

Plan Predial: una plataforma de gestión y planificación para la agricultura de La Araucanía

Elizabeth Kehr Mellado, Ing. Agrónomo, Magíster en Ciencias Agropecuarias

Maritza Bastías Millanao, Ing. Agrónomo, Magíster ©

Francisco Morales Muñoz, Ingeniero Civil Industrial mención en Informática



En el marco del Programa GORE-INIA Hortalizas se realizó una actualización de la plataforma *planpredial.inia.cl*, que se encuentra alojada en la página web de INIA (www.inia.cl).

El origen de esta plataforma data entre los años 2015-2016, período en que se desarrolló un proyecto con financiamiento Innova Corfo y ejecutado por INIA, con Indap como mandante. Dicho proyecto tuvo como objetivo "Optimizar los recursos disponibles de los agricultores de La Araucanía, mediante la generación de información técnico económica que facilite la toma de decisiones de sus sistemas productivos". Dado que la pequeña agricultura trabaja con sistemas productivos, en esta plataforma se incluyeron los cultivos importantes y comunes para ellos, es decir, hortalizas, papa, cereales (trigo, avena, triticale), lupino dulce y amargo, frutales (frambuesa, arándano y avellano europeo), y ovinos.

La idea nace de las constantes preguntas de los productores hortícolas en diferentes actividades de difusión realizadas a través de los años y los diferentes proyectos ejecutados, en torno a **¿Qué? ¿Cuánto? ¿Cuándo? y ¿Cómo producir?**.

Por otro lado, para responder a la superficie a cultivar con cierta especie, se determina la Unidad Económica Mínima Productiva (UEMP) (Figura 1) que no es otra cosa que la relación entre los costos indirectos y el margen bruto, donde el margen bruto corresponde a los ingresos por ventas a los cuales se le restan los costos directos (*planpredial.inia.cl*).

$$UEMP = \frac{\text{costos indirectos}}{\text{ingresos-costos directos}} \quad UEMP = \frac{\text{costos indirectos}}{\text{margen bruto}}$$

Figura 1. Formula del cálculo de la UEMP

Del punto de vista del lenguaje informático utilizado, Plan Predial es una plataforma web, desarrollada con el Framework Django v3 y motor de base de datos PostgreSQL. Para la interfaz web se utilizó el Framework Bootstrap 4.4. La optimización se realizó con la biblioteca pywraplp.

La optimización (Figura 2) que se busca solucionar, es un problema lineal que necesita la utilización de variables binarias para ser resuelta. Las principales restricciones a las que está sujeto el problema son: compatibilidad de tipo de especies, capital de trabajo, utilización de agua, primer mes de uso de suelo, superficie disponible, superficie mínima (UEMP) y superficie máxima. La función objetivo es maximizar los ingresos por venta.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max. } z = \sum \text{Ingresos por venta} \\
 & \text{s.a.} \\
 & \sum \text{superficie} \leq \text{SUPERFICIE_TOTAL} \\
 & \sum \text{agua} \leq \text{AGUA_TOTAL} \\
 & \sum \text{costos directos} \leq \text{CAPITAL_DE_TRABAJO} \\
 & x_i \geq \text{UEMP}_i \\
 & \sum x_i \leq \text{COTA_SUPERIOR}^1
 \end{aligned}$$

1. La cota superior es una restricción por especie

Figura 2. Fórmula del cálculo de la optimización

Rubros seleccionados

Los rubros seleccionados son los de mayor importancia para los sistemas productivos de los pequeños productores de La Araucanía, que son:

1. Hortalizas según el órgano de consumo:
 - a. De hoja: acelga, espinaca, cilantro, repollo, lechuga, puerro, kale
 - b. De raíz: betarraga, zanahoria
 - c. De fruto: ají, tomate, poroto granado y verde, arveja verde, maíz dulce y haba
 - d. De inflorescencia: brócoli, coliflor, romanesco
2. Papa guarda, primor y semilla
3. Lupino: dulce y amargo
4. Cereales: trigo, avena
5. Frutales: frambuesa, arándano, avellano europeo y frutilla
6. Ganadería: ovinos de carne

Metodología de trabajo

Generación de información técnica

Para la generación de información técnica del manejo agronómico de los rubros seleccionados, se recurrió a **fuentes primarias**, en consulta con los investigadores y equipos de I+D de INIA Carillanca. Esto permitió la validación de especies y variedades en campo en la unidad demostrativa hortícola establecida en el Centro Regional INIA Carillanca, y de experiencias de productores y empresas regionales. A partir de esta información, y con el conocimiento del equipo hortícola, se pudo describir el manejo para cada etapa y actividades a realizar por rubro.

