

Fundación para la Innovación Agraria  
MINISTERIO DE AGRICULTURA



FRUTALES / VIÑAS Y VIDES



Resultados y Lecciones en

## Evaluación de Raíces de Vides

Proyecto de Innovación en

**III Región de Atacama**





**Fundación para la Innovación Agraria**  
MINISTERIO DE AGRICULTURA



# **Resultados y Lecciones en Metodologías de Evaluación de Raíces de Vides en el Campo**



**Proyecto de Innovación en  
III Región de Atacama**

Valorización a junio de 2008



## **Agradecimientos**

En la realización de este trabajo agradecemos sinceramente la colaboración de los productores, técnicos y profesionales vinculados al proyecto y a los participantes en los talleres de validación, en especial a Rodrigo Callejas, Dr. Ing. Agr., de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

### **Resultados y Lecciones en Metodologías de Evaluación de Raíces de Vides en el Campo**

Proyecto de Innovación en la III Región de Atacama

### **Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA**

Registro de Propiedad Intelectual N°  
ISBN N°

#### ELABORACIÓN TÉCNICA DEL DOCUMENTO

Rodrigo Cruzat, Daphne Ioannidis y Carlo Montes – AQUAVITA Consultores

#### REVISIÓN DEL DOCUMENTO Y APORTES TÉCNICOS

Francisca Fresno y Gabriela Casanova – Fundación para la Innovación Agraria (FIA)

#### EDICIÓN DE TEXTOS

Gisela González Enei

#### DISEÑO GRÁFICO

Guillermo Feuerhake

#### IMPRESIÓN

Ograma Ltda.

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida, siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

# Contenidos

---

---

<b>Sección 1. Resultados y lecciones aprendidas</b> .....	5
1. Antecedentes.....	5
2. Objetivo del documento.....	7
3. Caracterización de la situación de la uva de mesa .....	7
3.1. Superficie y variedades .....	7
3.2. Situación actual del negocio de la uva de mesa .....	9
4. Alcances y desafíos de la herramienta.....	12
5. Claves de viabilidad.....	13
6. Asuntos por resolver.....	14

---

<b>Sección 2. El proyecto precursor</b> .....	15
1. El entorno económico y social.....	15
2. El proyecto.....	15
2.1. Desarrollo de una estrategia de fertilización y control de nemátodos .....	16
2.2. Desarrollo de una metodología de evaluación del sistema radical .....	17
2.3. Desarrollo de un protocolo de observación de tres variables.....	18
2.4. Validación del protocolo de evaluación del sistema radical .....	18
3. Los productores hoy.....	20

---

<b>Sección 3. El valor del proyecto</b> .....	21
---	----

---

<b>ANEXOS</b>	
1. Superficie nacional (ha) plantada con frutales .....	25
2. Distribución regional de la superficie (ha) plantada con frutales en Chile .....	26
3. Superficie (ha) plantada con uva de mesa por región .....	26
4. Literatura consultada.....	27
5. Documentación disponible y contactos.....	28

---



## SECCIÓN 1

# Resultados y lecciones aprendidas

El presente libro tiene el propósito de compartir con los actores del sector los resultados, experiencias y lecciones aprendidas sobre metodologías de evaluación de raíces para aumentar la competitividad de la uva de mesa en el país, a partir de un proyecto financiado por la Fundación para la Innovación Agraria, FIA.

Se espera que esta información, que se ha sistematizado en este “documento de aprendizaje”,<sup>1</sup> aporte a los interesados elementos que les permitan adoptar decisiones productivas y, potencialmente, desarrollar iniciativas relacionadas con este tema.

## ► 1. Antecedentes

---

Los análisis y resultados que se presentan en este documento han sido desarrollados a partir de las experiencias y lecciones aprendidas en la ejecución del proyecto (“proyecto precursor”<sup>2</sup>) “Desarrollo de un modelo del crecimiento y una metodología de evaluación de las raíces de la vid, a nivel de campo, como base para el incremento sustentable de la productividad de los parronales de uva de mesa”. El proyecto fue coordinado y ejecutado por Fernando Prohens Espinosa, en asociación con un grupo de productores de la zona norte y la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, en la III Región de Atacama (Copiapó y Huasco), entre diciembre de 2003 y octubre de 2006.

Su principal objetivo fue desarrollar estrategias de manejo para incrementar en forma sustentable la productividad de los parronales de uva de mesa, mediante el estudio, evaluación y promoción del crecimiento del sistema radical de la vid.

Chile lidera la producción de uva de mesa y además cuenta con una experiencia productiva de más de 30 años. Las dificultades técnicas que han enfrentado los productores de la III Región de Atacama los han llevado a incorporar nuevos manejos y tecnologías conducentes a un mayor posicionamiento de sus productos en el mercado. En este contexto, se ha transformado en una necesidad la incorporación de nuevas alternativas aplicables en el campo.

<sup>1</sup> “Documento de aprendizaje”: análisis de los resultados de iniciativas y proyectos con bajo potencial de aplicación inmediata por otros usuarios, pero con resultados valiosos y orientadores. Este documento con-signa las oportunidades y los desafíos pendientes por abordar, y/o las limitantes que quedan por superar en las opciones analizadas.

<sup>2</sup> “Proyecto precursor”: proyecto de innovación a escala piloto financiado e impulsado por FIA, cuyos resultados fueron evaluados a través de la metodología de valorización de resultados desarrollada por la Fundación, análisis que permite configurar este documento que se da a conocer. Los antecedentes del proyecto precursor se detallan en la Sección 2 de este documento.

Por otra parte, numerosos estudios han tratado de relacionar el potencial productivo de las vides con el desarrollo de la parte aérea de la planta (por ejemplo, el efecto del sombreado en ésta y las relaciones entre órganos fuente y sumideros, entre otros). Sin embargo, aunque se conoce la existencia de un equilibrio funcional entre la raíz y la parte aérea, en todos los estudios se ha dado importancia a esta última, más que al comportamiento de las raíces.

