

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**FORMULACIÓN PLAN DE DESARROLLO DE UNA EMPRESA AGRÍCOLA DE  
LA PROVINCIA DE PETORCA**

**POR**

**ALAN MARTÍN OSSANDON SAZO**

**MEMORIA PRESENTADA A LA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN-CHILE  
2022**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**FORMULACIÓN PLAN DE DESARROLLO DE UNA EMPRESA AGRÍCOLA DE  
LA PROVINCIA DE PETORCA**

**POR**

**ALAN MARTÍN OSSANDÓN SAZO**

**MEMORIA PRESENTADA A LA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN-CHILE  
2022**

Aprobada por:

Profesor Asociado, Raúl Cerda G.  
Ing. Agrónomo, Mg. Dr.

---

Guía

Profesor Asociado, Manuel Faúndez S.  
Ing. Agrónomo, Mg.

---

Asesor

Profesor Asistente, Ricardo Muñoz C.  
Ing. Agrónomo Dr.

---

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.  
Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

---

Decano

**TABLA DE CONTENIDOS**

	<b>Página</b>
Resumen.....	1
Summary.....	1
Introducción.....	2
Metodología de trabajo.....	5
Resultados y discusión.....	7
Propuesta de Desarrollo.....	20
Conclusiones.....	30
Bibliografía.....	30

## INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		<b>Página</b>
Figura 1	Esquema ubicación del predio.....	5
Figura 2	Retazo 1 de limones y retazo 2 paltos Agrícola El Francés	8
Figura 3	Uso de suelo retazo 2 Paltos.....	8
Figura 4	Uso de suelo retazo 1 Limones.....	9
Figura 5	Capacidad de uso de suelo retazo 1 Limones.....	10
Figura 6	Retazo 2 Paltos 2017 (líneas azules) y sector Paltos recuperación (líneas verdes).....	10
Figura 7	Ubicación de pozos profundos de Agrícola El Francés.....	12
Figura 8	Ubicación pozos inscritos presentes en sector limones. (círculos color rojo son pozos propiedad de Agrícola El Francés y círculos color azul.....	13
Figura 9	Estructura organizacional 2019 de Agrícola El Francés...	19
Figura 10	Resultados de salida de optimización.....	29
Tabla 1	Antecedentes empresa.....	4
Tabla 2	Extracción real de agua enero a junio Agrícola El Francés.....	12

		<b>Página</b>
Tabla 3	Extracción real de Julio a octubre, estimación Noviembre y Diciembre.....	13
Tabla 4	Resumen demanda hídrica Agrícola El Francés.....	14
Tabla 5	Resumen balance hídrico Agrícola El Francés.....	14
Tabla 6	Ingresos Año 2018 y 2019 limones.....	16
Tabla 7	Comparación rentabilidad económica, beneficios por hectárea, inversión, requerimientos hídricos y beneficios por metro cubico de agua entre cultivos de Palto, Limón, Pistacho, Pecano y Cerezo.....	28

## **FORMULACION PLAN DE DESARROLLO DE UNA EMPRESA AGRÍCOLA DE LA PROVINCIA DE PETORCA**

FORMULATION DEVELOPMENT PLAN OF AN AGRICULTURAL COMPANY OF THE PROVINCE OF PETORCA

**Palabras índice adicionales: sequia, optimización, escasez hídrica.**

### **RESUMEN**

La comuna de Petorca se encuentra en una zona afectada gravemente por la escasez hídrica, perjudicando la actividad agrícola. Dado esto, el objetivo principal de la pasantía fue crear un plan de manejo para una empresa agrícola bajo un contexto de restricción hídrica, en la comuna de Petorca, Región de Valparaíso. La metodología utilizada fue el enfoque de planificación estratégica, tomando como base la actual estructura productiva y su sostenibilidad en un contexto de restricción hídrica. Debido a que la disponibilidad de agua de riego no permite satisfacer las demandas hídricas de los actuales cultivos (paltos y limones), se estudiaron rubros alternativos que pudieran adaptarse a las condiciones edafoclimáticas y de restricción hídrica de la empresa agrícola estudiada, sujetos a restricciones de inversión, rentabilidad, requerimientos hídricos y superficie. Los resultados muestran que, para la inversión realizada por las plantaciones existentes y la disponibilidad actual de agua, la plantación de 28,7 hectáreas de pistacho y 7,5 hectáreas de cerezo hubiesen entregado mayores beneficios por hectárea anual, que las plantaciones de palto y limones existentes. Lo anterior muestra la necesidad de compatibilizar criterios económicos, productivos y de recursos naturales para una gestión sostenible de las empresas agropecuarias sujetas a restricciones hídricas.

### **SUMMARY**

The commune of Petorca is located in an area seriously affected by water scarcity, with agricultural activity being the most affected. Given this, the main objective was to create a management plan under a context of water restriction, in the commune

of Petorca, Valparaíso Region. The methodology used was the strategic planning approach, based on the current production structure and its sustainability in a context of water restriction. Because the availability of irrigation water does not allow meeting the water demands of the current crops (Avocado and Lemons), alternative crops that could adapt to the edaphoclimatic conditions and water restriction of the studied agricultural company (Cherry and Pistachios) were studied, subject to investment restrictions, profitability, water requirements and surface. The results show that, for the investment made by the existing plantations and the current availability of water, the plantation of 28.7 hectares of Pistachio and 7.5 hectares of Cherry would have delivered greater benefits per annual hectare, than the avocado plantations and existing lemons. The above shows the need to reconcile economic, productive and natural resource criteria for a sustainable management of agricultural companies subject to water restrictions.

## **INTRODUCCIÓN**

El mundo muestra diversas transformaciones ambientales que han generado consecuencias económicas y sociales significativas para el entorno. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático lo define como: un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (ONU, 1992). Neuenchwander (2010), pronostica que hacia el año 2040, la temperatura superficial se elevará en todo Chile (Delatorre, 2015). Por su parte Garreaud (2011) señala que la precipitación en el siglo XXI se reducirá en 60 - 70 % de los valores actuales. Valdés et al (2014) utilizando el modelo general de circulación (GCM) indican una disminución entre 10 % y 30 % de la precipitación actual para el centro de Chile, a finales de siglo (2080 - 2100). Estas proyecciones muestran escenarios futuros de disponibilidad de agua por precipitación pesimistas.

Dentro de las consecuencias del cambio climático se encuentra la sequía, que se define como déficit de lluvias durante un período de tiempo prolongado, en relación con la media estadística multianual de la región en cuestión (Pontificia

Universidad Católica de Chile, 2022). Así definida, la sequía se resume en un problema climático, pero también la falta de agua o escasez hídrica se debe a otros factores que generan un desequilibrio persistente entre la oferta y la demanda disponible, que surge cuando la demanda media es mayor que la disponibilidad renovable a largo plazo impulsado por la actividad humana (Baeza, 2018). De acuerdo a lo anterior, la escasez hídrica y la sequía son fenómenos diferentes, aunque están muy relacionados el uno con el otro y los efectos de la sequía pueden agravar el impacto de la escasez hídrica. En Chile desde el año 2010 el territorio comprendido entre las regiones Coquimbo y la Araucanía ha experimentado sequía con un déficit de precipitaciones cercano al 30 % (CR2, 2015), llegando al año 2019 con 88 comunas decretadas como zonas de escasez hídrica, siendo la más afectada la comuna de Petorca, que además fue decretada como zona de catástrofe.

La comuna de Petorca es una comuna ubicada en la Región de Valparaíso, Chile, Provincia de Petorca. Es la comuna más extensa de la región, posee una superficie de 1517 km<sup>2</sup> y una población de 9826 habitantes (BCN, 2015). La evolución comunal de Petorca entre el año 2002 al 2017 muestra un crecimiento poblacional de 4 % y una disminución en el número de empresa entre el año 2009 y el año 2016 de un 0,36 %, de las cuales un 11 % son empresas de rubro de agricultura, ganadería, caza y silvicultura (BCN, 2017). La principal actividad económica de la comuna es la agricultura destacando la producción de paltas (*Persea americana*) con una superficie de 760,6 hectáreas, lo sigue nogal con 376 hectáreas y cítricos (limones y mandarina) con 236 hectáreas, teniendo la comuna un total de 1570,1 hectáreas de superficie frutícola. La evolución en superficie agrícola de la comuna de Petorca muestra que desde el año 2008 al 2017 disminuyó un 52 % (Larrañaga et al., 2008; Larrañaga et al., 2017).

Dado estos desafíos climáticos y de escasez hídrica, que enfrentan las empresas agrícolas de la provincia de Petorca, requerirán un ajuste en todas sus áreas que la componen como son, producción, comercialización, financiero y recursos humanos, adaptando su visión, misión y objetivos, de modo de ser competitivo, productivo y amigable con el ambiente en donde se desarrolla.

Es en este contexto, de ajuste del futuro de la actividad agrícola en la zona, es que se planteó como objetivo de la pasantía, realizar un plan de desarrollo para una empresa agrícola en un contexto de restricción hídrica.

### **Antecedentes generales de la empresa**

La pasantía profesional se realizó el año 2019 en el predio “El Francés” ubicado en la Región de Valparaíso, Provincia de Petorca, localidad de Pedegua, sector llamado El Francés, coordenadas UTM: 19H303995E 6420766S, de propiedad de la empresa Agrícola El Francés Spa cuyos principales antecedentes se muestran en la Tabla 1.

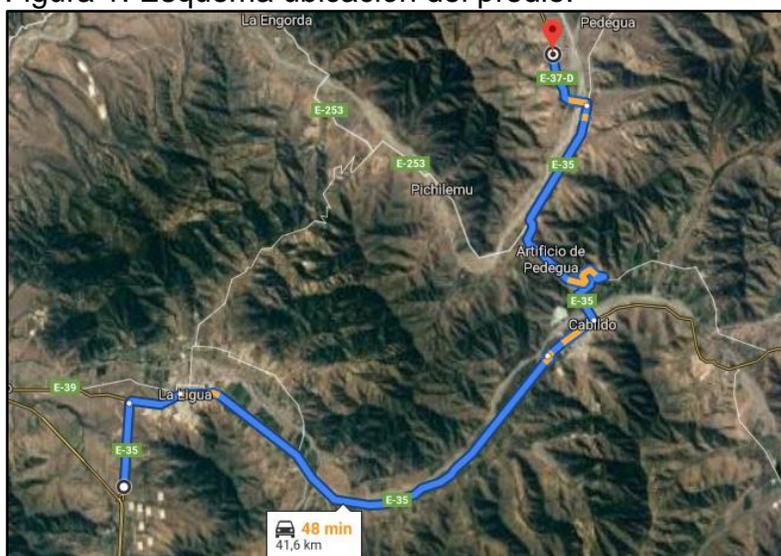
Tabla 1. Antecedentes generales de la empresa en que se realizó la pasantía.