Por otro lado, también se obtuvo información de **fuentes secundarias**, consultando publicaciones INIA y otras fuentes: ODEPA para las series de precios; Lo Valledor para precios de hortalizas, frutas, entre otros; COTRISA para precios de trigo y otros cereales; planilla SAG de productos fitosanitarios autorizados; Ferias Araucanía y Tattersall para series de precios de ganado ovino; y proveedores de insumos agropecuarios para incorporar precios.

Así se procedió a la sistematización de paquetes de manejo, obteniéndose un resultado considerando 32 especies y 156 paquetes de manejo, de los cuales 72 corresponden a paquetes de hortalizas para fresco, 34 paquetes para hortalizas con aptitud agroindustrial, para las cinco zonas agroecológicas de La Araucanía. Con la información técnica levantada de las diferentes fuentes de información y la validación en campo, se construyeron matrices o variables de restricciones.

Variable 1. Zona agroecológica

Las 32 comunas de la región se agruparon en cinco zonas agroecológicas. A partir de este punto, el sistema —al momento de crear el predio del agricultor e indicar la comuna donde se encuentra ubicado—, comienza a arrojar las alternativas de sistema productivo, de acuerdo a la zona agroecológica en donde se encuentra ubicado el predio. Estas zonas de producción representan una superficie en la cual la interacción del clima y suelo determinan y condicionan en conjunto con las especies vegetales una producción agropecuaria característica (Rouanet *et al.*, 1988).

Variable 2. Restricción por especie

Una tabla de restricciones por especie fue elaborada, de manera de evitar sucesiones de especies hortícolas de la misma familia y órgano de consumo que considere todos los cultivos de los sistemas productivos (Cuadro 3). En ellas se indican las compatibles (1) y las no compatibles (2). Así, por ejemplo, no compatibles son aquellas cuyo órgano de consumo se produce bajo tierra (zanahoria, betarraga, papa), y aquellas de la misma familia (betarraga, acelga, espinaca) de la familia Chenopodiaceae, de manera de dar un espacio de dos a tres temporadas libres de ellas, para reducir la presión de malezas, plagas y enfermedades, generando la matriz de restricción por rotación (Cuadro 2).

Cuadro 1. Matriz de compatibilidad de todas las especies consideradas en los sistemas productivos (hortalizas, frutales, cereales, leguminosas y papa)

Especie	Avena	Trigo	Triticale	Arándano	Avellano europeo	Frambuesa	Frutilla	Acelga	Ajo	Aji	Arveja V. verde	Betarraga	Brócoli	Cilantro	Coliflor	Espinaca	Haba	Kale	Lechuga	Maíz	Poroto	Puerro	Repollo	Romanesco	Tomate	Zanahoria	Zapallo	Lupino	Papa	Pradera	
Avena	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
Trigo	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Triticale	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Arándano	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Avellano europeo	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Frambuesa	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Frutilla	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Acelga	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Ajo	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
Aji	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	
Arveja V. verde	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
Betarraga	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	
Brócoli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
Cilantro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
Coliflor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
Espinaca	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Haba	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
Kale	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
Lechuga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Maíz	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Poroto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	
Puerro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
Repollo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	
Romanesco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Tomate	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	
Zanahoria	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	
Zapallo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	
Lupino	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Papa	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	
Pradera	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

1: Compatible; 0: No compatible

Cuadro 2. Matriz de restricción por rotación

Tipo	Especie	Familia	Factor rotación (temporada)	Órgano de consumo
Cereales	Avena	Poaceae	1	grano
Cereales	Trigo	Poaceae	2	grano
Cereales	Triticale	Poaceae	2	grano
Frutales	Frambuesa	Rosaceae	10	fruto
Frutales	Arándano	Ericaceae	15	fruto
Frutales	Avellano europeo	Betulaceae	20	fruto
Hortalizas	Acelga	Chenopodiaceae	2	hoja
Hortalizas	Arveja	Fabaceae	2	fruto
Hortalizas	Betarraga	Chenopodiaceae	2	raíz
Hortalizas	Espinaca	Chenopodiaceae	2	hoja
Hortalizas	Haba	Fabaceae	2	fruto
Hortalizas	Lechuga	Asteraceae	2	hoja
Hortalizas	Maíz dulce	Poaceae	2	fruto
Hortalizas	Poroto	Fabaceae	2	fruto
Hortalizas	Zapallo guarda	Cucurbitaceae	2	fruto
Hortalizas	Zapallo italiano	Cucurbitaceae	2	fruto