Una de las diferencias que han sido reportadas entre la vid y otros frutales, y que puede ser el origen de algunos problemas importantes en la primera etapa del desarrollo del brote, es el desacople entre el inicio del crecimiento del brote y de la raíz. Se estima que este comportamiento es producto de la relación entre la raíz y la temperatura, factor que estaría controlando el inicio y término del desarrollo anual del sistema radical.

Un factor que sería importante en el desarrollo de la vid corresponde al perfil térmico del suelo, además de otros factores relativos a la geografía del país, dada la diversidad de las condiciones climáticas existentes en las zonas productoras de uva de mesa en Chile.

Por otro lado, un mayor conocimiento del patrón de crecimiento de las raíces permitiría comprender la dinámica de los factores involucrados que inciden en el funcionamiento de la planta y, por ende, en los niveles productivos de las vides.

La capacidad de satisfacer las necesidades de nutrientes de las plantas requiere necesariamente, además de ciertas características químicas del suelo, de una óptima fertilización en el momento adecuado, para lo cual es necesario conocer el patrón de crecimiento de las raíces. Durante mucho tiempo existió un escaso conocimiento del crecimiento de las raíces y, como consecuencia, gran parte de los fertilizantes aplicados se perdían por lavado, con el consiguiente aumento de los costos y contaminación de las aguas subterráneas.

La producción de citoquininas es otro factor importante en el cual el crecimiento radical es crítico. Estas hormonas estimulan la división y el crecimiento celular y se sintetizan, principalmente, en la raíz, específicamente en la zona apical. Diversas investigaciones han demostrado la estrecha relación existente entre el número de puntas de raíces en crecimiento activo y el número final de hojas generadas, lo que sugiere que la continua producción radicular de citoquininas juega un rol fundamental en el crecimiento del brote.

Con relación a la actividad radical y su relación con el riego, se sabe que la distribución espacial de las raíces responde al volumen de suelo mojado por el sistema de riego localizado, el que aumenta la densidad radical y la eficiencia de extracción de agua y nutrientes. Además, influye directamente en la profundidad de enraizamiento y en su extensión horizontal hacia la entre hilera, generando una zona crítica con presencia de raíces que queda expuesta a un importante déficit hídrico temporal durante el año. El efecto de estrés generado puede afectar el crecimiento vegetativo y de la fruta, situación de fundamental importancia que se debe considerar.

Obviando el trascendente rol de las raíces en el almacenamiento de reservas, se ha planteado que su principal función es más operativa cuando el sistema radical presenta un crecimiento activo, lo que estaría estrechamente relacionado con un mayor potencial productivo de los parronales. Ello obliga a favorecer condiciones que promuevan la prolongación de su ciclo de crecimiento y ramificación en el suelo; sin embargo, en general esto no se ha considerado como una mejora del potencial de las vides debido, principalmente, al desconocimiento que existe respecto de este órgano en el ámbito de la producción de uva de mesa.

Conocer el patrón de crecimiento de las raíces durante el año permitiría hacer más eficiente el manejo de los parronales, ya que se podría contar con una herramienta para tomar decisiones respecto del





momento en que se deben aplicar los fertilizantes durante la temporada, o para entender la relación que existe entre el desarrollo vegetativo y el de la fruta con el crecimiento de la raíz, lo que permitiría obtener conclusiones más precisas para buscar un manejo óptimo de los parronales.

## ► 2. Objetivo del documento

---

Este documento se propone extraer y sistematizar, a partir de las experiencias y lecciones aprendidas en el proyecto precursor, los elementos que resultan claves para acondicionar la puesta en marcha y validar la aplicación de un modelo de crecimiento y una metodología de evaluación de raíces de vides, aplicados en el campo.

## ► 3. Caracterización de la situación de la uva de mesa

---

### 3.1 Superficie y variedades

---

Según el último Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007), Chile presenta una superficie plantada de frutales de 324.279 hectáreas distribuidas en 66 especies diferentes. Del total de especies, 20 concentran el 90% de la superficie plantada del país.

La uva de mesa sigue siendo el cultivo de mayor extensión en Chile, con alrededor de 62.411 ha, de las cuales, 53.085 están en plena producción (85%) y 9.326 en formación (15%).

Este cultivo se concentra entre la III Región de Atacama y la VI Región de O'Higgins (Cuadro 1).

CUADRO 1. **Distribución regional de la uva de mesa en Chile**

Región	Superficie (ha)	Participación (%)
Arica y Parinacota	1	0,00
Tarapacá	-	0,00
Antofagasta	4	0,01
Atacama	8.774	14,06
Coquimbo	10.888	17,45
Valparaíso	13.012	20,85
Metropolitana	12.451	19,95
O'Higgins	16.923	27,12
Maule	347	0,56
Biobío	5	0,01
La Araucanía	5	0,01
Los Ríos	-	0,00
Los Lagos	-	0,00
Aisén	1	0,00
Magallanes y Antártica	-	0,00
<b>Total</b>	<b>62.411</b>	<b>100</b>

Fuente: ODEPA, [en línea].

Al analizar la composición varietal se observa que sólo cuatro variedades se concentran en un 80% de la superficie: Thompson, Flame, Red Globe y Crimson (Cuadro 2).

CUADRO 2. **Participación de las principales variedades de uva de mesa en la superficie nacional**

Varietal	Superficie (ha)	Participación (%)
Thompson seedless	17.898	34,43
Flame seedless	9.646	18,55
Redglobe	8.534	16,41
Crimson seedless	5.476	10,53
Superior seedless	3.365	6,47
Ribier	1.254	2,41
Ruby seedless	1.145	2,20
Otras	4.673	8,99
<b>Total</b>	<b>51.991</b>	<b>100,00</b>

Fuente: ODEPA, [en línea].

Las regiones de Valparaíso y de O'Higgins concentran la mayor cantidad de huertos de uva de mesa en Chile, seguidas por las regiones Metropolitana y de Coquimbo. La distribución es bastante similar entre las regiones, con excepción de la del Maule que presenta una superficie muy acotada de este cultivo. Las variedades se distribuyen en diferentes proporciones según región (Cuadro 3).