Nombre de la Empresa	Agrícola El Francés SPA
Naturaleza	Agrícola El Francés es una sociedad por acciones, donde el accionista mayoritario y único es Raúl Dagnino Elitsceche.
Ubicación geográfica	Carretera E-37- D, sector El Francés, provincia de Petorca Región de Valparaíso, Chile.
Historial sumario	A Comienzos del año 2000 con el auge de la palta en la provincia de Petorca. Martin Henríquez ex dueño compra en primera instancia 20 hectáreas a orillas del río Petorca, luego compra a la comunidad de crianceros de El Francés 73 hectáreas entre laderas con pendiente y zonas con topografías planas. En el año 2011 comienza el efecto de la sequía en la provincia de Petorca, disminuyendo la disponibilidad de agua en el río Petorca afectando directamente al predio. La inversión en pozos, tranques, para mitigar los efectos de la sequía, causo finalmente el quiebre de la agrícola, a fines del año 2016, siendo adquirida por el actual propietario mediante un remate.
Planes de desarrollo	Agrícola El Francés plantea posicionarse como un productor importante de paltas y limones de Chile, generando fruta de alta calidad para exportación y mercado nacional.

Fuente: Elaboración propia

El acceso para Agrícola El Francés es por la ruta 5 norte, dirigiéndose a la ciudad de La Ligua y de ahí mantener rumbo por ruta E35 hasta ciudad Cabildo, luego seguir ruta E 35 dirección a Petorca, llegar a localidad de Pedegua y tomar ruta E 37D, en el kilómetro 3 se encuentra Agrícola El Francés (Figura 1).

Figura 1. Esquema ubicación del predio.



Fuente: Google Earth pro 2018.

## METODOLOGIA DE TRABAJO

La metodología utilizada para formular el plan de desarrollo de Agrícola El Francés, consideró varias etapas, comenzando con un diagnóstico interno de la empresa que consideró los ámbitos: a) Productivos, b) Comercial, c) Financiero, y d) Personal. A partir de esta información se realizó un análisis FODA, para lo cual se recopiló información de los ámbitos económico, social, político, y ambiental del entorno de la empresa. Considerando el diagnóstico interno, análisis FODA y las restricciones hídricas, se identificaron las propuestas de desarrollo para la empresa estudiada, las cuales fueron optimizadas considerando la mejor combinación que permitiera obtener el mayor beneficio económico, sujeto a restricciones de inversión, rentabilidad, disponibilidad de agua y superficie predial.

El detalle de la metodología utilizada se indica a continuación:

### Diagnóstico productivo

Se recolectó información de uso del suelo (superficie, clase de suelo, usos) especies y variedades utilizadas, trabajos y procedimientos realizados, rendimientos de los cultivos de paltos y limón. Además, se recopiló información sobre demanda y dotación de agua, mediante el cálculo de riego, monitoreo de pozos e implementación de caudalímetros y telemetría, además de recopilar información sobre el clima y su proyección en la zona.

**Infraestructura productiva**

Se realizó un inventario de toda la infraestructura presente en la empresa que ayudan al funcionamiento y producción de los cultivos, tales como tranques, oficinas, casetas de riego, sistemas de fertilización, etc.

**Maquinaria**

Se realizó un inventario de toda la maquinaria y el estado de esta que se utiliza en las labores de la agrícola ya sea para trabajo, como tractores, pulverizadora, bombas de espalda, camión, carros, portabins como también para transporte como camionetas, motos.

**Diagnostico financiero**

Se realizó un Estado de Resultados de la empresa, considerando los ingresos y costos, de las actividades productivas de la empresa. Además, se determinó el capital utilizado por la empresa.

**Diagnóstico de Comercialización**

La información recolectada de comercialización fue de limones para el mercado nacional y exportación, este análisis se realizó en base a liquidaciones de exportación de la temporada 2019 de limones y para el mercado nacional el registro de ventas interno 2019. Respecto al mercado de paltas, no se recopiló información.

**Diagnóstico de Recursos Humanos**

Se recolectó información de los trabajadores, se analizaron y describieron las funciones de cada puesto de trabajo, se recopiló información de estructura organizativa, se compiló y analizó información de trabajos realizado por contratistas y personal externo.

**Diagnóstico Implementación tecnológica**

Se analizó el tipo tecnología y uso por la agrícola, además de identificar los puntos críticos donde la innovación tecnológica jugaría un papel fundamental para la mitigación de escasez hídrica en el huerto.

**Análisis externo**

Durante la realización de la pasantía se recopiló información relevante en el ambiente externo en donde se encuentra ubicada la agrícola, ya sea climático, social y económico, además se recopiló información de proyecciones de los principales

mercados para palta y limones, se incluyó información de exigencias DGA especiales para la provincia de Petorca y construcción de obras de acumulación de agua.

### **Identificación de Alternativas de Negocio**

En base a la información recopilada en el diagnóstico y el análisis externo, se generaron las propuestas técnicas, económicas y comerciales que permitieran abordar los desafíos que enfrenta la empresa, con especial énfasis en las restricciones hídricas que posee.

### **Estudio Financiero y Evaluación Económica de las propuestas de desarrollo**

Se cuantificaron los costos de inversión y costos anuales de cada propuesta de desarrollo y la totalidad de la empresa, como asimismo la proyección de ingreso en el tiempo. Con estos antecedentes se confeccionó el flujo para la evaluación económica por propuesta productiva y la totalidad del predio.

### **Optimización**

Se planteó optimizar la combinación de superficie de cultivos, que entregue el mayor beneficio anual sujeto a las siguientes restricciones.

- a. Rentabilidad se asume como mínima el VAN (10 %) de limones, por las hectáreas efectivamente regadas y en producción actualmente (15 ha), lo que da un mínimo de \$ 475.862.100
- b. Inversión máxima de \$ 267.807.166, que corresponde a la actual inversión (15 ha limones a-\$/ha 5.215.463 + 26,6 ha paltos a-\$/ha 7.126.888)
- c. Disponibilidad anual de agua máxima de 291.251 m<sup>3</sup> (278.637 m<sup>3</sup> de pozos + 12.614 m<sup>3</sup> pozos arrendados)
- d. Superficie máxima disponible 82,3 hectáreas.

El programa utilizado para realizar la optimización fue LINDO, versión 6.1.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Diagnóstico productivo**

**Uso del Suelo.** La empresa posee dos retazos. El retazo 1 de 20 hectáreas donde se cultivan limones y el retazo 2 de 73,3 hectáreas con paltos (Figura 2). Al momento de realizar la pasantía, del total de superficie que corresponde a 93,3 hectáreas,

solamente había en producción 15 hectáreas que corresponden a limoneros.

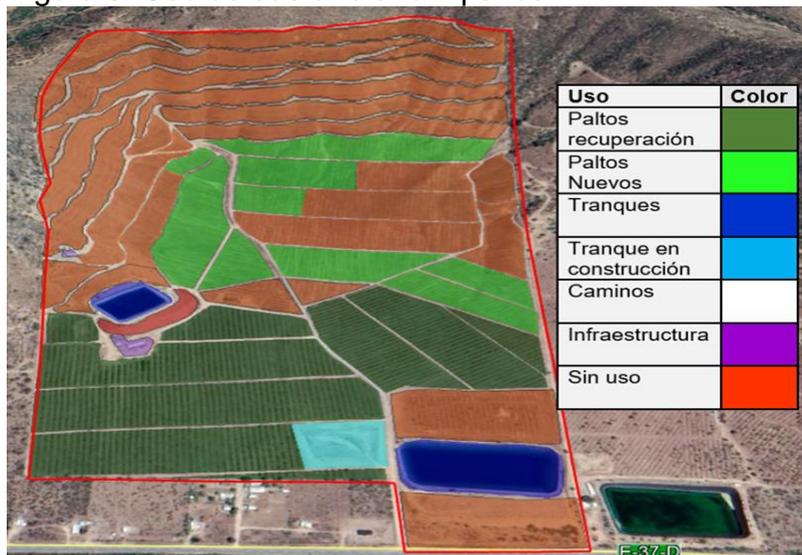
Figura 2. retazo 1 de limones y retazo 2 paltos Agrícola El Francés.



Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que hay 41,5 hectáreas sin uso, lo que representa un 44 % de la superficie total, perteneciendo un 98 % de éstas al retazo 2, donde la mayor superficie es de cerros y laderas con fuertes pendientes (Figura 3).

Figura 3. Uso de suelo retazo 2 paltos



Fuente: Elaboración propia

La superficie sin uso se debe a la insuficiente cantidad de agua, siendo un desafío la búsqueda de alternativas productivas, considerando estas limitaciones.

Respecto al uso del suelo con limoneros, corresponden a un huerto plantado el año 2004 con marco de plantación 3x7, que en la actualidad tiene 4705 plantas de limón variedad fino 49 más 2438 plantas replantadas el 2017 con la variedad Eureka. En total existen 15 hectáreas de limoneros (Figura 4).

Figura 4. Uso de suelo retazo 1 limones.



Fuente: Elaboración propia

Respecto al uso del suelo con paltos, existen en total 26,6 hectáreas en diferentes etapas de desarrollo. Así existen 13 hectáreas en recuperación, de la variedad Hass sobre portainjerto mexicola con marco de plantación 3x7, los cuales fueron plantados el año 2004, sin embargo, debido a la sequía el año 2019 se realizó una poda de rejuvenecimiento.

**Clasificación de suelos.** El suelo presente en el retazo 1 limones, es de origen aluvial, con gran porcentaje de pedregosidad, y bajo contenido de materia orgánica, correspondiendo a suelos clase VII, serie de suelo "Chagres" (Figura 5). Los desafíos que presenta la producción en este tipo de suelo es el bajo potencial productivo, el cual se acentúa con la escasez hídrica ya que los cultivos están en constante estrés hídrico, por la baja capacidad de retención de humedad de estos suelos.