Tipo	Especie	Familia	Factor rotación (temporada)	Órgano de consumo
Hortalizas	Aji	Solanaceae	3	fruto
Hortalizas	Brócoli	Brassicaceae	3	inflorescencia
Hortalizas	Cilantro	Apiaceae	3	hoja
Hortalizas	Coliflor	Brassicaceae	3	inflorescencia
Hortalizas	Frutilla	Rosaceae	3	fruto
Hortalizas	Kale	Brassicaceae	3	hoja
Hortalizas	Puerro	Alliaceae	3	hoja
Hortalizas	Repollo	Brassicaceae	3	inflorescencia
Hortalizas	Romanesco	Brassicaceae	3	inflorescencia
Hortalizas	Tomate	Solanaceae	3	fruto
Hortalizas	Zanahoria	Apiaceae	3	raíz
Hortalizas	Ajo	Alliaceae	10	bulbo
Leguminosas	Lupino	Leguminosae	2	grano
Papa	Papa	Solanaceae	3	raíz
Praderas	Pradera	n/a	5	kilo carne

Variable 3. Tiempo de espera a cosecha

Esta restricción fue definida para señalar los días que un cultivo, una vez que ha alcanzado el índice de madurez de cosecha, es posible mantenerlo en el suelo, de manera que no se altere su calidad. De esta forma, se puede conocer cuándo es posible establecer el siguiente cultivo y así para aprovechar al máximo el uso del suelo (Cuadro 3). En general, se puede decir que las especies hortícolas de hoja son las que tienen el tiempo más corto.

Cuadro 3. Tiempo de espera a cosecha (ejemplo extraído de la matriz completa)

Hortaliza	Tipo	Zona agroecológica	Época	Preparación suelo	Siembra - trasplante	Inicio cosecha	Días cultivo	Tiempo espera a cosecha
Acelga	n/a	SI. SC. VC.	n/a	agosto	septiembre	diciembre	100	150
Acelga	n/a	VC.	n/a	septiembre	octubre	enero	100	150
Acelga	n/a	VC.PRE.	n/a	diciembre	enero	abril	100	180
Arveja verde	fresco	SC.SI.VC.	n/a	mayo	junio	noviembre	180	15
Arveja verde	fresco	VC.PRE.	n/a	agosto	septiembre	febrero	180	15
Arveja verde	industria	SC.SI.VC.PRE.	n/a	julio	agosto	enero	180	15
Betarraga	fresco	SC. VC.PRE.	n/a	Octubre	noviembre	marzo	120	60
Betarraga	industria	SC.	n/a	septiembre	octubre	enero	90	30
Betarraga	industria	SI. SC.	n/a	agosto	septiembre	diciembre	90	30
Betarraga	industria	VC	n/a	diciembre	enero	marzo	60	30
Betarraga	industria	VC, PC	n/a	noviembre	diciembre	febrero	60	30
Brócoli	fresco	SI.SC.VC.PRE.	primavera-verano	agosto	septiembre	19-dic	110	8
Brócoli	industria	PRE	primavera-verano	diciembre	enero	15-may	110	8
Brócoli	industria	SC. SI	otoño-invierno	octubre	noviembre	febrero	120	5
Brócoli	industria	VC	primavera-verano	septiembre	octubre	enero	95	8
Cilantro	n/a	SI. SC.VC.PRE.	primavera-verano	julio	agosto	Octubre	60	15
Cilantro	n/a	SI. SC.VC.PRE.	otoño-invierno	febrero	marzo	mayo	60	20
Coliflor	n/a	SI.SC.VC.PRE.	primavera-verano	agosto	septiembre	19-dic	110	8
Coliflor	n/a	SI.SC.VC.PRE.	otoño-invierno	febrero	marzo	19-jul	110	15
Haba	industria	SC.SI	n/a	mayo	junio	noviembre	180	30
Haba	industria	VC	n/a	agosto	septiembre	enero	120	30
Haba	industria	VC,PRE	n/a	junio	julio	diciembre	150	30
Lechuga	costina	SI. SC.VC.	primavera-verano	agosto	septiembre	15-nov	85	7
Lechuga	crespa	PRE. VC.	otoño-invierno	diciembre	diciembre	15-feb	70	7
Lechuga	española	PRE. VC.	otoño-invierno	diciembre	diciembre	15-feb	70	7
Lechuga	española	PRE. VC.	otoño-invierno	febrero	febrero	15-abr	80	7
Poroto verde	fresco	SC.SI.	n/a	septiembre	octubre	enero	120	30
Poroto verde	fresco	SC.VC.PRE.	n/a	octubre	noviembre	febrero	120	30
Poroto verde	industria	SC.SI.	n/a	septiembre	octubre	enero	100	15
Romanesco	industria	SC. SI	otoño-invierno	octubre	noviembre	febrero	120	5
Romanesco	industria	VC, PRE, SC, SI	primavera-verano	septiembre	octubre	febrero	120	5
Romanesco	industria	VC.PRE.	otoño-invierno	enero	febrero	junio	121	5
Zanahoria	fresco	SC.	n/a	julio	agosto	diciembre	150	60
Zanahoria	fresco	SI. SC. VC.PRE.	n/a	septiembre	octubre	febrero	150	60
Zanahoria	industria	VC.PRE.	n/a	octubre	noviembre	marzo	150	30
Zanahoria	industria	SC.SI	n/a	agosto	septiembre	febrero	150	30