**CUADRO 3. Distribución regional de las principales variedades de uva de mesa**

Variedad	Atacama	Coquimbo	Metrop.	Valparaíso	O'Higgins	Maule	Total
Thompson seedless	2.544,3	3.038,2	4.690,4	2.382,7	5.155,0	86,5	17.897,1
Flame seedless	1.842,5	2.416,4	1.232,0	2.531,1	1.475,2	149,2	9.646,4
Redglobe	1.491,5	2.134,0	1.444,9	1.810,0	1.587,7	66,2	8.534,3
Crimson seedless	87,7	900,3	1.354,9	1.188,9	1.928,4	16,2	5.476,4
Superior seedless	1.491,5	256,5	222,4	580,4	800,2	13,7	3.364,7
Ribier	-	87,9	263,5	319,5	521,3	61,8	1.254,0
Ruby seedless	-	7,3	119,5	461,1	557,2	-	1.145,1
Otras	1.316,0	857,4	693,7	1.106,1	645,6	54,7	4.673,5
<b>Total</b>	<b>8.773,6</b>	<b>9.698,0</b>	<b>10.021,3</b>	<b>10.379,8</b>	<b>12.670,6</b>	<b>448,3</b>	<b>51.991,6</b>

Fuente: ODEPA, [en línea] y Consultora ProKambium (com. pers.).

### 3.2 Situación actual del negocio de la uva de mesa

En los últimos años la rentabilidad del negocio en Chile se ha visto enfrentada a una fuerte reducción de sus márgenes y, en algunos casos, a pérdidas. Aunque las razones son múltiples, se pueden resumir en:

- mayores costos de producción (insumos, energía);
- mayor costo de mano de obra;
- tasa de cambio variable y baja en términos relativos;
- estancamiento de la productividad.

Según Madariaga (2008), destacan las siguientes razones que explican la disminución de las rentabilidades del negocio de la uva de mesa:

- depreciación mundial del dólar;
- considerable aumento del precio de los combustibles y sus derivados;
- escalada inflacionaria mundial;
- aumento considerable de los costos de producción debido, principalmente, a los siguientes factores.
  - Alzas en los costos de mano de obra sin aumento de productividad: la mano de obra ha aumentado, al menos, un 10% en su costo y su eficiencia no ha mejorado; al contrario, se presenta altamente móvil, con 40 h horas efectivas trabajadas a la semana (y se paga por 45).
  - Escasez de mano de obra: esta es una industria de alto requerimiento de mano de obra (50 a 60% de los costos; hasta cosecha aumenta a 60 - 70%).
  - Tipo de cambio desfavorable: los ítems pagados en pesos alcanzan el 60 a 70%, por lo menos. Un menor valor del dólar implica un aumento relativo de los costos de producción que se pagan en su mayoría en pesos.
  - Aumento de los costos de los insumos necesarios para producir: los fertilizantes han sufrido un alza promedio de 198% (80 - 340) y algunos pesticidas casi un 250%, especialmente algunos herbicidas e insecticidas que contienen fósforo como parte de su ingrediente activo. Los materiales de embalaje han subido, en promedio, 14%.
  - Aumento de los costos de energía: la energía se incrementó en 40% en promedio el último año.
  - Altas exigencias y restricciones laborales.
  - Aumento de las normativas internacionales: BPA, EurepGap, NTC, BRC, entre otros.

Achurra (2008) muestra con datos concretos el escenario actual de la uva de mesa, en términos de los ajustes drásticos de los márgenes que han llevado, incluso, a pérdidas importantes. En el Cuadro 4 se presentan datos correspondientes a la temporada 2007-2008 de Región de O'Higgins, aunque ilustran un panorama nacional que ciertamente muestra diferencias por zonas y variedades.

**CUADRO 4. Costos de producción promedio por caja de uva de mesa en la VI Región de O'Higgins, temporada 2007-2008**

Ítem	US\$/caja
Suelo (\$ 400.000 arriendo/ \$ 460 dólar/ 2.667 cajas producción)	0,33
Huerto	6,13
Frigorífico a puerto	3,12
Exportación	7,21
Amortización de la inversión inicial	0,81
Total	17,6

Fuente: Achurra (2008).

Si se analizan los precios promedio por caja (8,2 kg) para las fechas de liquidación de la temporada 2007-2008 (Región de O'Higgins) y su relación con los costos de producción y productividad (cajas exportadas por ha), se observa que, en general, todas las variedades con excepción de Crimson, tuvieron pérdidas, con el caso dramático de la principal variedad del país: Thompson Seedless (Cuadro 5).

**CUADRO 5. Resultado operacional de diferentes variedades en uva de mesa, en la VI Región de O'Higgins, temporada 2007-2008**

Ítem (US\$/caja)	VARIEDAD					
	Thompson	Ruby	Ribier	Red Globe	Superior	Crimson
Precio FOB	10,00	9,50	10,00	10,00	11,00	11,00
Comisión exportadora (8%)	0,80	0,76	0,80	0,80	0,88	0,88
Costo frigorífico a puerto	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12
Costo huerto	8,82	6,50	6,34	5,42	6,29	4,67
Costo arriendo suelo	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Costo amortización de la inversión inicial	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Utilidad / Pérdida	- 3,88	- 2,02	- 1,40	- 0,48	- 0,43	1,19
Cajas /ha	2.000	2.500	2.500	3.000	2.500	3.500
Resultado/ha	- 7.760	- 5.050	- 3.500	- 1.440	1.075	4.165

Fuente: Achurra (2008).

Aunque los precios no fueron buenos, no son tan diferentes de los históricos; el mayor problema en este resultado se refiere a los costos operacionales y los niveles productivos. Por ejemplo, la mano de obra aumentó casi un 30% durante dicho período (Cuadro 6).

**CUADRO 6. Comparación de los costos de mano de obra entre febrero de 2007 y de 2008, VI Región de O'Higgins**

Año	Costo jornada (\$)	Tasa de cambio (\$)	Costo jornada (US\$)	Variación (%)
2007	12.562	542,27	23	-
2008	14.029	467,22	30	29,6

Fuente: Achurra (2008).