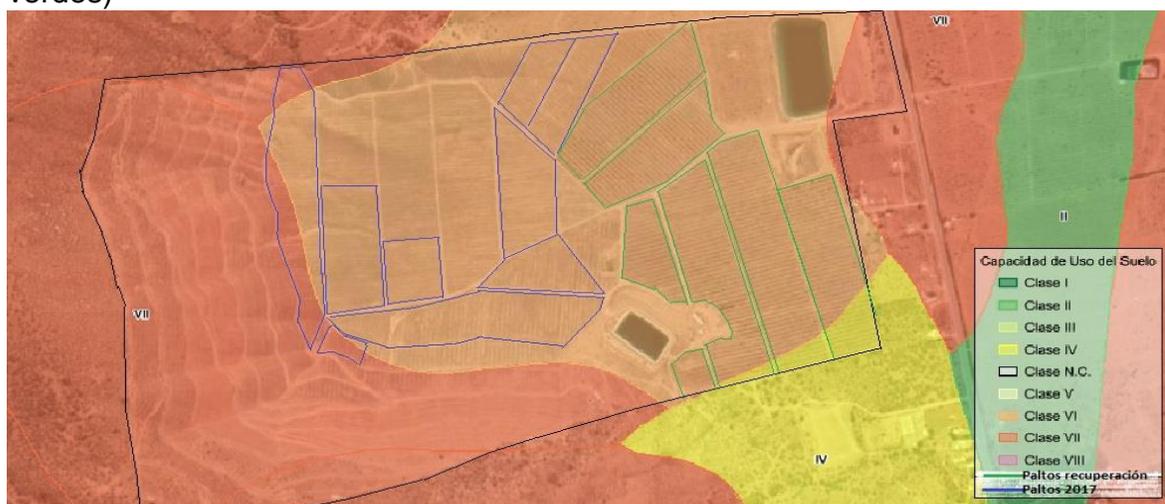
Figura 5. Capacidad de uso de suelo retazo 1 limones.



Fuente: Elaboración propia

En el retazo 2 predominan los suelos de estructura franco-arenosa, de buena profundidad y permeabilidad, con suelos de origen coluvial, pendientes suaves (piedmont), erosionables por lluvias de origen coluvial. La serie de suelo presente corresponde a Encón, correspondiendo a suelos clase VI (Figura 6).

Figura 6. retazo 2 paltos 2017 (líneas azules) y sector paltos recuperación (líneas verdes)



Fuente: Elaboración propia

En resumen, las mayores superficies de suelo según capacidad uso de suelo en Agrícola El Francés, corresponde a clase VI con 50 % del predio, lo sigue clase VII con 47,4 % y solo el 1,7 % de la superficie es clase IV.

De acuerdo a lo señalado, y las características del sector, los cultivos de limón y palto se pueden producir en las condiciones de suelo existentes, a pesar de que presenten importantes limitaciones como bajo contenido de materia orgánica, poca profundidad, pendientes elevadas y problemas de erosión.

**Clima.** De acuerdo con la clasificación de Papadakis (1989), el área de estudio corresponde a un clima mediterráneo subtropical semi árido y según atlas de cambio climático presenta un clima de estepa interior con régimen de humedad árido (Santibáñez *et al*, 2014). Este clima corresponde a: Estepa Cálida, clima que se desarrolla prácticamente en toda la cuenca de los ríos La Ligua y Petorca. Su característica principal es la escasa humedad atmosférica, cielos despejados y luminosidad alta, fuerte oscilación térmica diaria y temperaturas medias anuales de 14,6 °C (UdeC, 2016).

De los parámetros agroclimáticos recopilados se puede concluir que son óptimos para una gran gama de cultivos, especialmente frutales de hoja persistente como limonero, naranjo y paltos; frutales de hoja caduca de bajos requerimientos de frío, tales como almendros, nogales, cerezos, vides viníferas, berries, duraznos, damascos, etc (GCF Ingenieros, 2013).

Las precipitaciones son originadas por sistemas frontales provenientes desde el sur y se concentran entre los meses de abril a octubre. Según el estudio análisis impacto de la sequía en el sector agropecuario en Chile realizado por EMG Consultores (2014) demuestran que, en las comunas de Cabildo, La Ligua, Papudo y Petorca, no es posible hacer agricultura comercial bajo condiciones de secano ya que prácticamente el 50 % de los años habrá sequía. Además, se espera que del 2010 al 2050 un promedio de 200 mm, pero el mayor decrecimiento se concentraría cercano al año 2050 de las precipitaciones, aunque las lluvias serán menos frecuentes sí podrían ser más intensas, acumulándose mucha agua en poco tiempo, asociado a un aumento de las temperaturas en invierno y verano (Santibáñez *et al.*, 2014; Henríquez, 2015).

En el periodo realizado la pasantía evidenció un fuerte descenso de las precipitaciones, según los datos de Agrícola El Francés el año 2018 la precipitación anual fue de 107 mm y el año 2019 fue de 17 mm.

**Oferta y disponibilidad de agua.** Las fuentes de agua para riego de Agrícola El Frances corresponden a pozos norias los cuales fueron profundizados transformándose en pozos profundos. La ubicación de los cuatro pozos se muestra en la Figura 7 y poseen una inscripción de derecho de aprovechamiento con un caudal de 35 L s-1 totales. Estos derechos son consuntivos, de aguas subterráneas, de ejercicio permanente y continuo.

Figura 7. Ubicación de pozos profundos de Agrícola El Francés.



Fuente: Elaboración propia.

Los derechos de aprovechamiento de agua que tiene Agrícola El francés son en derechos de agua subterráneas y no superficiales, sí Agrícola El Francés pudiera extraer la totalidad del caudal de agua de los derechos que posee inscritos tendría un caudal anual 1.103.760 m<sup>3</sup> al año, el cual sería suficiente para suplir la demanda actual. Sin embargo, debido a la escasez hídrica de la zona, la capacidad de extracción de agua de los pozos profundos ha sido menor a los derechos de extracción de agua inscritos (Tabla 2 y 3), generando una incertidumbre sobre la seguridad hídrica para los meses de mayor demanda.

Tabla 2. Extracción real de agua Enero a Junio Agrícola El Francés.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Litros/segundo	11	11	11	11	11	10,6
m <sup>3</sup> /mes	28.512	28.512	28.512	28.512	28.512	27.475

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Extracción real de Julio a Octubre, estimación Noviembre y Diciembre.

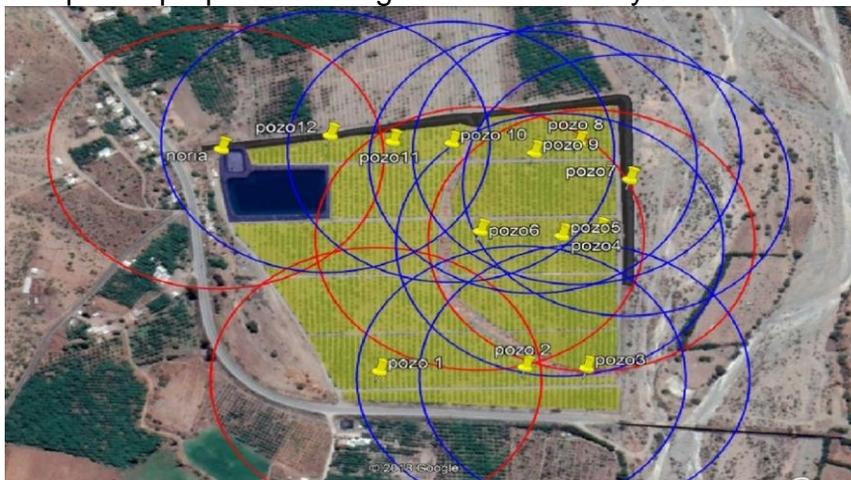
Mes	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Litros/segundo	9,2	7,6	4,9	6,9	6,8	6,5
m <sup>3</sup> /mes	23.846	19.699	12.700	17.884	17.625	16.848

Fuente: Elaboración propia

Según los registros de pozos (tablas 2 y 3) en el año 2019 se sacaron 278.637 m<sup>3</sup>, en el caso de tener los dos retazos en producción total esta situación hubiese generado un déficit de 37 % de la necesidad hídrica. En el tiempo que se realizó la pasantía fue factible cubrir los riegos, derivado de que las plantaciones de paltos no estaban en producción.

Derivado de lo anterior Agrícola El Francés ha debido arrendar 3 pozos norias de 2 litros por segundo cada uno propiedad del dueño anterior, sumando 6 litros/segundo a los 35 pertenecientes a la agrícola. Sin embargo, los derechos de aprovechamiento de estos pozos arrendados son bajo la ley N° 20.411, lo que implica un caudal limitado anual de extracción que alcanza los 12.614 m<sup>3</sup>. También, existen otros derechos de aprovechamiento de agua subterráneas en el predio que pertenecen al antiguo dueño, cuya ubicación es posible visualizarlos en la Figura 8. Esta situación limita la exploración de agua en dicha zona, ya que según el artículo 140 del código de agua, entrega un radio de protección de 200 metros para realizar otro punto de captación (Ministerio de justicia, 1981).

Figura 8, ubicación pozos inscritos presentes en sector limones (círculos color rojo son pozos propiedad de Agrícola El francés y círculos color azul no).



Fuente: Elaboración propia

**Demanda hídrica.** La cuantificación de la demanda de agua de los cultivos presentes en la empresa, se determinó por la evapotranspiración de la estación meteorológica de liceo cordillera (DGAC, 2018). Esto permite conocer la cantidad de agua necesaria de ser entregada a través del riego, para cubrir la totalidad de las necesidades de las plantas en sus distintas fases de desarrollo.

El método de riego utilizado en los huertos es de goteo, utilizando goteros auto compensado que permite una mejor eficiencia de riego (90 %).

La demanda hídrica total de agrícola el francés es de 470.630 m<sup>3</sup> al año (Tabla 4), la cual fue estimada considerando cultivo de paltos y limones en plena producción, estos requerimientos totales son equivalentes a 14,03 L s<sup>-1</sup>. Los cálculos se consideraron con 100% de área foliar.

Tabla 4. Resumen demanda hídrica Agrícola El Francés.

Cultivo	Demanda hídrica (m <sup>3</sup> /ha/año)	Demanda hídrica (m <sup>3</sup> /año)
Paltos 2017	12.060	164.498
Paltos recuperación	12.060	156.780
Limones	9.957	149.360
Total		470.630

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un balance hídrico con el fin de cuantificar la falta de agua del campo (Tabla 5). Los resultados muestran un déficit hídrico importante, así si la oferta hídrica fuese la misma del año 2019 se tendría un déficit del 40% de los requerimientos de los cultivos, equivalente a 192.003 m<sup>3</sup>/año (Tabla 5) y el déficit se concentraría en los meses de máxima demanda como lo son noviembre, diciembre, enero y febrero.

Tabla 5. Resumen balance hídrico Agrícola El Francés.

	Balance hídrico	Total (m <sup>3</sup> /año)
Oferta	Tranques	
	Pozos	278.637
Demanda	Paltos plantados 2017	-164.498
	Paltos recuperados	-156.782
	Limones	-149.360
Total		-192.003

Fuente: Elaboración propia

### **Infraestructura productiva**

Las principales infraestructuras presentes son galpones, casetas de riego, comedores, oficinas, baños y estacionamientos, todo esto en un espacio de 2.460 m<sup>2</sup>, están en buenas condiciones y son de material sólido principalmente, con alta tecnología en las casetas de riego. En riego se utiliza sistema por goteo con una superficie de 58 hectáreas.