Variable 4. Formato de venta

Otro factor para incorporar en el modelo computacional generado por esta plataforma es el formato de venta de los productos (Cuadro 4). Por ejemplo, para hortalizas frescas el formato puede ser unidad, paquete (cilantro, puerro), cajas de cierta cantidad de unidades (lechuga), docenas de paquetes, mallas de 25 kilos, otros. Para el caso de hortalizas para la industria, toda la venta se realiza por kilo.

Para determinar este punto y comparar con la unidad de venta y su precio, se transformó dichas unidades del mercado Lo Valledor a las unidades de venta de la región. Cabe señalar que existen diferencias en relación al peso de las unidades de La Araucanía con la zona central.

Cuadro 4. Formato de venta

Hortalizas	Tipo	Época	Unidad
Acelga	n/a	n/a	paquete
Aji	n/a	n/a	toneladas
Arveja verde	n/a	n/a	kilo
Arveja verde	industria	n/a	kilo
Betarraga	n/a	n/a	paquete
Betarraga	n/a	n/a	mallas 5 kg
Betarraga	n/a	n/a	sacos 25 kg
Betarraga	industria	n/a	kilo
Brócoli	n/a	Primavera-verano	unidad
Brócoli	industria	primavera-verano	kilo
Cilantro	n/a	Primavera-verano	paquete
Coliflor	n/a	Primavera-verano	unidad
Espinaca	oriental	otoño-invierno	paquete
Espinaca	oriental fresco	otoño-invierno	kilo
Espinaca	industria	otoño-invierno	kilo
Haba	industria	n/a	kilo
Kale	industria	otoño-invierno	kilo

Hortalizas	Tipo	Época	Unidad
Lechuga	costina	Primavera-ve	unidad
Lechuga	española	otoño-invierno	unidad
Maíz dulce	n/a	n/a	unidad
Maíz dulce	industria	n/a	kilo
Poroto verde	n/a	n/a	kilo
Poroto verde	industria	n/a	kilo
Puerro	n/a	Primavera-ve	paquete
Puerro	industria	primavera-ve	kilo
Repollo	n/a	Primavera-ve	unidad
Romanesco	industria	primavera-ve	kilo
Tomate	n/a	n/a	toneladas
zanahoria	n/a	n/a	sacos 25 kg
zanahoria	n/a	n/a	paquete
zanahoria	n/a	n/a	mallas 5 kg
Zanahoria	industria	n/a	kilo
zapallo guard	n/a	n/a	unidad
zapallo italian	n/a	n/a	unidad

Variable 5. Rendimiento

Con información levantada de fuentes primarias (experiencia de INIA y antecedentes de productores) y fuentes secundarias (publicaciones). Además de la información validada en la unidad demostrativa de INIA Carillanca, en el programa GORE-INIA, donde se realizó la validación de especies y variedades con aptitud agroindustrial, se determinó el rendimiento por unidad de superficie, expresado en kilos para todos los paquetes de manejo (Cuadro 5).

Variable 6. Demanda de agua

La demanda de agua se estimó utilizando la metodología propuesta por FAO56 calculando la evapotranspiración de referencia (ET_o) con la ecuación de Penman-Monteith y Hargreaves. Los coeficientes de cultivo (K_c) fueron determinados en forma numérica considerando un K_c inicial y de mediados de ciclo de cultivo constantes. Mientras que para el cálculo del

Kc de la etapa de desarrollo y final se consideró que varía en forma lineal entre el valor de Kc de la etapa previa y el valor de Kc al comienzo de la próxima etapa. Así, queda variable según la duración en días de cada etapa de acuerdo a la época de siembra o trasplante y período de cosecha de cada especie hortícola para las distintas zonas agroecológicas.

