



**Universidad de Chile**  
Facultad de Ciencias Agronómicas

## **Produciendo fruta en condiciones de suelos saturados y con bajo nivel de oxígeno: Una muerte lenta y silenciosa que solo la tecnología puede revertir**

**Callejas Rodrigo. Ing. Agr. Dr. sc. agr.**  
**Rioseco Maximiliano. Ing. Agr.**

### **Uso excesivo de agua de riego**

Basado en nuestros estudios, realizados en varias zonas productora de fruta del país (Callejas et al. 2012; Callejas et al. 2014a), se ha detectado un uso excesivo del recurso hídrico, condición que de acuerdo a la literatura podría afectar el crecimiento y desarrollo del sistema radical y con eso o en paralelo, aspectos fisiológicos fundamentales que pueden afectar la planta y su fruta (Karlen et al., 1983; Smith y Miller 1992; González et al.; 2006 Neira et al. 2015). Esta situación provocaría una muerte lenta y silenciosa del huerto o parronal, lo que se manifiesta por una pérdida paulatina del potencial productivo, peor calidad y condición de la fruta e incremento de los costos, desafío que solo la tecnología puede revertir.

**El uso excesivo de agua de riego provocaría una muerte lenta y silenciosa de las plantas, lo que se manifiesta por una pérdida paulatina del potencial productivo, peor calidad y condición de la fruta e incremento de los costos**

Esto solamente lo podemos señalar en la actualidad debido a la incorporación, en los últimos años, de nuevas tecnologías para el control del riego mediante sondas de capacitancia de lectura continua (Callejas et al., 2014b).

### **Agua de riego, suelo y oxígeno**

El exceso de agua de riego en el sistema radical (bulbo húmedo o de mojamiento) es culpable de condiciones de hipoxia y anoxia en plantas cultivadas. Esta situación afecta su crecimiento y desarrollo debido a que el oxígeno ( $O_2$ ) es un elemento vital para tales funciones (Hillel, 2003, Neira et al., 2015). Este cuadro se ve agravado por la presencia de suelos de texturas finas y compactados; situaciones comunes de encontrar en la zona productora de la IV, V, RM y VI regiones (Seguel, 2006).

Para un buen desarrollo de las plantas es requerido un adecuado balance hídrico en el suelo, permitiendo un óptimo intercambio gaseoso, es decir, la eliminación desde el suelo de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y etileno y el ingreso de  $O_2$  a su interior a través de macro y microporos (Horn y Smucker, 2005). Lamentablemente, la principal barrera para el transporte de gases en el suelo, lo que incluye al  $O_2$ , es el agua (Moldrup et al. 2000, Neale et al. 2000), alterándose este adecuado intercambio cuando los agricultores realizan riegos en exceso.

### **Efecto de bajos niveles de oxígeno en torno al sistema radical**

En general existe poca conciencia de los graves problemas que puede provocar la falta de

oxígeno en el suelo. Normalmente la preocupación de productores y asesores técnicos se centran en evitar cualquier condición de estrés hídrico por falta de agua de riego, pero en esta tarea y debido a los métodos subjetivos de control del riego que utilizan, terminan por mantener, en muchos de los casos, los suelos frecuentemente saturados.

Neira et al. (2015) plantean que la deficiencia de  $O_2$  en el suelo puede tener efectos negativos directos e indirectos sobre las plantas, lo que alteraría su normal desarrollo. Entre los efectos negativos directos, que provocan cambios metabólicos y promueven procesos fermentativos, se señalan:

**A)** Respiración de las plantas, disminuyendo la energía metabólica (ATP) y carbono, afectando drásticamente los procesos de crecimiento y formación de nuevos componentes vitales para las plantas (Taiz y Zeiger, 2010). A modo de ejemplo, es común observar parronales con alrededor de 7 años de edad (algunos años posterior a su entrada a plena producción) que muestran un pobre crecimiento vegetativo y que se han denominado “parrones en la UTI”, su fruta es de pobre calidad y normalmente terminan por ser replantados.