En caminos hay una superficie total de 5,49 hectáreas, equivalente a 5,1 % del total de superficie del predio. Estos, se encuentran en buen estado a pesar de tener un gran porcentaje de caminos en cerros y que no se han utilizado en años.

Defensa orilla río Petorca, es utilizada como mecanismo de protección para inviernos lluviosos donde el cauce del río sale de su curso, son 1,37 hectáreas de defensa en el retazo 1 limones.

Casetas de riego son de zinc con estructura de metal y piso de concretos, en buenas condiciones. En obras de acumulación de agua hay capacidad de almacenaje de 123.000 m<sup>3</sup>, además se encuentra un tranque a media construcción de 35.000 m<sup>3</sup>. Lo que faltaría por completar en obras de seguridad en cierre perimetral y escaleras de emergencia.

La gran parte de la infraestructura productiva se encuentra en buenas condiciones, lo único que se encuentra en estado regular y es de gran importancia es el riego tecnificado de limones ya que los emisores tienen 15 años y se evidencia taponamiento.

### **Maquinaria y bombas**

La totalidad de la maquinaria utilizada en el predio es propia. Se destacan, dos tractores en buen estado, dos carros planos en regulares condiciones que sirven en operaciones de traslado material, una pulverizadora operativa, un carro portabins en buena condición y una grúa horquilla. Los vehículos de transportes que se utilizan son dos cuatrimotos y una moto que la usan regadores, dos camionetas, una que ocupa el administrador y la otra para trabajos pesados de compra de insumos y combustibles. Hay que considerar que dentro de los equipos más importantes para el funcionamiento de la agrícola se encuentran las bombas de riego, estas se categorizan para pozos ya sea sumergibles o centrifugas, de riego y

de impulsión en su mayoría funcionales ya que la disponibilidad de estas es crítica en la temporada de riego considerando la situación de escasez hídrica.

### **Diagnostico financiero**

La administración financiera y de recursos humanos es realizada por una empresa externa, por lo que actividades como contratación, remuneraciones, registro contable y tributación son realizadas por ella. Sin desmedro de ello, la información está disponible para la realización de este informe, por lo que se muestra el detalle de ingresos y costos de los años 2018 y 2019.

**Ingresos.** En los ingresos se consideraron las 15 ha de limón (Tabla 6). Destacar que del año 2018 al 2019 hubo un aumento de los ingresos en limones de 29 %, asociado al aumento de 40 % de la producción.

Tabla 6. Ingresos Año 2018 y 2019 limones.

Limones (años)	Superficie (ha)	Producción (kg)	Precio promedio anual (\$/kg)	Ingreso total anual (\$)	Ingreso por hectárea anual (\$)
2018	15	340.000	387	131.580.000	8.772.000
2019	15	560.000	332	185.920.000	12.394.667

Fuente: Elaboración propia

Para los paltos se considera 13,6 ha en sectores plantados 2017 y no se realizó tablas para este cultivo ya que no hubo ingresos de paltos debido a que se encuentran en proceso de formación y recuperación.

**Costos de producción.** En cultivo de limoneros y paltos 2017 se analizaron los costos que inciden en producción, donde hay costos compartidos entre los cultivos como tractorista y electricidad.

El total de costos de producción de limones es de \$90.144.520 lo que equivale a \$6.009.635 por hectárea, el costo más relevante es el de mano de obra que corresponde al 48 %.

Para paltos plantados el 2017, se comparten costos de electricidad con paltos en recuperación y el valor es de \$ 32.914.710, lo que equivale a un costo por hectárea de \$2.420.199 siendo el costo más considerable la mano de obra contratada que representa un 40 %, lo sigue con 29 % costos eléctricos y los

insumos con un 29 %.

**Estado de resultado.** En el año 2019, el cultivo de limón es el único que tiene valores positivos con un margen bruto de \$6.163.699 por hectárea, mientras que los cultivos de paltos tienen números negativos en estado financiero debido que no se encuentra en producción aún y están en etapa de formación y recuperación.

**Gastos operacionales.** Los costos operacionales de Agrícola El Francés en el año 2019 es de \$11.420.733, donde el valor más elevado es en arriendo con un 28 % del total, siendo este gasto principalmente en arriendo de grúa horquilla mientras se adquiría una.

**Gastos de administración y ventas.** En costos de administración y venta Agrícola El Francés utilizó el año 2019 \$44.608.224, destacando el costo en personal de administración que equivale al 77 % del total.

**Valorización de Agrícola El Francés.** Es el valor comercial de los bienes que conforman una propiedad agrícola corresponden a suelo y sus mejoras, construcciones, instalaciones, derechos de aguas, maquinarias y bombas, equipos.

La valorización de maquinaria es de \$62.100.000, a esto hay que sumar las bombas, cuyo valor es \$14.621.000 siendo el valor entre los dos ítems de \$76.721.000.

En infraestructura productiva se considera construcción de oficinas, bodegas, casetas de riego, cercos, tranques, sistemas de riego y emisores, esto alcanza un valor de \$494.539.600, dentro de este ítem la inversión más costosa es los tranques acumuladores con equivalente a 39 %.

En relación a los derechos de agua mencionado anteriormente, son 35 litros por segundo con un precio mercado de \$5.000.000 por litros, correspondiendo a \$175.000.000 en su totalidad.

El valor de los suelos presentes en agrícola el francés depende de la ubicación y pendiente principalmente, es por esto que el valor de retazo 1 (limones), tiene un valor de \$12.000.000 la hectárea sin cultivo, lo que da una valorización de \$240.000.000 en 20 hectárea. Suelos de retazo 2 (paltos) tiene un valor comercial de \$6.500.000 la hectárea debido a la pendiente principalmente, la valorización total de retazo 2 es de \$476.385.000. En total la valorización de tierra de agrícola el

francés posee un capital de \$716.385.000.

La valorización de cultivos depende de la especie y el estado en que se encuentra, en la empresa el único cultivo en estado adulto son los limones que tienen una valorización de \$8.000.000 la hectárea, lo que correspondería a \$120.000.0000 totales. Para paltos nuevos la valorización es de \$4.500.000 hectárea mientras que para los podados es de \$3.500.00, y su valorización total de cultivo de paltos es de \$100.060.000. La valorización de los cultivos presentes en agrícola el francés es de \$220.060.000.

En resumen, Agrícola el francés posee una inversión total de \$1.679.105.600 en los retazos 1 y 2, siendo la tierra el activo más significativo con un 43 % del valor total.

### **Diagnóstico de mercado**

El total de limones comercializados en el año 2018 fue de 344.190 kg, donde el 58,3 % fue con destino al mercado nacional y 40,2 % de exportación. En el año 2019 se comercializaron 557.000 kg de los cuales el 56 % fue destinado al mercado nacional y el 44 % a exportación. A nivel nacional el año 2018 se comercializaron 94.737 toneladas de limones para mercado interno equivalente a 52 % de la producción nacional y por ende el 48 % fue exportación. Agrícola El Francés esta debajo de las proporciones a nivel país de exportación y nacional (ODEPA, 2018).

A nivel nacional los clientes de Agrícola El Francés son intermediarios, feriantes, comprador de agroindustria entre otros.

Para el mercado internacional Agrícola El Frances trabajó con dos exportadoras entregando en consignación a exportadora Propal y a exportadora Santa Cruz, además de un recibidor directo en Japón.

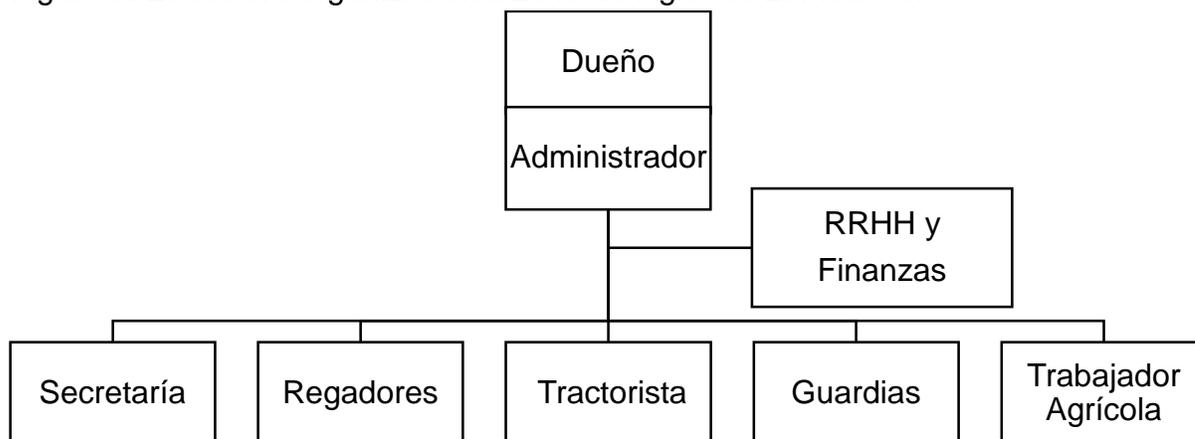
### **Diagnóstico de recursos humanos**

El año 2019 la agrícola tuvo contratado a 12 trabajadores indefinido, la distribución de los puestos de trabajo consta de tres encargados de riego divididos en cultivos de limones y paltos, un operario de tractor para todo el campo, cuatro trabajadores agrícolas que realizan todo tipo de actividad como recoger ramas, limpieza, desmalezado, aplicación con bomba de espalda y todo trabajo pesado, estos van rotando entre paltos y limones o donde se requiere más trabajo. Dos guardias,

trabajan en dos turnos de 4 días de descanso y 4 de trabajo. Una secretaria que trabaja en área administrativa y financiera de la agrícola.

La estructura organizacional se muestra en la Figura 9.

Figura 9. Estructura organizacional 2019 de Agrícola El Francés.



Fuente: Elaboración propia.

## Análisis FODA

### Fortaleza

- La agrícola posee infraestructura de acumulaciones agua que permite almacenar 123.000 metros cúbicos de agua.
- El clima permite buena floración y buenas cuajas en paltos.
- Condiciones climáticas en sector limones permite hacer una poda temprana.
- Casetas de riego con buena infraestructura en sistemas de fertilización.
- Adecuada estructura física de suelo para palto.
- Adecuada condición climática que permite producir variados cultivos.

### Debilidades

- Fuentes de agua se encuentran en un sector muy explotado con muchos pozos a su alrededor.
- La zona donde se encuentra agrícola el francés tiene una baja seguridad hídrica.
- Muchos radios de protección de pozos inscritos de distintos dueños se traslapan.