Cuadro 5. Rendimiento unitario de diferentes paquetes de manejo

Hortalizas	Tipo	Zona agroecológica	Rendimiento (ha)	Unidad
Acelga	n/a	SI. SC. VC.	36000	paquete
Aji	n/a	SC.SI.	30	toneladas
Arveja verde	n/a	SC.SI.VC.	10000	kilo
Arveja verde	n/a	SC.SI.VC.PRE.	10.000	kilo
Arveja verde	industria	VC.PRE.	16000	kilo
Betarraga	n/a	SI.	35.000	paquete
Betarraga	n/a	SI.	7000	mallas 5 kg
Betarraga	n/a	SI.	875	sacos 25 kg
Betarraga	n/a	SC.	7400	mallas 5 kg
Betarraga	n/a	SC.	925	sacos 25 kg
Betarraga	n/a	SC.	37000	paquete
Betarraga	n/a	SC.	7.400	mallas 5 kg
Betarraga	n/a	VC.PRE.	40000	paquete
Betarraga	n/a	VC.PRE.	8.000	mallas 5 kg
Betarraga	n/a	VC.PRE.	1000	sacos 25 kg
Betarraga	industria	SI. SC.	30.000	kilo
Betarraga	industria	VC. PC	42000	kilo
Brócoli	n/a	SI.SC.VC.PRE.	36.000	unidad
Brócoli	industria	SI.SC.	25000	kilo
Brócoli	industria	SC. SI	21.000	kilo
Cilantro	n/a	SI. SC.VC.PRE.	60000	paquete
Coliflor	n/a	SI.SC.VC.PRE.	36.000	unidad
Espinaca	oriental	VC. SI.	25000	paquete
Espinaca	oriental fresco	VC. SI.	17.000	kilo
Espinaca	industria	VC. SI.	18000	kilo
Haba	industria	SC.SI	17.000	kilo
Haba	industria	VC	28000	kilo
Kale	industria	VC.PRE.	18.000	kilo
Kale	industria	SC. SI	12600	kilo
Kale	industria	VC.PRE.	8.500	kilo
Kale	industria	SC. SI	6200	kilo
Lechuga	costina	SI. SC.VC.	40.000	unidad
Lechuga	crespa	PRE. VC.	40000	unidad
Lechuga	crespa	PRE. VC.	37.500	unidad
Lechuga	española	PRE. VC.	40000	unidad
Lechuga	española	PRE. VC.	37.500	unidad
Lechuga	española	PRE. VC.	37500	unidad
Maiz dulce	n/a	SI.	50.000	unidad
Maiz dulce	n/a	VC.PRE.	60000	unidad

Hortalizas	Tipo	Zona agroecológica	Rendimiento (ha)	Unidad
Maiz dulce	n/a	VC.PRE.	60000	unidad
Maiz dulce	industria	SI.	20.000	kilo
Maiz dulce	industria	VC.PRE.	22000	kilo
Maiz dulce	industria	VC.PRE.	22.000	kilo
Poroto granad	n/a	SI.	10000	kilo
Poroto granad	n/a	SC.	12.000	kilo
Poroto granad	n/a	SC.	12000	kilo
Poroto granad	n/a	VC.PRE.	11.000	kilo
Poroto verde	n/a	SI.	7000	kilo
Poroto verde	n/a	SC.	8.000	kilo
Poroto verde	n/a	VC.PRE.	7500	kilo
Poroto verde	industria	SC.SI.	19.000	kilo
Puerro	n/a	PRE. VC.	60000	paquete
Puerro	n/a	VC.	50.000	paquete
Puerro	industria	PRE. VC.	47500	kilo
Repollo	n/a	SI.SC.VC.PRE.	36.000	unidad
Repollo	n/a	SI.SC.VC.PRE.	36000	unidad
Romanesco	industria	VC. PRE. SC. SI	19.000	kilo
Romanesco	industria	VC. PRE. SC. SI	19000	kilo
Romanesco	industria	VC.PRE.	15.000	kilo
Romanesco	industria	VC.PRE.	15000	kilo
Romanesco	industria	VC.PRE.	15.000	kilo
Romanesco	industria	SC. SI	15000	kilo
Romanesco	industria	SC. SI	15.000	kilo
Tomate	n/a	SI.	60	toneladas
zanahoria	n/a	SC.	40.000	paquete
zanahoria	n/a	SC.	8000	mallas 5 kg
zanahoria	n/a	SC.	1.000	sacos 25 kg
zanahoria	n/a	SI.	1125	sacos 25 kg
zanahoria	n/a	SI.	45.000	paquete
zanahoria	n/a	SI.	9000	mallas 5 kg
zanahoria	n/a	SI.	1.125	sacos 25 kg
zanahoria	n/a	VC.PRE.	50000	paquete
zanahoria	n/a	VC.PRE.	10.000	mallas 5 kg
Zanahoria	industria	SC.SI	62000	kilo
Zanahoria	industria	VC.PRE.	55.000	kilo
zapallo guard	n/a	SI.SC.	6250	unidad
zapallo italian	n/a	SI.SC.	66.600	unidad
zapallo italian	n/a	VC.PRE.	93240	unidad

