista: Status:

Teléfono:

Consumo estimado

Productos	Semana actual	Proxima semana	Semana 3/9	Semana 10/9	Semana 17/9	Stock necesario proyectado
Zinc +	10	5				15
Amino-L	8	4	2			14
Alga phos 40-20 +	4	4	4	4	4	24
Fulvic Soil Plus	8	8	8	8	8	40
Fitocooper			8	8		16
Kalibre +			4	8	8	20
Calcio Boro	4		4		4	12
Yieldest 5 - 5 - 45			4	8	8	20
Bioalga Ascophyllum +	4		4		4	12
Boro	4		4		4	12
Litros totales	42	21	42	38	40	181
Valor venta total	\$ 294.000	\$ 126.000	\$ 252.000	\$ 198.000	\$ 220.000	\$ 995.000

AgroAnalytics Juan Pérez

Programas de cultivo

[Volver](#)

Programa de cebolla

Estado fenológico	Semana de desarrollo	Producto	Dosis recomendada / Hectárea
30 días post trasplante	2	Zinc +	2 Lt
30 días post trasplante	4	Amino-L	2 Lt
4ta hoja verdadera	6	Bioalga Ascophyllum +	2 Lt
4ta hoja verdadera	8	Alga Phos 40 -20	2 Lt
Desarrollo foliar	9	Fitocooper	2 Lt
Desarrollo foliar	10	Fulvic Soil Plus	2 Lt
7ta hoja verdadera	11	Alga Phos 40 -20	2 Lt
Inicio de Bulbificación	12	Kalibre	1 lt
Inicio de Bulbificación	13	Boro	2 lt
Crecimiento de Bulbo	14	Fitocooper	2 lt
Crecimiento de Bulbo	15	Alga Phos 40 -20	2 lt
Madurez	16	Yieldest 5 - 5 - 45	4 Kg

9.4 Anexo D: Ejemplo de costos por hectárea cultivada VII región

Parámetros generales B		Resumen contable:	
Rendimiento (Kg/ha):	5.500	Ingreso por hectárea (e)	12.650.000
Precio de venta a productor (\$/Kg): ⁽¹⁾	2.300	Costos directos por hectárea (a+b+c)	7.765.071
Costo jornada hombre (\$/H)	13.000	Costos totales por hectárea (a+b+c+d)	8.430.648
Tasa interés mensual (%):	1,50%	Margen bruto por hectárea (e - (a+b+c))	4.884.929
Meses de financiamiento:	12	Margen neto por hectárea (e - (a+b+c+d))	4.219.352
		Costo unitario	\$ 1.533

Ficha técnico-económica Cerezo Región del Maule					
Parámetros generales A 1 hectárea marzo 2016 Tecnología de riego: riego por surco Densidad (Plantas/ha): 1.082 (4,2m x 2,2m) Huerto en producción			Variedad: Lapina Destino de producción: consumo fresco Tecnología: media Cosecha: noviembre-diciembre		