### Oportunidades

- Inicio en octubre 2019 la construcción de embalse las palmas.

- Apertura de mercado System Approach para limones chilenos con destino a USA.
- Apertura de exportación de cítricos a China.
- Crecimiento continuo de la demanda mundial de paltas.

### **Amenazas**

- Cambio climático.
- Déficit hídrico en la provincia de Petorca.
- Amenaza de que los productos generados en el valle de Petorca puedan ver disminuido su consumo en el Mercado internacional, por la imagen de sobre explotación de los recursos hídricos y su impacto en la población.

### **PROPUESTAS DE DESARROLLO**

Para el desarrollo de mejoras en la pasantía realizada se consideraron todos los ámbitos expuestos en la evaluación de la empresa, pero con mayor enfoque en el recurso hídrico. Siendo la escasez de agua una amenaza presente identificada en análisis FODA, destacándose como el factor limitante para el desarrollo de la empresa analizada en esta pasantía, las soluciones están enfocadas principalmente en aumentar los beneficios económicos en un contexto de restricción hídrica, planteándose las siguientes propuestas:

#### **Mejoras tecnológicas**

**Monitoreo de la humedad suelo.** Es de gran importancia ser eficiente con el uso del agua de riego, especialmente cuando este recurso escasea y dentro de los análisis realizados en la pasantía se identificó falta de monitoreo del riego mediante tecnología, para esto se utilizan instrumentos que ayudan a medir el contenido de agua en el suelo y que permite determinar la capacidad de almacenamiento de agua del suelo comprobando la calidad del riego y de esta forma tomar decisiones oportunas de cuanto y cuando realizar los riegos y así satisfacer eficientemente los requerimientos de los cultivos, disminuyendo las pérdidas por percolación o escurrimiento. Dentro de los equipos más usados en la agricultura se encuentran tensiómetros, sonda de neutrones, sonda time domain reflectometry (TDR) y sonda FDR. Además, es de importancia destacar que diversos estudios mencionan que la

utilización de los datos arrojados por las sondas de humedad permite reducir el agua aplicada sin disminuir el potencial productivo (Hussein-Mounzer *et al.*, 2008; Enciso *et al.*, 2021).

**Monitoreo de clima.** Los factores meteorológicos son determinantes para la producción agrícola por el efecto que tienen en las plantas. Por lo tanto, la importancia de los datos que nos entrega el monitoreo ambiental es fundamental para lograr el incremento de la productividad en la agricultura (Seeman *et al.*, 1979; Sapaev *et al.*, 2020). En el mercado existen una serie de instrumentos mecánicos que pueden graficar las diversas variables, pero se recomienda equipos electrónicos automáticos, como las estaciones meteorológicas automatizadas (EMA) (Sivakumar, 2000) y las redes inalámbricas de sensores (RIS) (Flores-Medina *et al.*, 2015). Últimamente, se han utilizado técnicas más nuevas que involucran telemetría satelital (TS) y sistemas de información geográfica (SIG) (Sivakumar *et al.*, 2003; Al-Mahdi *et al.*, 2014). Dentro de las mejoras más significativas al emplear estos equipos es optimizar el manejo del riesgo climático, derivado de estos fenómenos, gracias a la posibilidad de realizar un monitoreo permanente de las variables meteorológicas (INIA, 2012). A partir de estas posibilidades recientes, se han generado diversas aplicaciones agrometeorológicas que ayudan a los productores agropecuarios en la toma de decisiones y definición de tareas y estrategias. Estos nuevos productos no se reducen al pronóstico del tiempo o aviso de condiciones adversas para los cultivos o las labores planificadas, sino que, además, proveen información derivada de la aplicación de modelos físico matemáticos que recrean las condiciones de los cultivos y el medio ambiente en que se desarrollan, como ejemplo las siguientes aplicaciones, CuantAgua de INIA - Uruguay, Sepa Móvil de INTA - Argentina, FruTIC de INTA - Argentina (Basualdo, 2015).

### **Nuevos rubros**

El ser eficiente con el recurso hídrico en la implementación de tecnología no asegura una sostenibilidad en el tiempo de los cultivo, esto se evidencia en el escenario de Agrícola El Francés planteado en este trabajo donde se muestra un clima cambiante y tal es el efecto que los cultivos que eran favorables en tiempos anteriores se

convierten en desfavorables ante la situación de escasez hídrica, ya que el ciclo productivo de una temporada repercute en el desempeño de las temporadas siguientes ante la falta de agua, es por esto que analizar alternativas productivas con menor consumo hídrico es clave para el desarrollo de la empresa y de la zona en estudio, pues considerando esta opción se podrá concluir si los cultivos establecidos son adecuados ante la falta de agua. Se considera de los cultivos propuestos características como, requerimientos climáticos, consumo hídrico, rendimientos por hectárea, mercados y rentabilidad, con el fin de encontrar la mejor alternativa productiva para llegar a un mayor beneficio económico por metro cúbico de agua utilizada, por tanto, este será el indicador que utilizaremos para seleccionar el rubro más conveniente para la empresa en estudio.

**Pecano.** *Carya illinoensis* es un cultivo perteneciente a la familia Juglandaceae. La especie es originaria del sur de Estados Unidos y del norte de México. Los frutos eran usados por los indígenas hace 8 mil años en Texas (University of Georgia, 2021). Los principales países productores son Estados Unidos como mayor productor además de mayor consumidor, lo siguen México e Israel (SECOEX, 2020), mientras que, en Chile, según el Catastro Frutícola 2020, existen 15,16 (ha) de pecano de los cuales 11,4 (ha) se concentran en la Región de Coquimbo, 3,8 (ha) en región de Arica y Parinacota y 0 (ha) en la Región de Valparaíso (Larrañaga, 2020).

Su requerimiento de agua es de alrededor de 12.000 m<sup>3</sup> hectárea año, generándose la mayor demanda durante diciembre, enero y febrero. En árboles nuevos debiera aplicarse entre 38 y 57 L/día/planta (Polomski, 2005). Además, es una especie muy sensible al agua de riego que contenga más de 1.000 partes por millón de sales totales disueltas (Ibacache *et al.*, 2001).

Los suelos en que se desarrolla con mayor facilidad son los livianos de textura media, pH 5,5 - 6,0, pero puede crecer en suelos algo más arcillosos y pH levemente más alto, suelos profundos, sin napas freáticas altas. No tolera suelos alcalinos o con alto contenido salino. Son sensibles a la presencia de carbonato de calcio (University of Arkansas, 2020; University of Georgia, 2021).

El requerimiento de unidades de calor puede ser una mayor limitación que la

resistencia a bajas temperaturas. Por ello, requiere de veranos largos y calurosos, con noches tibias para tener un adecuado desarrollo y maduración del fruto. Algunas variedades requieren entre 180 y 220 días para el desarrollo del fruto. Los requerimientos de frío son escasos, alrededor de 500 horas bajo 7,2 °C, llegando algunos a brotar normalmente, incluso sin frío, como en los casos de México e Israel (Wells, 2021).

La producción se inicia a partir del 5º a 6º año, de 1 a 2 kg/árbol. A los 15 años alcanza entre 20 y 40 kg/árbol, mientras que un huerto adulto podría alcanzar 8000 kg por hectárea (Ibacache *et al.*, 2002;). Una de las limitantes es que tiende a presentar añerismo (Ibacache *et al.*, 2002).

Las variedades comerciales se dividen en dos categorías: las de mercado o de mesa, de fruto grande, como “Stuart” y “Desirable”; y las que se destinan a procesamiento, con frutos de alto rendimiento en semilla como “Cheyenne”, usada para repostería y helados, los valores van desde 3 a 5 dólares por kg sin cáscara y 1,7 a 2,4 dólares por kg con cáscara (Pecan Report, 2020).

Según flujo de cultivo de pecano, realizado con datos de Odepa e Inia, nos señala que el séptimo año recién comienzan flujos positivos con un TIR de 19% y un VAN (10 %) de \$ 10.395.576, considerando una vida útil de 15 años estabilizándose un ingreso por hectárea de \$7.572.551 al noveno año de establecido en donde el beneficio por metro cúbico de agua utilizada es de \$631.

**Pistacho.** El pistacho pertenece a la familia de las *Anacardiaceae*, género *Pistacia*. El género está constituido por 11 especies. La única especie con frutos económicamente importantes es *P. vera* (*Eu terebintus*) (Zohary, 1952).

Las especies de pistacho tienen diversas zonas de origen, Norte América, China, pero la mayoría provienen del Asia central, la cuenca del Mediterráneo y del norte de África. A Chile llegaron en la década de los 40, cuando el Ministerio de Agricultura importó plantas de pistacho que se establecieron en el huerto experimental de la Quinta Normal. Posteriormente, en 1979, el INIA importó semillas de portainjertos desde California (*P. atlantica* y *P. palaestina* o *P. terebintus*), que después se injertaron con cultivares comerciales introducidos entre 1980 y 1982 (Valenzuela *et al.*, 1999).

Desde el punto de vista de la producción, a nivel mundial, Irán y Estados Unidos son los mayores productores y exportadores de pistacho (Rasavi, 2006).

Se destaca el sistema radical de la especie, ya que es muy desarrollado y profundo, permitiendo una gran tolerancia a la sequía, pero a su vez lo hace susceptible a la falta de oxígeno en el suelo (Lemus y Negrón, 2001; Saavedra, 2011). Además, puede crecer en una amplia gama de suelos, aunque prefiere los arenosos, profundos, con buen drenaje y pH 6-8. Las características químicas y de profundidad no son tan importantes como sí lo es el evitar la saturación del suelo, ya que no la resiste, y es altamente sensible a Verticilosis (Lemus y Negrón, 2004; Lavín *et al.*, 2014).

La fructificación se produce solo sobre madera de dos años comenzando a producir 4 o 5 años después de la plantación, pero a los 7 u 8 años comienzan las producciones económicamente significativas. Algunas experiencias productivas en nuestro país señalan que la entrada en producción puede ocurrir entre los 8 y 12 años, según la variedad, llegando a producir hasta 12 ton/ha de fruta con cáscara (Lavín *et al.*, 2014).

Requiere clima similar a aquellos aptos para el cultivo del olivo (Saavedra, 2011), con veranos cálidos y secos, suficiente frío invernal para el desarrollo de sus yemas frutales que requieren entre 400 a 1000 horas frías dependiendo de la variedad (Andrieu *et al.*, 2013; Saavedra 2011).

Para obtener una maduración óptima de los frutos, la plantación debe ubicarse en zonas donde se acumulen suficientes unidades de calor durante el periodo vegetativo, sobre todo para las variedades tardías. Estas necesidades se sitúan entre 2220 y 3600 UC (Lavín *et al.*, 2014; Saavedra, 2011).