La precipitación efectiva (Ppeff) diaria se obtuvo de las estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) de INIA, a través de un registro histórico desde 2011 a diciembre de 2021 en las zonas agroecológicas: secano interior (EMA, La Providencia, comuna de Traiguén), precordillera (EMA INIA Carillanca, comuna de Vilcún), valle central (EMA, Cuarta faja, comuna de Gorbea) y secano costero (EMA Tranapunte, comuna de Carahue). La ecuación utilizada para el cálculo diario fue $Ppeff = (precipitación\ diaria - 10) \times 0,75$, en cada zona. La demanda neta (DN) diaria se estimó a través de la evapotranspiración del cultivo (ETc), considerando la diferencia entre ésta y la precipitación efectiva (Ppeff), que ocurre desde la siembra o plantación hasta la cosecha de cada una de las especies hortícolas. La demanda bruta (DB) se determinó en forma diaria en mm/día con eficiencia de aplicación de 0,9 % para sistema de riego por goteo (sistema de riego presurizado de alta frecuencia). Con esto se pudo obtener el volumen de agua en m³/ha para un sistema de producción con

riego por goteo desde la siembra o plantación hasta la cosecha, obteniéndose datos como ejemplo de la demanda neta de agua en hortalizas de raíz según esta metodología (Figura 8).

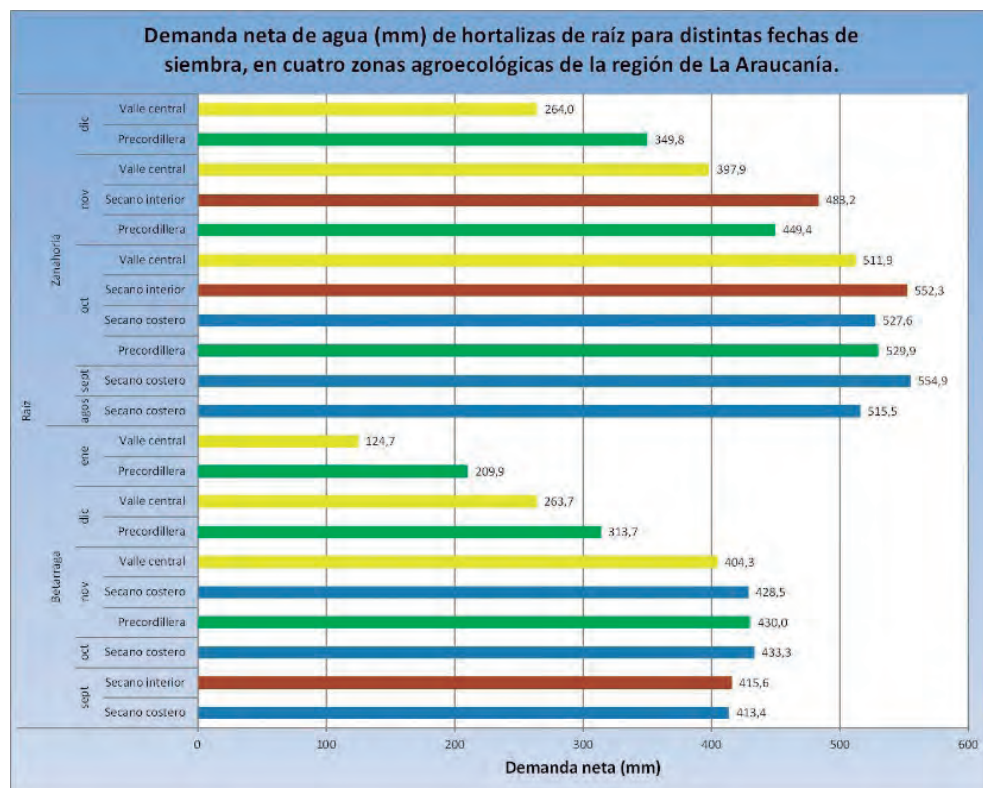


Figura 3. Demanda neta de agua (mm) estimada de hortalizas de raíz según la metodología descrita

Si al momento de ingresar a la plataforma no se incorpora la cantidad de agua disponible en m³/ha, la plataforma sólo podrá recomendar cultivos tradicionales como trigo, avena y lupino, ya que para los otros tipos de especie siempre considera conocer el agua que se dispone para determinar la superficie recomendable a cultivar.

Variable 7. Series de precios históricos

Como se explicó previamente, los precios de compra de los productos se levantaron de fuentes oficiales de ODEPA. En la figura 9 se presenta un extracto de la planilla de precios, el que está expresado en CLP (\$) por semana de venta. Para el caso de la figura, se consideró el precio del kilo de zanahoria.



Figura 4. Ejemplo de serie de precios semanales-caso zanahoria industrial

Fuente: Plataforma planpredial.inia.cl

El sistema cuenta con la serie de precios desde 2010 a 2022 y proyectada a 2023, en donde se indica el precio por semana de todo un año de acuerdo a cada especie. Esta información es utilizada para determinar cuándo se puede obtener el mejor el precio y, de acuerdo a ello, recomienda cuándo iniciar su sistema productivo.