Los fertilizantes también sufrieron un aumento importante, que en promedio superó el 30% (Cuadro 7). Cabe indicar que especialmente aquellos que contienen fósforo y cobre registraron niveles aún mayores.

**CUADRO 7. Comparación de los costos de fertilizantes entre febrero de 2007 y de 2008, VI Región de O'Higgins**

Año	Costo fertilizante (\$/ha)	Tasa de cambio (\$)	Costo fertilizante (US\$/ha)	Variación (%)
2007	232.460	542,27	429	-
2008	268.260	467,22	574	33,9

Fuente: Achurra (2008).

La energía utilizada para la impulsión del riego mostró una variación cercana al 70% (Cuadro 8). Cabe destacar que la mayoría de los parronales de uva de mesa en Chile presenta pendientes mínimas a moderadas, con excepciones en la zona norte. En el caso de los cultivos que se han establecido en laderas de cerros, como el emblemático caso de los paltos, el efecto de este ítem puede ser detrimental en los costos operacionales globales del cultivo.

**CUADRO 8. Comparación de los costos de la energía de riego entre febrero de 2007 y de 2008, VI Región de O'Higgins**

Año	Electricidad en riego (\$/ha)	Tasa de cambio (\$)	Costo electricidad en riego (US\$/ha)	Variación (%)
2007	82.177	542,27	152	-
2008	119.467	467,22	256	68,7

Fuente: Achurra (2008).

El valor del combustible también es importante ya que presentó un aumento cercano al 50% en dicho período (Cuadro 9).

**CUADRO 9. Comparación de los costos en petróleo entre febrero de 2007 y de 2008, VI Región de O'Higgins**

Año	Costo petróleo (\$/l)	Tasa de cambio (\$)	Costo petróleo (US \$/l)	Variación (%)
2007	312	542,27	1	-
2008	397	467,22	1	47,7

Fuente: Achurra (2008).

Aunque algunos temas coyunturales podrían explicar las tasas de aumento, así como las de cambio, en términos generales éstos no van a recuperar los valores alcanzados hace 10 años atrás (con las mismas productividades), sino probablemente aumenten o se mantengan.

El escenario más esperable es que los costos de producción no disminuirán y, por lo tanto, el negocio seguirá ajustándose; por ello, trabajar en los rendimientos y costos de producción es fundamental para la sustentabilidad del negocio.

Se estima que parte de las claves para sostener esta industria, al menos en términos de las acciones internas (huerto), pasan por:

- disminuir los costos de producción,
- aumentar la eficiencia de la mano de obra,
- mejorar los niveles productivos.

En este sentido, y sólo considerando la producción, los resultados actuales del negocio podrían mejorar con la incorporación de tecnología como maquinaria más eficiente, portainjertos superiores y variedades de mayor productividad, mejor adaptadas y menos demandantes de insumos, entre otras. Adicionalmente, no puede dejar de mencionarse mejorar la eficiencia de la mano de obra, como otro de los aspectos claves.

Es en este contexto, donde urge seguir mejorando la productividad de los huertos, que se inserta la herramienta considerada en el proyecto precursor. Su validación y puesta en marcha por los usuarios podría constituirse en un importante instrumento de diagnóstico y de gestión de los parronales, ya que se podría comprender mejor la dinámica de crecimiento de las raíces y su relación con el desarrollo aéreo, de tal manera de hacer un uso más eficiente tanto del riego (cuándo, cuánto y cómo), como de los fertilizantes (cuándo, cuánto), además de otras prácticas como la poda de raíces.

#### ► 4. Alcances y desafíos de la herramienta<sup>3</sup>

---

El proyecto precursor generó una base de datos y un mayor conocimiento de la dinámica de crecimiento de las raíces respecto de los siguientes aspectos:

- cuándo crecen,
- cómo se afectan por prácticas culturales (poda de raíces),
- cuál es su relación con un determinado régimen de riego,
- qué respuesta presentan frente a diferentes programas de fertilización y uso de bioestimulantes.

Los resultados se presentan en la sección 2, El proyecto precursor.

Sin embargo, el proyecto no logró generar información concluyente que correlacionara el crecimiento y desarrollo de la raíz con la parte aérea (hojas, ramas y producción), debido a que el tiempo necesario para el logro de los resultados propuestos es sustantivamente superior al estimado.

Un valioso aporte sería conocer cuál es el desarrollo de masa radicular que requiere un cierto índice de área foliar, que se traduzca en una determinada carga del parronal considerando: edad del parrón, variedad, suelo y portainjerto. Resultados de este tipo podrían determinar que se requiere un cierto crecimiento de masa raíz/unidad de tiempo, medido de una forma determinada (por ejemplo: a través de un rizotrón<sup>4</sup>), con determinadas unidades (por ejemplo: raicillas/m<sup>2</sup> de perfil), cuyo protocolo de manejo estaría dado por un régimen de riego A y una fertilización B. Estos mismos deberían ir acompañados de indicadores de efectividad medidos, por ejemplo, a través de análisis foliares.

Los desafíos se traducen fundamentalmente en tres aspectos:

- Validar la correlación efectiva entre el desarrollo y la dinámica radicular con los elementos de la parte aérea de la planta: follaje, ramaje, producción.
- Establecer parámetros de medición eficientes y de fácil aplicación.

<sup>3</sup> Como “herramienta” se considera el modelo de crecimiento y la metodología de evaluación de raíces en estudio.

<sup>4</sup> Rizotrón: cámara de observación de raíces (imagíne una gran ventana adosada completamente a una de las paredes del corte del terreno), no sólo es posible visualizar los perfiles del subsuelo de un determinado lugar, sino también, la forma en que penetra el agua de riego y cómo influye en el desarrollo de las raíces.



- El costo de la herramienta debe ser económica y funcional a fin de justificar su implementación.

Se requiere continuar los estudios y completarlos, de manera que permitan generar los resultados necesarios. Los estudios debieran enfocarse en diferentes variedades, en un suelo lo más homogéneo posible, a fin de identificar el efecto de diferentes texturas de suelo y posteriormente de diferentes portainjertos.