Aunque es capaz de vegetar y producir en zonas muy áridas, bajo cultivo comercial los mejores niveles productivos se logran con aporte de riego durante el crecimiento vegetativo, los consumos de agua van a variar en función del suelo y su exposición (Lavín *et al.*, 2014; Saavedra, 2011). Pero los requerimientos hídricos mínimos considerados para una producción comercial rentable según Cruzat y Bachler (2010) es de 3.000 m<sup>3</sup> y 7.000 m<sup>3</sup> promedio bajo condiciones de secano, distribuidos entre inicio de primavera y fines de verano, con la máxima demanda

entre diciembre y enero (Lavín *et al.*, 2014). Esto demuestra que el cultivo de pistacho en términos de demanda hídrica sería la mejor opción para la zona de estudio.

En relación a mercado y precio de venta de pistacho en el año 2021 mes de junio fue de 8,59 U\$ por kilogramo, siendo el mayor precio en la misma fecha de 14,44 U\$ por kilogramo (Tridge, 2021).

Los índices económicos calculados con datos de INIA, Odepa el cultivo de pistacho inicia un flujo con número positivos recién al sexto año desde la plantación, tardando 5 años en formación y establecimiento donde el costo más considerable en este periodo es el de los insumos. Los flujos más estables comienzan desde el noveno año en adelante, generando un beneficio por hectárea de \$17.279.462. Además, considerando los datos citados en este capítulo sobre las demandas hídricas y las características de adaptabilidad del cultivo de pistacho a situación de escasez hídrica, el cultivo al sexto año tiene un ingreso de \$380 por metro cúbico de agua utilizada y desde el año 9 presenta un ingreso de \$2.215 por metro<sup>3</sup>.

**Cerezo.** *Prunus avión*, perteneciente a la familia Rosaceae, es un árbol rustico y de gran tamaño originario de Asia occidental, cultivado y difundido en el mundo para consumo de su fruto, es por esto que ha sido sustituido gradualmente por arboles de menor tamaño a través de nuevas formas de conducción, manejos agronómicos, nuevas variedades y en combinación con portainjertos. (Ellena *et al.*, 2006).

Los requerimientos edafoclimáticos más relevante del cultivo en temperatura es resistente al Frío, sin embargo, sensible a las heladas durante el periodo de floración (aproximadamente en septiembre). La sensibilidad, varía según la especie, llegando a resistir hasta -4 °C. siendo el fruto el órgano más afectado. En términos de frío invernal, se requiere de acumular entre 400 y 1500 Horas frío, siendo el rango ideal entre 3,2 y 3, 7° C. Este es un dato crítico para la elección de la variedad, producto de que los climas en Chile varían mucho dependiendo de la zona (CIREN, 2017).

Las precipitaciones es un factor que afecta durante la etapa de floración y maduración del fruto ya que disminuye la productividad, debido a que impide el vuelo normal de abejas, favorece el desarrollo de Monilia en las flores y causa la partidura de frutos, lo que puede causar pérdidas completas de la producción (Serri

y Ocampo, 2005).

Pose un sistema radical profundo y expansivo, por ello requiere suelos profundos, fértiles, bien drenados y aireados. Cualquier barrera física que limite su oxigenación, puede afectarle generando problemas como asfixia radical y enfermedades fungosas y bacterianas. En estos casos se puede cultivar en sistema de camellones, lo que puede favorecer el drenaje y la aireación en la zona de las raíces (Cazanga *et al*, 2013).

La demanda hídrica de la planta se estima promedio en Chile, es de 8.184 m<sup>3</sup> al año, esto depende mucho de la zona donde se encuentre (Zúñiga, 2013).

En Chile la superficie de cerezo al 2020 es de 39.645 ha, lo que representa un 11,5 % de la superficie frutícola del país (Larrañaga, 2020), se estima una producción promedio de 12 ton/ha para huertos con alta tecnología (Ciren, 2017).

Las exportaciones de cerezas chilenas, durante la temporada 2020 - 2021, alcanzaron 352.783 toneladas enviadas a los diferentes mercados del mundo. Una cifra que reflejó un aumento de 54,3 % respecto a la campaña pasada, pese a esto, puntualizó que esta ha sido la temporada más compleja que ha enfrentado el sector en los últimos 10 años (ASOEX, 2021).

En cuanto a los mercados de destino de las cerezas chilenas en la temporada 2020 - 2021, el principal destino fue el Lejano Oriente, el cual recibió el 94,9 % del total de los envíos totales, siendo China el principal mercado de Asia y a nivel global, con la recepción de 321.505 toneladas. Mientras que Estados Unidos recibió el 1,8 % del volumen total de los envíos globales, seguido de Latinoamérica con el 1,5 %, y Europa con el 1,3 % (ASOEX, 2021). En esta temporada los precios de la cereza disminuyeron considerablemente el retorno neto por kilo que se situó en los retornos promedio en USD 4,16 por kg, un dólar menos que en la temporada anterior, y 1,5 dólares menos que en la campaña 2015 - 2016 (Chilecerezas, 2021).

Los índices de rentabilidad calculados con datos de Odepa nos indica un ingreso a partir del noveno año de \$18.761.517 por hectárea, con un TIR de 26,8 % y un VAN (10 %) de \$43.587.560, además, a partir del noveno año de producción se podría obtener un beneficio por metro cubico de agua utilizada de \$2.345.

## **Análisis de propuestas**

En término de este trabajo podemos afirmar que cualquier mejora tecnológica con el objetivo de aumentar la eficiencia hídrica en contexto de restricción de agua es relevante para el desarrollo y mantención de la empresa, pero el progreso tecnológico ayudan a mitigar el problema en corto plazo, ya que no se puede contrarrestar los efectos provocados por la sequía y la disminución de precipitaciones en la zona en estudio, esta situación es confirmada por las citas vistas en este escrito, por ende la alternativa más adecuada a largo plazo es una adaptabilidad del productor a un cambio de cultivo, donde utilice menos demanda hídrica y obtenga un mayor beneficio por metro cúbico de agua demandada.

Según los resultados obtenidos, al comparar los dos cultivos establecidos en la empresa (palto y limones) y tres cultivos que cumplen con los requerimientos edafoclimáticos presentes en la zona para poder desarrollarlos (cerezo, pistacho y pecano), se pueden apreciar distintos indicadores técnicos y económicos (Tabla 7).

Desde un punto de vista de evaluación económica, los cultivos presentes en Agrícola El Frances presentan rentabilidades (TIR) superiores a las tres alternativas de nuevos cultivos estudiadas. Sin embargo, al analizar los beneficios económicos por metro cúbico de agua, que sería el recurso productivo limitante, los cultivos de cerezo y pistacho presentan cifras superiores a la producción de paltas y limones (Tabla 7).

Dentro de las alternativas la más interesante es el cultivo de Cereza, ya que es el cultivo que presenta un mayor beneficio por metro cubico de agua utilizada, inclusive 64 % más de ingreso por metro cúbico que en Paltos y un 56 % más que en Limones. En relación con demanda hídrica requiere un 33 % menos de agua que el aguacate y 11 % menos que en cultivo de Limón. Lo que si el cultivo de cereza comienza a tener flujos positivos recién al sexto año de plantado mientras que Palto y Limón al cuarto año.

Otra opción es el cultivo de Pistacho que posee solo un 6 % menos de ingreso por metro cúbico que el cerezo, un 62 % más que Palto y 53 % más que Limón. Este es el cultivo que según los requerimientos climáticos más se adapta a la zona donde se realizó la pasantía ya que posee el menor consumo de agua y su

estructura se adapta a zonas semiáridas, inclusive su requerimiento de agua es un 54 % menos que el de palto, un 15 % menos que el de Limón y 3 % menos que el de cerezo.

Tabla 7. Comparación rentabilidad económica, beneficios por hectárea, inversión, requerimientos hídricos y beneficios por metro cubico de agua entre cultivos de Palto, Limón, Pistacho, Pecano y Cerezo.

Cultivo	Palto	Limón	Cerezo	Pecano	Pistacho
TIR	40 %	35,7 %	27 %	19 %	30 %
Beneficios (\$/ha)	10.112.302	\$9.308.298	18.761.517	7.572.551	17.279.462
Inversion (\$/ha)	7.126.888	5.215.463	10.491.125	4.922.985	6.539.250
VAN (10 %)	49.030.111	31.724.140	43.587.560	10.395.576	39.933.303
Requerimiento Hídrico (m <sup>3</sup> /ha/año)	12.000	9.000	8.000	12.000	7.800
Beneficio (\$/m <sup>3</sup> )	\$ 843	\$ 1.034	\$ 2.345	\$ 631	\$ 2.215

Para resolver esta disyuntiva, se planteó optimizar una función objetivo, cuya combinación permitiera entregar el mayor beneficio anual.

El modelo para optimizar fue el siguiente:

$$\text{Maximizar Beneficio anual (\$)} = 10.112.302X_1 + 9.308.298X_2 + 18.761.517X_3 + 17.279.462X_4$$

Sujeto a:

$$a) 49.030.111X_1 + 31.724.140X_2 + 43.587.560X_3 + 39.933.303X_4 \geq 475.862.100$$

(restricción por rentabilidad)

$$b) 7.126.888X_1 + 5.215.463X_2 + 10.491.125X_3 + 6.539.250X_4 \leq 267.807.166$$

(restricción por inversión)

$$c) 12.000X_1 + 9.000X_2 + 8.000X_3 + 7.800X_4 \leq 291.251$$

(restricción por disponibilidad agua)

$$d) X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 82,3 \text{ ha}$$

(restricción por superficie)

Donde:

$X_1$  es la superficie de Paltas

$X_2$  es la superficie de Limones

$X_3$  es la superficie de Cerezas

$X_4$  es la superficie de Pistachos

La alternativa Pecano, fue eliminada del modelo de optimización, por presentar indicadores más bajos que el rubro Limón.

Este modelo de optimización está sujeto a restricciones como se aprecia en el modelo e indicadas en la metodología. La restricción a) corresponde a la rentabilidad mínima exigida que está dada por el VAN (10 %) entregado por la plantación de limones que posee actualmente 15 hectáreas, lo cual hace que el VAN (10%) mínimo exigido sea de \$ 475.862.100. La restricción b) se refiere a la inversión máxima aceptada que es de \$ 267.807.166, cifra que corresponde a lo actualmente invertido para realizar las plantaciones de paltas y limones existentes (15 ha limones\*5.215.463 + 26,6 ha paltos\*7.126.888). La restricción c) corresponde a la máxima disponibilidad de agua que es de 291.251 m<sup>3</sup> (278.637 m<sup>3</sup> de pozos + 12.614 m<sup>3</sup> pozos arrendados) y la restricción d) se refiere a la máxima superficie de suelo disponible (82,3 ha).