Otras variables consideradas

Capital de trabajo: corresponde al dinero (\$) con el que se debe contar para cubrir costos directos del cultivo de cualquier especie hasta el inicio de ingresos por venta. Esta variable es obligatoria, de lo contrario la plataforma no arroja alternativas de sistema productivo.

Porcentaje de reinversión cultivo anterior (%): corresponde al porcentaje de dinero del último cultivo que se debe considerar para reinvertir en el siguiente. En general, se puede hablar entre 50-75 %.

Inicio de labores en campo: corresponde al mes en que el usuario quiere iniciar su sistema productivo. En algunos casos el sistema arroja el mes de acuerdo a las labores previas de siembra o plantación en donde existe el tiempo (mes) suficiente para estas labores para, recién de acuerdo al precio de venta que se proyecta en la temporada, recomendar el mes en el que debiera iniciar el sistema.

Superficie máxima de producción: es una variable definida en la plataforma para poner un techo límite de superficie de producción de manera de evitar una superficie indefinida dados los márgenes brutos.

Validaciones en campo

En el marco del proyecto Innova Corfo “Optimización de los recursos disponibles de los agricultores de La Araucanía, mediante la generación de información técnico económica que facilite la toma de decisiones de sus sistemas productivos”, ejecutado entre los años 2015 y 2018 se estableció una unidad hortícola en campo, en precordillera, para validar información técnica en las diferentes especies hortícolas consideradas para venta en fresco en temporada otoño-invierno y temporada primavera-verano, en cuanto a variedades, rotaciones, tiempo de duración de labores en jornadas hombre, rendimiento, otros (Figura 10).

Actualmente, en el marco del programa GORE-INIA “Mejoramiento de la competitividad del rubro hortícola en La Araucanía con el propósito de transformar a la región en el proveedor de hortalizas para la zona sur y de exportación”, se validó en campo un grupo de 11 especies hortícolas con aptitud agroindustrial: arveja, betarraga, brócoli, espinaca, haba, kale, maíz dulce, poroto verde, puerro, romanesco y zanahoria.

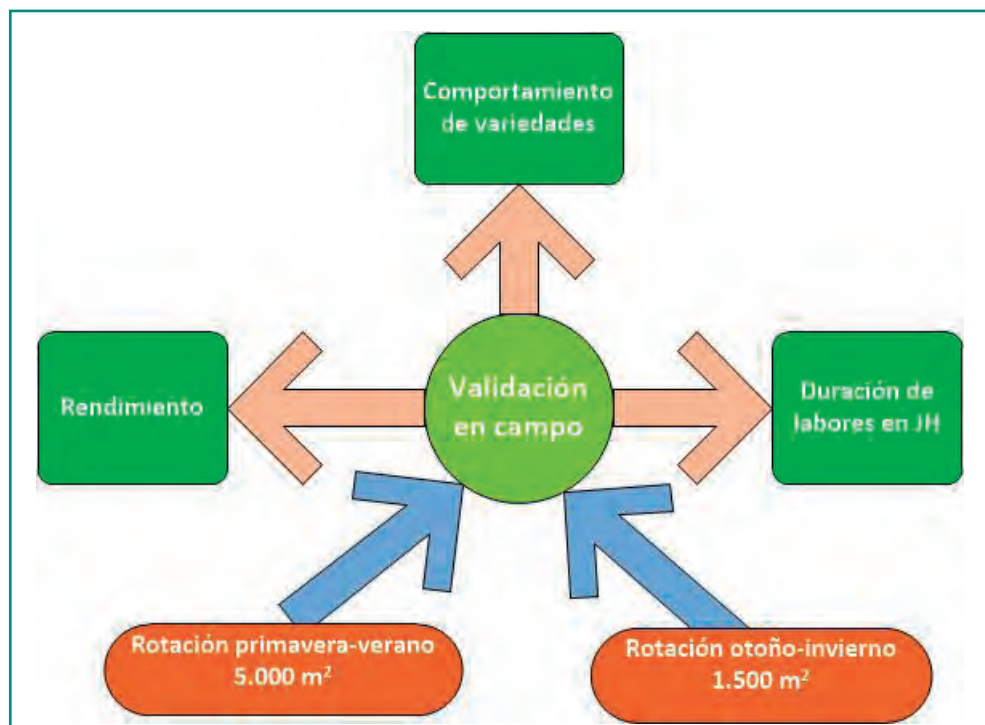


Figura 5. Esquema de validaciones de hortalizas en campo para el levantamiento de información en diferentes temporadas

Plataforma: *planpredial.inia.cl*

Finalmente, en el link *planpredial.inia.cl* el usuario ingresa y tiene una vista inicial (Figura 11) para interactuar en una plataforma de gestión predial que permite programar sistemas productivos nuevos y sistemas en funcionamiento.