## ► 5. Claves de viabilidad

---

Una vez que se valide en su totalidad el Modelo de Crecimiento de Raíces en el campo, debiera tener como claves:

- **Asesoría técnica:** entrenar a los productores o técnicos de campo en el uso de la metodología.
- **Ajuste a cada condición:** el Modelo debe permitir que los usuarios sean capaces de hacer ajustes de acuerdo a su propia condición de cultivo, similar a una calibración.
- **Costo del uso:** el Modelo debe tener una operatoria simple y eficiente en términos de uso de recursos, especialmente humanos, de tal manera que los beneficios sean superiores a los costos.

## ▶ 6. Asuntos por resolver

---

Éstos se traducen, fundamentalmente, en el estudio de la correlación efectiva entre el desarrollo y la dinámica radicular, con los elementos de la parte aérea de la planta (follaje, ramaje y producción), a fin de generar un modelo validado de evaluación de desarrollo radicular aplicado.

Algunos elementos que se debieran considerar para avanzar en este propósito son:

- Obtener una correlación importante entre el crecimiento y el desarrollo radicular con los elementos señalados: follaje, ramaje, producción.
- Establecer los indicadores de correlación: raíz/follaje, raíz/ramaje, raíz/producción.
- Validar los indicadores en diferentes escenarios de suelo, edad, variedad y portainjerto.
- Establecer mecanismos prácticos y funcionales aplicables en el campo, a fin de medir el desarrollo radicular.
- Adaptar la interpretación de los resultados de la herramienta a diferentes manejos de huerto, de manera que se condigan con los resultados esperados de producción.



## SECCIÓN 2

# El proyecto precursor

## ► 1. El entorno económico y social

---

El proyecto precursor surgió relacionado con la producción de uva de mesa en la III Región de Atacama, la cual muestra una experiencia de muchos años en el cultivo de la especie.

El proyecto fue una respuesta a numerosos estudios realizados en el extranjero que valorizan el rol de las raíces en la producción de uvas, además del conocimiento de factores relacionados con daños a las plantas, como los nemátodos y la salinidad de los suelos. Es así como se realizaron estudios que analizaron el comportamiento de las raíces en la temporada y cómo los factores adversos las afectan. Además se introdujeron y adaptaron tecnologías de monitoreo de variables físicas como temperatura y humedad, que en la mayoría de los casos correspondieron a metodologías de campo.

## ► 2. El proyecto

---

El proyecto precursor fue ejecutado por Fernando Prohens Espinosa, en asociación con la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile y un conjunto de productores de uva de mesa de la Región de Atacama, entre diciembre de 2003 y octubre de 2006.

Su principal objetivo fue desarrollar estrategias de manejo para incrementar en forma sustentable la productividad de los parronales de uva de mesa, mediante el estudio, evaluación y promoción del crecimiento del sistema radical de la vid.

Para el cumplimiento del objetivo señalado se desarrollaron cuatro objetivos específicos, cuyos principales resultados se presentan a continuación.



## 2.1 Desarrollo de una estrategia de fertilización y de control de nemátodos

**Objetivo:** desarrollar una estrategia de fertilización y de control de nemátodos en función de los picos de crecimiento de las raíces.

Se determinaron las curvas de crecimiento de las raíces durante el año en diferentes variedades de uva de mesa; se priorizaron plantas de Thompson Seedless en plena producción, bajo dos condiciones de suelo:

- suelo liviano, con alto porcentaje de piedras y gravas, y bajo contenido de matriz de suelo;
- suelo franco, profundo, con bajo contenido de piedras o grava o sin ellas.

Se instalaron rizotrones en cada una de las variedades evaluadas (Thompson Seedless, Red Globe, Flame, Superior y Perlette); esta metodología permite estimar el crecimiento de las raíces, previa descripción detallada del suelo y de la parte aérea de la planta, además se lleva un registro del programa de riego y fertilización. En cada sitio se monitoreó la temperatura ambiental y la de suelo a diferentes profundidades, con el objetivo de determinar la relación entre dicho parámetro y el crecimiento de las raíces.

Para estudiar la biología de los nemátodos se tomaron muestras periódicas, a fin de asociar su presencia en el campo y la temperatura del suelo.

El patrón de crecimiento de las raíces de las variedades en estudio se determinó asociando su crecimiento con la temperatura del suelo. Sin embargo, y a diferencia de otros estudios internacionales, se determinó que bajo las condiciones dadas en la zona norte del país, específicamente temperatura adecuada durante casi todo el año, existen otros factores (portainjerto, variedad) y labores de manejo (largo de la poda, tasa de riego) que requieren ser estudiados ya que son críticos al momento de definir la tasa de crecimiento del sistema radical.

Adicionalmente, se observó que las raíces también crecen en invierno y no sólo en primavera y verano como se ha publicado; ello obliga a replantear el control de nemátodos, ya que las raíces permanecen desprotegidas del accionar de los nematicidas por largo tiempo (siete meses).

Se observó la tendencia a presentar dos picos en el crecimiento de las raíces, uno entre una y dos semanas después de floración (50% flor) y el segundo, posterior a la cosecha de la fruta. Sin embargo, la intensidad de crecimiento es diferente según el sector edafoclimático; por ejemplo, se observó crecimiento durante el invierno, principalmente bajo los 50 cm, lo que sería reflejo de las temperaturas registradas en el suelo, ya que al permanecer por sobre los 16 °C, hasta los 100 cm de profundidad, permiten un constante desarrollo radical.

Los resultados obtenidos relativos al patrón de crecimiento de las raíces de la vid permitieron entregar, a los productores, el conocimiento necesario para que sus programas de nutrición se ajusten a los momentos de mayor generación de raíces absorbentes. De la misma forma, se pueden identificar condiciones deficientes del sistema radical, e implementar los manejos adecuados necesarios como, por ejemplo, poda de raíces, uso de bioestimulantes, cambios en el criterio de riego y otros.