Los resultados muestran que la función objetivo, con las restricciones señaladas, se maximizaría, es decir, se obtendría un mayor beneficio económico anual plantando 7,5 hectáreas de cerezos y 28,8 hectáreas de pistacho, lo cual le permitiría obtener beneficios anuales de \$639.755.200 (Figura 10).

Figura 10. Resultados de salida de optimización.

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 3			
OBJECTIVE FUNCTION VALUE			
1)	639755.2		
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST	
X1	0.000000	14800.562500	
X2	0.000000	9327.859375	
X3	7.578663	0.000000	
X4	28.796337	0.000000	
ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES	
2)	1402024.250000	0.000000	
3)	0.000000	0.375000	
4)	0.000000	1853.359375	
5)	45.625000	0.000000	
NO. ITERATIONS= 3			
RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:			
VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	10112.000000	14800.562500	INFINITY
X2	9308.000000	9327.859375	INFINITY
X3	18761.000000	8960.973633	1482.000000
X4	17279.000000	1482.000000	5585.340820
ROW	CURRENT RHS	RIGHTHAND SIDE RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	78231.000000	1402024.250000	INFINITY
3	267807.000000	113803.125000	29950.875000
4	291.000000	36.642761	86.781532
5	82.000000	INFINITY	45.625000

## CONCLUSIONES

- 1.- Este informe muestra que es factible formular un plan de desarrollo para una empresa frutícola en condiciones de restricción hídrica, innovando en la toma de decisiones, yendo más allá de los criterios económicos, al incorporar los requerimientos hídricos de las alternativas productivas, junto con los beneficios económicos generados por unidad de agua de riego.
- 2.- Compatibilizar criterios técnicos, económicos y de recursos naturales, mediante modelos de optimización, sería un camino para una gestión sostenible de las empresas agropecuarias sujetas a restricciones hídricas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Agroclima. 2019. La Petorca [en línea]. Agroclima Chile. <<http://www.agroclima.cl/InformesAgroclima/Precipitacion.aspx?IdEst=459&Infor=22&Tipo=2>>. [Consulta: 15 diciembre 2019].
2. AGROMET (Chile). 2019. Coyuntura agroclimática - dic 2019 (Año 8, N°12) [en línea]. Ministerio de Agricultura, Chile. <<https://www.agromet.cl/coyuntura-agroclim%C3%A1tica-dic-2019-%C3%B1o-8-n%C2%B012>>. [Consulta: 27 diciembre 2019].
3. Agrometeorología. 2021. Datos de Liceo Agrícola Chincolco, Petorca [en línea]. INIA, Chile. <[https://agrometeorologia.cl/frio\\_invernal/FI\\_H\\_AYER#](https://agrometeorologia.cl/frio_invernal/FI_H_AYER#)>. [Consulta: 11 octubre 2021].
4. Al-Mahdi, A.M, E.M.S. Ndahi, B. Yahaya and M.L. Maina. 2014. Integrated GIS and satellite remote sensing in mapping the growth, managing and production of inland water fisheries and aquaculture. Eur. Sci. J. 10(6): 178-183.
5. Andersen, P. and T. Crocker. 2004. The Pecan Tree. University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences. Gainesville, USA.
6. Andrieu, J., G. Lémole y R. Novello. 2013. Perspectiva del cultivo del pistachero en la provincia de San Juan. INTA. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. San Juan, Argentina.

7. Arias, F., C. Montoya y O. Velásquez. 2018. Dinámica del mercado mundial de aguacate. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte* (55): 22-35 [en línea].
8. ASOEX (Chile). 2021. 2020-2021: Temporada de las cerezas chilenas cierra con un llamado a la unidad del sector para enfrentar los futuros desafíos [en línea]. ASOEX, Chile. <<https://www.asoex.cl/component/content/article/25-noticias/925-2020-2021-temporada-de-las-cerezas-chilenas-cierra-con-un-llamado-a-la-unidad-del-sector-para-enfrentar-los-futuros-desafios.html>>. [Consulta: 21 junio 2021].
9. Baeza, E. 2018. Sequía y escasez hídrica: conceptos relacionados, situación actual y experiencia comparada en varios países para abordar el problema [en línea]. Cámara de Diputadas y Diputados, Chile. <<https://www.camara.cl/pdf.aspx?prmid=128268&prmtipo=documentocomision>>. [Consulta: 20 diciembre 2019].
10. Basualdo, A.B. 2015. Manual de buenas prácticas para la generación, el almacenamiento y la difusión de información climática en instituciones y organismos del MERCOSUR. IICA. San José, Costa Rica.
11. BCN (Chile). 2015. Indicadores demográficos [en línea]. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <<https://reportescomunales.bcn.cl/2015/index.php/Petorca>>. [Consulta: 19 marzo 2019].
12. BCN (Chile). 2017. Población por sexo e índice de masculinidad, años 2002 y 2017 [en línea]. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <<https://reportescomunales.bcn.cl/2017/index.php/Petorca>>. [Consulta: 19 marzo 2019].
13. Cazanga, R., C. Leiva, E. Von Bennewitz, X. Quiñones, C. Fredes, J.P. Hernández, P. Norambuena, F. Varas y M. Retamal. 2013. Antecedentes técnicos y económicos para la producción de cerezo en la Región del Maule. Publicación CIREN N°172. CIREN. Santiago, Chile.
14. Chilecerezas. 2021. Chile: Retornos por cerezas de menor tamaño no cubren los costos de los productores [en línea]. Chilecerezas. <<http://chilecerezas.cl/chile-retornos-por-cerezas-de-menor-taman%CC%83o-no-cubren-los-costos-de-los-productores/>>. [Consulta: 21 junio 2021].
15. CIREN (Chile). 2017. Cerezo [en línea]. CIREN, Chile <<https://www.ciren.cl/wp-content/uploads/2017/12/Cerezo.pdf>>. [Consulta: 21 marzo 2021].

16. Cowan, A. and B. Wolstenholme. 2016. Avocado. pp: 294-300. In: B. Caballero, P. M. Finglas and F. Toldrá (Eds.). Encyclopedia of food and health. Elsevier. Amsterdam, The Netherlands.
17. Cruzat, R. y L. Bachler. 2010. Resultados y lecciones en producción de pistacho en zonas de secano. Proyecto de innovación en regiones de Maule y Biobío. Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario N°96. FIA. Santiago, Chile.
18. CR2 (Chile). 2015. La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro Informe a la nación. CR2. Santiago, Chile.
19. Decreto N°8. Declara zona de escasez a la provincia de Petorca, Región de Valparaíso. Ministerio de Obras Públicas de Chile. 30 de enero 2019. Santiago, Chile.
20. Decreto N°308. Declara como zona afectada por catástrofe a las comunas de las regiones de Coquimbo y Valparaíso que indica. Diario Oficial de la República de Chile. 17 septiembre 2019. Santiago, Chile.
21. Delatorre, J.G. 2015. Agricultura en el desierto: ¿una utopía del ayer o una realidad ante el cambio climático? Idesia 33(2): 3-7.
22. DGAC (Chile). 2018. Estación Chincolco Liceo Agrícola (320049) [en línea]. Dirección Meteorológica de Chile. <<https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/informacion/datosMensualesDelElemento/320049/2018/12/152>>. [Consulta: 20 diciembre 2019].
23. DGC (Chile). 2019. Concesión Embalse Las Palmas, Petorca [en línea]. Dirección General de Concesiones, Chile. <[http://www.concesiones.cl/proyectos/Paginas/detalle\\_adjudicacion.aspx?item=192](http://www.concesiones.cl/proyectos/Paginas/detalle_adjudicacion.aspx?item=192)>. [Consulta: 13 septiembre 2019].
24. Ellena, M. 2006. Cultivo del cerezo para la zona sur de Chile. Boletín INIA N°135. INIA Carillanca. Temuco, Chile.
25. EMG Consultores. 2014. Estudio análisis impacto de la sequía en sector agropecuario en Chile. Informe final. Resumen ejecutivo. CNR. Santiago, Chile.
26. Enciso, J.M., D. Porter y X. Périès. 2007. Uso de sensores de humedad del suelo para eficientizar el riego [en línea]. Rio Grande Water, USA. <<http://riograndewater.org/media/1080/e-618s-irrigation-monitoring-with-soil-water-sensors-spanish-version.pdf>>. [Consulta: 13 septiembre 2019].

27. Flores-Medina, M., F. Flores-García, V. Velasco-Martínez, G. González-Cervantes. y F. Jurado-Zamarripa. 2015. Monitoreo de humedad en suelo a través de red inalámbrica de sensores. *Tecnol. Cienc. Agua* 6(5): 75-88.
28. Fonseca, P., M. Alves, C. Dellinghausen and C. Barboza. 2016. Avocado: Characteristics, health benefits and uses. *Cienc. Rural* 46(4): 748-752.
29. Garreaud, R. 2011. Cambio climático: Producto del incremento del efecto invernadero de origen antropogénico. *Tierra Adentro (Chile)* (93): 13-19.
30. GCF Ingenieros. 2013. Mejoramiento de agua subterránea para riego Ligua y Petorca. Informe final. Programa de participación ciudadana. CNR. Santiago, Chile.
31. Gobierno de Chile. 2019. Chile Week 2019: ministro Walker anuncia que cítricos chilenos llegarán a China en noviembre [en línea]. Gobierno de Chile. <<https://www.gob.cl/noticias/chile-week-2019-ministro-walker-anuncia-que-citricos-chilenos-llegaran-china-en-noviembre/>>. [Consulta: 20 diciembre 2019].
32. Henríquez, C.G. 2015. Estudio y modelación del clima urbano a escala local, como base para la proposición de lineamientos de adaptación frente al cambio climático en una red de ciudades chilenas [en línea]. CONICYT, Chile. <<http://repositorio.conicyt.cl/handle/10533/118303?show=full>>. [Consulta: 16 enero 2020]
33. Hidrogestión. 2019. La Ligua y Petorca “Una mirada a la realidad actual, contexto histórico y propuesta de solución” [en línea]. ALHSUD, Chile. <<https://alhsudchile.files.wordpress.com/2018/11/programa-jt5-alhsudchile-1.pdf>>. [Consulta: 18 junio 2020].
34. Hussein-Mounzer, O., J.R. Mendoza-Hernández, I. Abrisqueta-Villena, L.M. Tapia-Vargas, J.M. Abrisqueta-García, J. Vera-Muñoz and M.C. Ruiz-Sánchez. 2008. Soil water content measured by FDR probes and thresholds for drip irrigation management in peach trees. *Agric. Téc. Méx.* 34(3): 313-322.
35. Ibacache, A. y N. Rojas. 2002. Manejo de un huerto de pecano. Informativo N°10. INIA Intihuasi. La Serena, Chile.
36. INDH (Chile). 2014. Informe misión de observación provincia de Petorca. INDH. Santiago, Chile.