Insumos (c) ⁽²⁾					
Fertilizantes:					
Mezcla frutal	Agosto	300,0	Kg	390	117.000
Sulpomag	Julio-septiembre	200,0	Kg	362	72.400
Urea	Julio-agosto	300,0	Kg	362	108.600
Nitrato de Potasio	Julio-septiembre	200,0	Kg	670	134.000
Fungicidas:					
Podexal	Mayo-julio	4,0	L	3.721	14.884
BC-1000	Noviembre-enero	1,0	L	63.202	63.202
Bravo 720	Septiembre-noviembre	4,0	L	9.152	36.608
Captan 80 WP	Agosto	2,0	Kg	9.983	19.966
Bellis	Noctubre-diciembre	1,0	Kg	120.768	120.768
Insecticidas:					
Aceite citroliv	Agosto-septiembre	35,0	L	3.172	111.020
Lorsban 4E	Junio-julio	2,0	L	7.229	14.458
Karate con tecnología Zeon	Septiembre-octubre	1,0	L	34.500	34.500
Humicane 70 WP	Agosto-noviembre	0,5	Kg	208.193	104.097
Dipel WG	Agosto-septiembre	1,0	Kg	43.121	43.121
Herbicidas:					
Tango 24 EC	Junio-julio	2,0	L	12.040	24.080
Roundup	Agosto-octubre	3,0	L	6.327	18.981
Acaricidas-insecticidas:					
Vertimec 018 EC	Noviembre-diciembre	2,0	L	18.500	37.000
Bactericidas:					
Strepto Plus	Noviembre-diciembre	3,0	Kg	46.692	140.076
Reguladores del crecimiento:					
Domex (aplicar 60-55 días antes de inicio floración)	Julio-agosto	30,0	L	5.507	165.210
Fertilizantes foliares:					
Frutaliv	Octubre-noviembre	8,0	L	9.615	76.920
Fosfimax 40 20	Septiembre-enero	10,0	L	8.725	87.250
Terasorb foliar	Octubre-noviembre	3,0	L	5.500	16.500
Defender Boro	Octubre-noviembre	3,0	L	4.755	14.265
Otros:					
Baño químico	Febrero-marzo	4,0	U	60.000	240.000
Abejorros	Agosto	3,0	U	35.000	105.000
Electricidad	Anual	1,0	Ha	400.000	400.000
Certificación	Marzo-diciembre	3,0	ha	60.000	180.000
Agua	Anual	1,0	ha	30.000	30.000
Break	Abril-noviembre	4,0	L	15.500	62.000
Análisis de suelo ⁽³⁾	Agosto	1,0	U	28.000	28.000
Análisis foliar ⁽³⁾	Enero-febrero	1,0	Análisis	25.000	25.000
Total Insumos					2.644.906
Total costos directos (a+b+c)					7.395.306

9.5 Anexo E: Entrevista del problema.

Entrevista del problema. Productores agrícola

1. → Cuales son las tareas de mayor complejidad en la producción?
2. → Que tipo de herramienta utiliza para apoyar la realización de aquellas tareas? Planillas a mano, Excel, softwares de gestión etc.
3. → Es posible contar con los datos recolectados con las herramientas utilizadas?
4. → Como se miden las variables de los cultivos?
5. → Conoce ud. Sobre el uso de modelos agronómicos?
6. → Que solucionaría ud en este momento, si tuviera la oportunidad?
7. → Qué hace ud para aumentar el rendimiento de sus cosechas?

9.6 Anexo F: Flujos de caja por escenarios

Flujos de caja libre	Escenario:	Pesimista 0,27% 800 ha					
		0	1	2	3	4	5
Ingresos	\$	-	\$ 186.610	\$ 205.271	\$ 225.798	\$ 248.378	\$ 273.216
Ahorro en costos			\$ 129.084	\$ 141.992	\$ 156.192	\$ 171.811	\$ 188.992
Aumento de producción			\$ 57.526	\$ 63.279	\$ 69.607	\$ 76.567	\$ 84.224
Egresos	\$	-	\$ 124.277	\$ 137.002	\$ 151.059	\$ 166.592	\$ 183.765
Sueldos			\$ 110.769	\$ 121.846	\$ 134.031	\$ 147.434	\$ 162.177
Gastos operativos			\$ 570	\$ 684	\$ 821	\$ 985	\$ 1.182
Arriendo oficina			\$ 5.538	\$ 6.092	\$ 6.701	\$ 7.371	\$ 8.108
Servicios básicos			\$ 2.400	\$ 2.880	\$ 3.456	\$ 4.147	\$ 4.977
Movilización			\$ 5.000	\$ 5.500	\$ 6.050	\$ 6.655	\$ 7.321
Inversión	\$	3.857					
Flujo neto libre	-\$	3.857	\$ 62.333	\$ 68.269	\$ 74.740	\$ 81.786	\$ 89.451
Tasa de descuento		10,594%					
VAN		\$272.311,58					
TIR		1626%					