Aunque no fue posible asociar la biología y presencia de nemátodos con el desarrollo radical, probablemente debido a lo inexacto de las metodologías de evaluación, sí se evidenció que existe un amplio período del crecimiento de las raíces en que se encuentran expuestas al accionar de los nematicidas (parte de otoño y primavera, y todo el invierno). Cabe destacar que el hecho que

las raíces mantengan su crecimiento en invierno obliga a replantear las estrategias de control de nemátodos.

Se generaron curvas que relacionan el crecimiento de las raíces con la temperatura del suelo; sin embargo, para obtener un modelo definitivo se requiere estudiar detalladamente la incidencia de factores como el agua de riego, las condiciones físicas del suelo y la nutrición, entre otros.

## **2.2 Desarrollo de una metodología de evaluación del sistema radical**

---

**Objetivo:** desarrollar una metodología de evaluación del sistema radical como herramienta para la determinación y mejora del potencial productivo de los parrones.

Se evaluó el sistema radical de la variedad Thompson mediante cuatro metodologías citadas en la literatura. Se evaluó el crecimiento libre de nemátodos en dos tipos de suelos, de manera de determinar la eficiencia y correlaciones existentes entre los métodos. Las metodologías utilizadas fueron:

- método del barreno: se tomaron muestras a diferentes profundidades en los parronales;
- mapeo rápido: se realizó un croquis de las raíces considerando su ubicación en el perfil, zonas de concentración, tamaño y eventuales problemas;
- mapeo detallado: se registró en detalle la distribución y tamaño de las raíces expuestas en el perfil estudiado;
- método de los monolitos: se extrajeron cubos de suelo para luego separar las raíces y clasificarlas según su diámetro.

Mediante las cuatro metodologías utilizadas, se identificaron dos subcategorías de acuerdo a la información proporcionada. Con los resultados de ambos tipos de mapeos se obtuvo información relativa a la distribución y concentración de las raíces y se definió la predominancia de rangos de tamaño. Por otro lado, con el barreno y el monolito se extrajeron raíces y se obtuvo su peso fresco y seco, además de su longitud. Lo anterior permitió comparar los resultados obtenidos entre los mapeos, el barreno y monolito, para los distintos tipos de suelo.

Para el suelo liviano, los resultados obtenidos estuvieron condicionados por la presencia de material duro; así, las piedras fueron una seria limitante al momento de obtener las muestras, por lo que fue inviable la aplicación de los métodos del barreno y monolitos. Los métodos de mapeos fueron los únicos factibles de realizar en este tipo de suelo, ya que no se requiere la intervención física del perfil estudiado. Con el mapeo detallado se obtuvo una clara referencia de la distribución de las raíces en el perfil, y se diferenciaron claramente las zonas de concentración y los rangos de raíces dominantes. El mapeo rápido es una herramienta de baja precisión en sus resultados y no permite realizar un análisis cuantitativo de las observaciones, sino obtener una estimación de la cantidad de raíces y su distribución.

En cuanto a los resultados obtenidos en el suelo pesado, la aplicación del método de barreno y de monolitos no estuvo exenta de dificultades, aunque se obtuvieron muestras. Por el contrario, con el mapeo detallado se obtuvo una referencia clara de la distribución de las raíces en el perfil, y se diferenciaron las zonas de concentración y los rangos dominantes. Con el mapeo rápido, al igual que para el suelo liviano, sólo se obtuvo información que da una idea de la distribución de las raíces en el perfil de suelo, además de alguna información referente al tipo de raíces dominantes.

### 2.3 Desarrollo de un protocolo de observación de tres variables

---

**Objetivo:** desarrollar un protocolo práctico y objetivo de observación de la humedad, conductividad eléctrica y temperatura del suelo en calicatas, utilizando el instrumento “WET sensor” como apoyo a los programas de manejo del agua de riego.

Sobre la base de la observación tradicional que realiza el productor, que consiste en el uso de calicatas durante la temporada, paralelamente utilizando las mismas calicatas se realizó un seguimiento de la humedad, conductividad eléctrica y temperatura de suelo mediante el sensor WET.

Esta metodología permite realizar un seguimiento del comportamiento de la humedad y conductividad eléctrica y visualizar los sectores más críticos de los perfiles de suelo. Con ello se obtiene un mapa del movimiento del agua en el suelo, la profundidad alcanzada por los riegos y las zonas secas o compactadas, lo que permite corregir la programación del riego a fin de optimizar el procedimiento. Además se puede observar cuáles son las zonas de mayor concentración de sales y corregir el riego con el fin de mantener las sales alejadas de las raíces. El trabajo se realizó en todo el predio y se registró la información para diversas condiciones de suelo, topografía, variedades y salinidad.

Se realizó un seguimiento de la humedad y conductividad eléctrica del suelo, considerando dos manejos de riego de lavado de sales: riego por goteo y un sistema mixto de riego por goteo y por tendido, intercaladamente. Así, y luego de varias semanas, el contenido de sales bajó considerablemente en la zona de raíces.

Esta metodología permitió realizar un seguimiento del comportamiento de la humedad y conductividad eléctrica del suelo evaluadas bajo distintas metodologías de riego, lo que permite de manera práctica en el campo tomar decisiones de manejo del agua en el predio.

### 2.4 Validación del protocolo de evaluación del sistema radical

---

**Objetivo:** validar el protocolo de evaluación del tipo y calidad del sistema radical en ensayos dirigidos a mejorar el potencial productivo de los parrones.

Se evaluaron sectores con poda de raíces y tratamientos complementarios (guano, nematicidas y bioestimulantes radicales), además del efecto de diferentes sistemas de riego sobre el crecimiento de las raíces y el potencial productivo de las plantas.

Las evaluaciones efectuadas en el punto de corte de las raíces en la entre hilera mostraron un mayor desarrollo del sistema radical en las plantas que recibieron poda de raíces y algún tratamiento complementario, respecto las plantas sin intervenciones. Se evaluó el número total de raíces y se observó un aumento significativo cuando se incluyó, además de la poda, una aplicación de compost y fósforo. Por lo tanto, se determinó un efecto positivo de la poda de raíces sobre el desarrollo del sistema radical, que fue mayor cuando se aplicó fósforo (solución de ácido fosfórico); en este caso, se presentaron valores más altos de raíces nuevas (< 2 mm), lo que indica un mayor crecimiento activo del sistema radical.