37. INTA (Argentina). 2021. Ficha técnica del pecan [en línea]. INTA, Argentina. <[https://inta.gob.ar/sites/default/files/ficha\\_de\\_pecan\\_may\\_21\\_mayo\\_2018.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/ficha_de_pecan_may_21_mayo_2018.pdf)>. [Consulta: 11 julio 2021].
38. Larrañaga, P., M.A. Osoreo, A. Peña y R. Villa. 2008. Principales resultados atastro frutícola: Región de Valparaíso. ODEPA. CIREN. Santiago, Chile.
39. Larrañaga, P. y M.A. Osoreo. 2017. Catastro frutícola: principales resultados. Región de Valparaíso, julio 2017. CIREN. Santiago, Chile.
40. Larrañaga, P. 2020. Catastro frutícola. Región de Valparaíso: principales resultados 2020. ODEPA. CIREN. Santiago, Chile.
41. Lavín, A., M. Reyes, P. Almarza. 2014. Pistacho (*Pistacia vera* L.). pp: 43-80. Boletín INIA N°301. INIA Raihuén. Cauquenes, Chile.
42. Lemus, G. y C. Negrón. 2004. El cultivo del pistacho (*Pistacia vera*) [en línea]. INIA, Chile. <<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8714/NR26374.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. [Consulta: 05 enero 2020].
43. Ley N°20.411. Impide la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas en virtud del artículo 4° transitorio de la Ley 20.017 de 2005, en determinadas zonas o áreas. Diario Oficial de la República de Chile. 29 diciembre 2009. Santiago, Chile.
44. Maldonado, I. y C. Castillo. 2012. Instalación de una red de estaciones meteorológicas automáticas en la Región de Arica y Parinacota. Boletín INIA N°59. INIA Quilamapu. Chillán, Chile.
45. MINAGRI (Chile). 2019. Coyuntura agroclimática: noviembre 2019 [en línea]. MINAGRI, Chile. <<http://dgir.minagri.gob.cl/wp-content/uploads/2019/12/Coyuntura-Agroclimatica-nov-2019-vfinal.pdf>>. [Consulta: 05 enero 2020].
46. Ministerio de Justicia. 1981. Código de aguas. Jurídica. Santiago, Chile.
47. Neuenschwander, A. 2010. El cambio climático en el sector silvoagropecuario de Chile. FIA. Santiago, Chile.
48. Novoa, R., S. Villaseca, P. del Canto, J. Rouanet, C. Sierra y A. del Pozo. 1998. Mapa agroclimático de Chile. INIA. Santiago, Chile.

49. ODEPA (Chile). 2018a. Exportaciones por productos silvoagropecuarios, especie: limón [en línea]. ODEPA, Chile. <<https://reportes.odepa.gob.cl/#/certificado-fitosanitario>>. [Consulta: 05 enero 2020].
50. ODEPA (Chile). 2018b. Exportaciones regionales: avance por producto [en línea]. ODEPA, Chile. <<https://www.odepa.gob.cl/exportaciones-regionales-avance-por-producto>>. [Consulta: 21 enero 2020].
51. ONU (USA). 1992. Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. ONU. Nueva York, USA.
52. Pecan Report. 2020. In-Shell Pecan price index [en línea]. Pecan Report. <<https://pecanreport.com/price-list/>>. [Consulta: 28 septiembre 2021].
53. Polomski, B. and D. Shaughnessy. 2019. Pecan planting and fertilization. Clemson Cooperative Extension. HGIC. Clemson, USA.
54. Pontificia Universidad Católica de Chile. 2022. Sequía [en línea]. Pontificia Universidad Católica de Chile <<https://cambioglobal.uc.cl/comunicacion-y-recursos/recursos/glosario/sequia>>. [Consulta: 06 marzo 2022]
55. Razavi, S. 2006. Pistachio production, Iran vs. the world. *Acta Hortic.* (726): 689-694.
56. Resolución Exenta N°1238. Determina las condiciones técnicas y los plazos a nivel nacional para cumplir con obligación de instalar y mantener un sistema de monitoreo y transmisión de extracciones efectivas en las obras de captación de aguas subterráneas. Dirección General de Aguas. 21 junio 2019. Santiago, Chile.
57. Resolución Exenta N°2178. Ordena a los titulares de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de cuyos puntos de captación se encuentran en las provincias de Quillota, Valparaíso, Marga Marga, San Felipe y Los Andes de la Región de Valparaíso, instalar y mantener sistemas de medición y de transmisión de extracciones efectivas. Diario Oficial de la República de Chile. 02 enero 2020. Santiago, Chile.
58. Reyes, M. y A. Lavín. 2014. Pecano (*Carya illinoensis* Koch). pp: 81-102. Boletín INIA N°301. INIA Raihuén. Cauquenes, Chile.
59. Rincon-Patino, J., E. Lasso and J.C. Corrales. 2018. Estimating avocado sales using machine learning algorithms and weather data. *Sustainability* 10(10): 3498 (Art. N°). <https://doi.org/10.3390/su10103498>[en línea].

60. Saavedra, E. 2011. El pistachero: Antecedentes generales y avances en el manejo agronómico del cultivo del pistachero en Chile. FIA. Santiago, Chile.
61. SAG (Chile). 2018. Se abre mercado de limones a Estados Unidos bajo Systems Approach [en línea]. SAG, Chile. <<https://www.sag.gob.cl/noticias/se-abre-mercado-de-limones-estados-unidos-bajo-systems-approach>>. [Consulta: 21 noviembre 2019].
62. SAG (Chile). 2019. Comienza proceso de apertura del mercado chino para los cítricos chilenos [en línea]. SAG, Chile. <<http://www.sag.cl/noticias/comienza-proceso-de-apertura-del-mercado-chino-para-los-citricos-chilenos>>. [Consulta: 13 noviembre 2019].
63. Santibáñez, F., P. Santibáñez, C. Caroca, P. Morales, P. Gonzales, N. Gajardo, P. Perry y C. Melillán. 2014. Atlas del cambio climático en las zonas de régimen árido y semiárido. Regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana. Universidad de Chile. AGRIMED. Santiago Chile.
64. Sapaev, I., K. Akhmetov, A. Serikbayev and B. Sapaev. 2020. Dynamics of bioclimatic potential of agricultural formations of Almaty region [en línea]. ResearchGate, Germany. <[https://www.researchgate.net/publication/343110318\\_Dynamics\\_of\\_bioclimatic\\_potential\\_of\\_agricultural\\_formation\\_of\\_Almaty\\_region](https://www.researchgate.net/publication/343110318_Dynamics_of_bioclimatic_potential_of_agricultural_formation_of_Almaty_region)>. [Consulta: 02 octubre 2020].
65. SECOEX (España). 2020. Pecanas [en línea]. Sevillana de Comercio Exterior. <<http://www.secoex.com/index.php/productos?id=80>>. [Consulta: 02 octubre 2020].
66. Seeman, J., Y. Chirkov, J. Lomas and B. Primault. 1979. Agrometeorology. Springer-Verlag. Berlin, Germany.
67. Serry, H. y J. Ocampo. 2005. Bases para el desarrollo eficaz del cerezo en Chile. Proyecto FIA C98-1-A-091. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
68. Sivakumar, M.V.K., R. Gommers and W. Baier. 2000. Agrometeorology and sustainable agriculture. Agric. For. Meteorol. 103: 11-26.
69. Sivakumar, M.V.K., P.S. Roy, K. Harmsen and S.K. Saha. 2004. Earth resource satellite. In: Satellite remote sensing and GIS applications in agricultural meteorology World. July 07-11, 2003. World Meteorological Organization. Geneva, Switzerland.

70. Tridge. 2021. Pistage [en línea]. Tridge. <<https://www.tridge.com/es/intelligences/pistachio/price>>. [Consulta: 15 junio 2021].
71. Troncoso, J. y P. Villalobos. 2011. Principios de administración de empresas agrícolas. Académica Española. España.
72. UdeC (Chile). 2016. Estudio básico: diagnóstico para desarrollar plan de riego en las cuencas de los ríos Ligua y Petorca. Informe final. Tomo I. UdeC. CIREN. Chillán, Chile.
73. University of Arkansas. 2020. Pecan production pamphlet of Arkansas [en línea]. University of Arkansas, USA. <<https://www.uaex.edu/counties/miller/pecan%20production%20pamphlet%20for%20AR.pdf>>. [Consulta: 06 noviembre 2020].
74. University of Georgia. 2021a. Crop load management [en línea]. University of Georgia, USA. <<https://pecans.uga.edu/content/dam/caes-subsite/pecans/docs/resources/grower-info/Crop-Load-Management.pdf>>. [Consulta: 01 julio 2021].
75. University of Georgia. 2021b. Establishing a pecan orchard [en línea]. University of Georgia, USA. <<https://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=B1314>>. [Consulta: 01 julio 2021].
76. Urriola, N., C. Aquino and P. Baral. 2018. Impact of agricultural export on economic growth of Peru. RJOAS 3: 75(Art. N°). <https://doi.org/10.18551/rjoas.2018-03.01>[en línea].
77. Valdés-Pineda, R., R. Pizarro, P. García- Chevesich, J.B. Valdés, C. Olivares, M. Vera, F. Balocchi, F. Pérez, C. Vallejos, R. Fuentes, A. Abarza and B. Helwig. 2014. Water governance in Chile: Availability, management and climate change. J. Hydrol. 519(Part C): 2538-2567.
78. Valenzuela, J., C. Muñoz, G. Lemus, J. Cortés y A. Lobato. 1999. Pistacho (*Pistacia vera* L): evaluación de una alternativa frutícola para Chile. Serie la Platina N°87. INIA La Platina. Santiago, Chile.
79. Wells, L. 2021. Why are pecan trees so slow to develop foliage and flowers this year (or are they)? [en línea]. University of Georgia, USA. <<https://site.extension.uga.edu/pecan/2021/04/why-are-pecan-trees-so-slow-to-develop-foliage-and-flowers-this-year-or-are-they/>>. [Consulta: 28 Julio 2021].

80. Zohary. M. 1952. A monographical study of the genus pistacia. Palest. J. Bot. Jerusalem Ser. 4(5): 187-228.
81. Zúñiga, M.O. 2013. Consumo de agua por la planta de siete especies frutales producidas en Chile. Memoria de título, Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Escuela de Agronomía, Escuela de Pregrado. Santiago, Chile.