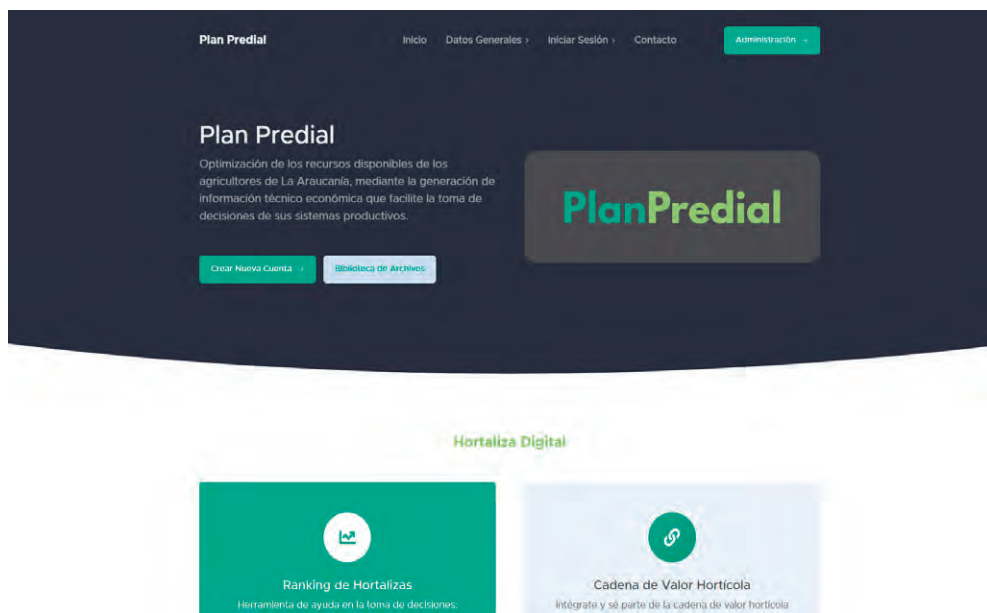


Figura 6. Vista de inicio de la plataforma *planpredial.inia.cl*

Para trabajar en ella, el usuario deberá inscribirse e ingresar:

- Los antecedentes de sus predios.
- La comuna donde están ubicados los predios.
- Si tiene disponibilidad de agua, ingresar los m³ disponibles.
- Ingresar los potreros del predio y la historia de rotación de cada potrero hasta tres temporadas previas. A partir de esta información clave, el sistema utiliza todas las variables señaladas e indica las especies factibles a cultivar.

La plataforma permite dos tipos de sistemas, sistema nuevo y sistema en funcionamiento:

- Un sistema nuevo, es decir, el usuario si no tiene una vocación productiva definida, debe elegir **Sistema nuevo** y esperar saber qué le recomienda producir en su predio y potrero seleccionado.

- Un **Sistema en funcionamiento**, es decir, el usuario tiene una vocación definida (productor de hortalizas, cereales, lupino, frutales, ovinos), por lo que indicando su vocación, sólo necesita saber cómo, cuánto y cuándo producir.

Según la vocación productiva especificada por el usuario, se puede optimizar el uso de suelo para 24 meses. La solución obtenida al realizar la optimización, muestra el tipo de especie que se deberá producir en una superficie descrita, el manejo en cada actividad de las seis etapas (presiembrá, siembra/plantación, crecimiento, cosecha, poscosecha y administración general del predio) que la plataforma ha modelado.

Al usuario se le muestra, en detalle, las actividades que deberá realizar en conjunto con los insumos que necesitará comprar, el rendimiento esperado, los egresos separados por costos directos y costos indirectos y, por último, los ingresos por venta. El usuario puede exportar el resultado a un archivo PDF, donde podrá contar con un detalle de cada labor por etapa y su descripción, y costos asociados, sumado a un detalle de las actividades con fecha de cada una y un resumen de los indicadores de costos y rendimiento del paquete de manejo, de acuerdo a la realidad del predio. Este PDF se podrá imprimir o guardar en el computador, sumado a que el usuario podrá modificar precio de insumos, tipo de insumo, lo que arrojará un nuevo resultado de acuerdo a cada realidad.

Además, la plataforma contiene una biblioteca de archivos donde el usuario podrá encontrar material descargable de manuales, fichas técnico-económicas de los cultivos, e informativos, entre otra información de interés que ayudará a comprender el resultado que arroja la plataforma.

Referencias

FAO. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO riego y drenaje N°56, Roma, Italia: 322p.

Rouanet, J.L., Romero, O. y Demanet, R. Ene-Mar 1988. Áreas agroecológicas en la IX región: descripción [en línea]. Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca. v. 7(1) p. 18-23. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/41361> (Consultado: 15 diciembre 2022).