Para las evaluaciones realizadas sobre la hilera, las plantas testigo mostraron una mayor concentración del crecimiento radical. Se observaron diferencias significativas para el parámetro índice de enraizamiento (IE); las plantas testigo mostraron los valores más altos que las diferenciaron de las del resto de los tratamientos. No se observaron diferencias significativas en el número de raíces totales, no obstante, las plantas testigo presentaron un mayor número en comparación con el resto de los tratamientos.



El análisis realizado en la zona de aplicación de guano y compost muestra que, bajo las condiciones en que se realizó el ensayo, en las plantas en que se aplicaron estos elementos no hubo un mayor desarrollo del sistema radical. Esto mostró que no hubo diferencias significativas entre las plantas tratadas con guano y las tratadas con compost, respecto de aquellas que no recibieron aplicación.

Además de la aplicación de tratamientos a las raíces, las plantas se sometieron a diferentes regímenes de riego con el fin de observar sus efectos sobre el crecimiento vegetativo y su relación con un cambio en el desarrollo del sistema radical. Se realizó un seguimiento a la distribución y contenido de la humedad en el perfil de suelo; se observó un mejor contenido y distribución de la humedad en los sectores regados con micro aspersores *versus* la utilización de goteros instalados de diferente manera (una y dos líneas, a diferentes alturas, con distintos caudales). Lo anterior también mostró un efecto positivo en el desarrollo aéreo de la planta, que fue evaluado con mediciones del área foliar y de su peso de poda.

En general, los tratamientos que presentaron una distribución más amplia de raíces en el perfil de suelo corresponden a la doble línea de goteros a nivel de suelo y al tratamiento con micro aspersión. La utilización de una línea casi en todos los casos presenta la distribución más pobre y centra el crecimiento alrededor del eje del tronco y con pocas raíces finas o muy finas en profundidad.

Para el rango de raíces medias y gruesas, los tratamientos con mayor concentración de raíces también fueron los de doble línea de goteros a nivel de suelo y micro aspersión; este último presentó una distribución más amplia de las raíces en el perfil estudiado.

Para el desarrollo aéreo de la planta, el mayor desarrollo foliar y peso de poda se produjo con la micro aspersión como sistema de riego.

### ▶ 3. Los productores hoy

---

El conocimiento generado por el proyecto precursor permitió vislumbrar, a los productores involucrados e industria local, la importancia de las raíces en el sistema productivo de las vides. Ello generó la creación de empresas comercializadoras de bioestimulantes para el sistema radical y de enmiendas orgánicas, además de equipos de evaluación “WET Sensor”, como consecuencia de la demanda de los productores por mayor tecnología para el manejo de campo y de alternativas para el desarrollo del crecimiento radicular. Se espera que en el largo plazo la mejora del sistema radical aumente el potencial productivo de las vides de la zona, aunque ello no fue un objetivo directo del proyecto.

## SECCIÓN 3

# El valor del proyecto

El proyecto precursor corresponde a uno de los primeros estudios avanzados que, de manera sistemática y mediante un programa integrado, evidenció la importancia de las raíces en la producción de uva de mesa de calidad.

Si bien ha existido un gran avance en el conocimiento del comportamiento de la parte aérea de las vides, muchos productores han encontrado la respuesta a las mejoras de los parronales en el adecuado manejo de diferentes factores que afectan el funcionamiento de las raíces, por lo que el monitoreo permanente de éstas se ha convertido en uno de los factores claves del éxito productivo. Sin embargo, esta actividad presenta varias desventajas para el productor, ya que la inspección de las raíces requiere de calicatas, las cuales además deben reflejar adecuadamente los sectores de suelo.

Gracias a los resultados obtenidos en el proyecto respecto del trabajo de observación del suelo, las raíces y los factores involucrados en su desarrollo, es posible que su análisis sea realizado de manera más objetiva, con criterios unificados y utilizando herramientas disponibles en el mercado. Como resultado, es factible hacer más eficiente el manejo de los parronales, producto de la mejora en la toma de decisiones en cuanto al momento óptimo de fertilización y aplicación de nematocidas, además de lograr un mayor entendimiento de la relación entre desarrollo vegetativo y de la fruta con el crecimiento de la raíz durante la temporada.

Nuevas metodologías de evaluación del sistema radicular, como herramientas para determinar y mejorar el potencial productivo de los parrones y su potencial aplicabilidad en otras regiones del país, generarían la posibilidad de desarrollar paquetes tecnológicos de producción, además de eventuales actividades de difusión y capacitación que abren una oportunidad importante para llevar a la práctica el conocimiento generado.

Aún existen desafíos técnicos que no fueron considerados en el proyecto precursor, como comprender la influencia de otras variables (riego, condición física del suelo, nutrición y otras) en el desarrollo de las raíces y posterior productividad de los parronales. Una vez resueltos, será posible aplicar este conocimiento de manera sistemática en los sistemas de producción de uva de mesa.





# Anexos

---

Anexo 1. Superficie nacional (ha) plantada con  
frutales

---

Anexo 2. Distribución regional de la superficie (ha)  
plantada con frutales en Chile

---

Anexo 3. Superficie (ha) plantada con uva de mesa  
por región

---

Anexo 4. Literatura consultada

---

Anexo 5. Documentación disponible y contactos

---



## ANEXO 1. Superficie nacional (ha) plantada con frutales

Especie	SUPERFICIE (ha)		
	En formación	En producción	Total
Uva de mesa	9.326	53.085	62.411
Palto	8.411	30.892	39.303
Manzano rojo	3.948	24.298	28.245
Olivo	6.858	9.662	16.520
Nogal	5.218	9.366	14.584
Cerezo	4.283	9.156	13.439
Ciruelo europeo (deshidratado)	5.087	7.016	12.103
Arándano	5.995	4.768	10.763
Duraznero tipo conservero	1.327	8.951	10.277
Kiwi	3.072	6.877	9.949
Naranja	1.788	7.443	9.231
Manzano verde	1.201	7.751	8.952
Limonero	872	6.984	7.856
Almendro	2.163	5.554	7.717
Frambuesa	698	6.853	7.550
Ciruelo japonés	772	6.083	6.855
Peral europeo	679	5.911	6.590
Duraznero consumo fresco	484	5.989	6.472
Nectarino (pelados)	576	4.735	5.311
Avellano europeo	2.276	2.851	5.127
Otros frutales**	4.239	30.765	35.004
<b>Total</b>	<b>69.269</b>	<b>254.988</b>	<b>324.257</b>

\*\* Se incluyen 15.662,32 ha de huertos caseros.