Flujos de caja libre	Escenario:	Moderado 0,50% 1600 Ha					
		0	1	2	3	4	5
Ingresos	\$	-	\$ 343.832	\$ 378.215	\$ 416.037	\$ 457.640	\$ 503.404
Ahorro en costos			\$ 237.839	\$ 261.623	\$ 287.785	\$ 316.564	\$ 348.220
Aumento de producción			\$ 105.993	\$ 116.592	\$ 128.251	\$ 141.076	\$ 155.184
Egresos	\$	-	\$ 126.307	\$ 139.338	\$ 153.752	\$ 169.703	\$ 187.364
Sueldos			\$ 110.769	\$ 121.846	\$ 134.031	\$ 147.434	\$ 162.177
Gastos operativos			\$ 1.000	\$ 1.200	\$ 1.440	\$ 1.728	\$ 2.074
Arriendo oficina			\$ 5.538	\$ 6.092	\$ 6.701	\$ 7.371	\$ 8.108
Servicios básicos			\$ 3.000	\$ 3.600	\$ 4.320	\$ 5.184	\$ 6.221
Movilización			\$ 6.000	\$ 6.600	\$ 7.260	\$ 7.986	\$ 8.785
Inversión	\$	3.857					
Flujo neto libre	-\$	3.857	\$ 217.525	\$ 238.877	\$ 262.285	\$ 287.937	\$ 316.040
Tasa de descuento		10,594%					
VAN		\$965.531,40					
TIR		5650%					

Flujos de caja libre	Escenario:	Optimista 0,75% 2000 Ha					
		0	1	2	3	4	5
Ingresos	\$	-	\$ 515.748	\$ 567.323	\$ 624.055	\$ 686.460	\$ 755.107
Ahorro en costos			\$ 356.759	\$ 392.435	\$ 431.678	\$ 474.846	\$ 522.331
Aumento de producción			\$ 158.989	\$ 174.888	\$ 192.377	\$ 211.614	\$ 232.776
Egresos	\$	-	\$ 176.692	\$ 194.811	\$ 214.832	\$ 236.963	\$ 261.437
Sueldos			\$ 166.154	\$ 182.769	\$ 201.046	\$ 221.151	\$ 243.266
Gastos operativos			\$ 1.500	\$ 1.800	\$ 2.160	\$ 2.592	\$ 3.110
Arriendo oficina			\$ 5.538	\$ 6.092	\$ 6.701	\$ 7.371	\$ 8.108
Servicios básicos			\$ 3.000	\$ 3.600	\$ 4.320	\$ 5.184	\$ 6.221
Movilización			\$ 500	\$ 550	\$ 605	\$ 666	\$ 732
Inversión	\$	23.857					
Flujo neto libre	-\$	23.857	\$ 339.056	\$ 372.512	\$ 409.223	\$ 449.497	\$ 493.669
Tasa de descuento		10,594%					
VAN		\$1.488.666,31					

10 Glosario:

- Agronegocio:

El concepto “agronegocio” o bien su forma en inglés “agribusiness” no es un término nuevo en el ecosistema emprendedor. Al menos en 1957 fue acuñado por el profesor Ray A. Goldberg, cuando trabajaba en la escuela de negocios de Harvard. La definición de Goldberg dice “los agronegocios son la suma total de todas las operaciones involucradas en la manufactura y distribución de insumos agrícolas...”. Es decir, los agronegocios podemos entenderlos hoy en día como las actividades económicas entre empresas que proveen, distribuyen y consumen insumos agrícolas tales como fertilizantes, insecticidas, fungicidas, semillas, y similares.

- Internet de las cosas (IoT)

En simples palabras, el internet de las cosas o, por sus siglas en inglés, IoT responde a la necesidad de conectar todos los objetos con los que interactuamos en nuestro día a día, a internet. Es decir, cualquier objeto tecnológico que se posea tiene el potencial de entregar y recibir datos hacia y desde la red, con el objetivo de optimizar procesos como hacer las compras en el supermercado.

Entre sus múltiples aplicaciones destacan las aplicaciones de agricultura de precisión que conectan a través de internet diferentes elementos, sean estos sensores o estaciones de clima, etc.