Fuente: Censo Agropecuario y Forestal de 2007 (INE, 2007).

## ANEXO 2. Distribución regional de la superficie (ha) plantada con frutales en Chile

Región	Superficie (ha)	Distribución (%)
Arica y Parinacota	1.828	0,56
Tarapacá	393	0,12
Antofagasta	152	0,05
Atacama	13.586	4,19
Coquimbo	31.740	9,79
Valparaíso	52.898	16,31
Metropolitana	53.019	16,35
O'Higgins	77.967	24,04
Maule	54.729	16,88
Biobío	12.773	3,94
La Araucanía	12.373	3,82
Los Ríos	5.034	1,55
Los Lagos	7.475	2,31
Aisén	280	0,09
Magallanes	9	0,00
<b>Total</b>	<b>324.257</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Censo Agropecuario y Forestal de 2007 (INE, 2007).

## ANEXO 3. Superficie (ha) plantada con uva de mesa por región

Región	Superficie (ha)	Distribución (%)
Arica y Parinacota	1	0,00
Tarapacá	0	0,00
Antofagasta	4	0,01
Atacama	8.774	14,06
Coquimbo	10.888	17,45
Valparaíso	13.012	20,85
Metropolitana	12.451	19,95
O'Higgins	16.923	27,12
Maule	347	0,56
Biobío	5	0,01
La Araucanía	5	0,01
Los Lagos	0	0,00
Aisén	1	0,00
Magallanes	0	0,00
Los Ríos	0	0,00
<b>Total</b>	<b>62.411</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Censo Agropecuario y Forestal de 2007 (INE, 2007).

## ANEXO 4. **Literatura consultada**

---

- Achurra, R.** 2008. Realidad productiva de la uva de mesa en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Seminario de Uva de Mesa. Asociación de Exportadores de Chile A.G. (ASOEX). Mayo.
- Böhm, W.** 1979. Methods of Studying Root Systems. Springer-Verlag. Berlín. 187 pp.
- Ibacache, A. y Lobato, A.** 1995. Períodos de crecimiento de raíces en vid. Revista Frutícola 16 (1):23-26.
- INE.** 2007. Censo Agropecuario y Forestal. Instituto Nacional de Estadísticas (INE). [En línea] <[http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/censos\\_agropecuarios/censo\\_agropecuario\\_07\\_comunas.php](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/censo_agropecuario_07_comunas.php)> [Consulta: junio, 2008].
- Madariaga, A.** 2008. Realidad productiva de la uva de mesa en la zona norte de Chile. IV Región. Seminario de Uva de Mesa. Asociación de Exportadores de Chile A.G. (ASOEX). 13-14 de mayo.
- ODEPA.** [En línea]. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). <<http://www.odepa.cl>> [Consulta: junio, 2008].

## ANEXO 5. Documentación disponible y contactos

---

La publicación *Resultados y Lecciones en Metodologías de Evaluación de Raíces de Vides en el Campo* se encuentra disponible a texto completo en el sitio de FIA en Internet ([www.fia.gob.cl](http://www.fia.gob.cl)), en la sección Banco de Negocios FIA.

El Banco de Negocios FIA se implementó durante el año 2008 y su objetivo es transferir un conjunto de opciones de proyectos y negocios factibles desde el punto de vista de su rentabilidad económica y viabilidad técnica, incluyendo además, información de los ámbitos de mercado, gestión y comercialización.

También incorpora el análisis de los resultados de iniciativas y proyectos con bajo potencial de aplicación inmediata por otros usuarios, aunque con resultados valiosos y orientadores, donde se consignan las oportunidades y las limitantes que quedan por superar en las opciones analizadas.

Este servicio técnico comercial es una instancia pionera en Chile, que se inserta en el trabajo que realiza la Fundación y está orientado a difundir y explotar los resultados valorizados de los proyectos que ha cofinanciado.

Para ingresar directamente a las publicaciones, siga los pasos que se detallan a continuación:

1º: entrar a <http://aplicaciones.fia.cl/valorizacion/home.aspx>

2º: en el menú (izquierda) seleccionar "Planes de negocio y modelos aprendidos-Documentos"

3º: seleccionar "Ver Todo"

4º: seleccionar "Ver Ficha"

5º y último: seleccionar "Documentos Asociados". Aquí se encuentran los libros y fichas correspondientes a cada plan de negocio o modelo aprendido.

En esta misma sección existe el campo "Precusores", que ofrece vínculos hacia los proyectos precursores que dieron origen a los documentos y que se encuentran en la base de datos de iniciativas apoyadas por FIA. Desde esta base de datos se accede a la ficha resumen de cada proyecto precursor, que contiene información adicional sobre éstos, y a los contactos de los ejecutores y profesionales participantes. Adicionalmente, esta ficha contiene un vínculo al SIG (Sistema de Información Geográfica) de FIA, para identificar con precisión la ubicación del proyecto en particular.

Toda esta documentación puede consultarse también en los Servicios de Información para la Innovación de FIA, ubicados en:

### **Centro de Documentación en Santiago**

Loreley 1582, La Reina, Santiago. Fono (2) 431 30 96

### **Centro de Documentación en Talca**

6 norte 770, Talca. Fono-fax (71) 218 408

### **Centro de Documentación en Temuco**

Bilbao 931, Temuco. Fono-fax (45) 743 348