**B)** Alteración de la absorción de agua (Taiz y Zeiger, 2010), mostrando síntomas las plantas como si estuvieran bajo estrés hídrico por falta de agua. En la práctica, se ha registrado esta condición a través de la evaluación del potencial hídrico xilemático. Frente a esta situación, que podría estar acompañada por un exceso de etileno (ver más adelante), se enfrenta el problema incrementando el volumen de agua a través del riego, creyendo equivocadamente que están solucionando el problema.

**C)** Absorción de nutrientes (Drew, 1997; Stevens y Prior, 1994), limitando el acceso de N, P y Ca.

Entre los efectos indirectos, se mencionan:

**A)** Generación de compuesto tóxicos para las plantas a partir de la materia orgánica, tales como etileno, ácidos fenólicos y ácido acético (Hillel, 2003; Lal y Shukla, 2004).

**B)** Incremento de la solubilidad del carbonato de calcio, afectando la solubilidad del Fe induciendo clorosis férrica.

**C)** Reducción de Mn, incrementándose en la planta a niveles fitotóxicos (Taylor y Ascroft, 1972) y que es posible de constatar en la actualidad en los análisis foliares de parronales.

**D)** Descomposición anaeróbica de materia orgánica, incrementando los niveles de amonio (Lal y Shulka, 2004), así como metano ( $CH_4$ ) y ácido sulfídrico ( $H_2S$ ).

Adicionalmente, la literatura señala que el exceso de agua interfiere el normal comportamiento del etileno en el suelo por falta de  $O_2$ , provocando el bloqueo del paso de 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) a etileno, produciéndose la absorción de ACC por las raíces, el cual migra a la parte aérea y en presencia de  $O_2$  se transforma en etileno en las hojas y probablemente en los frutos, provocando colores amarillos y epinastia (Malladi y Burns, 2007). En esta misma línea, Salazar (2015) señala que también se incrementarían los niveles de ácido abscísico (ABA), hormona involucrada en el cierre estomático y disminución de la transpiración de las plantas y que normalmente se asociaba a estrés hídrico por falta de agua de riego.

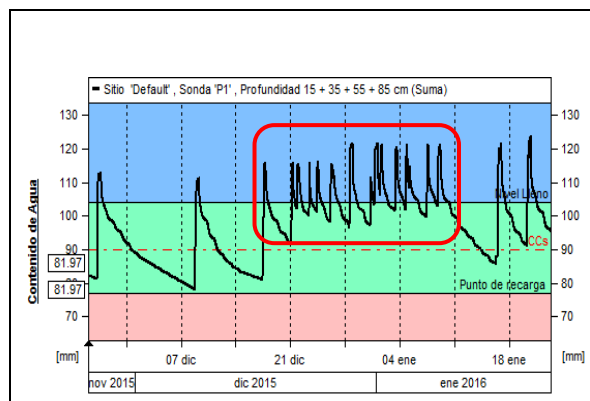
Finalmente, el exceso de agua de riego y por ende los bajos niveles de oxígeno provoca menor presencia de raíces en el bulbo de riego, malformaciones o destrucción de las mismas, afectando en forma categórica el crecimiento

aéreo y el potencial productivo (Callejas et al. 2012).

## Antecedentes de la condición hídrica del suelo durante la temporada: El origen del problema

A continuación se presentarán antecedentes que permiten entender el problema del punto de vista práctico y que estaría generando los graves problemas que se mencionaron, debido a las condiciones de hipoxia y anoxias reiteradas en los huertos frutales y parronales.

**1) Efecto tamaño de fruto o calibre de exportación.** Obtener grandes rendimientos y sobre todo, el factor “Tamaño de Fruto” o la obtención de grandes calibres como factor diferenciador del precio, ha sido una de las principales causas. A través del tiempo, se ha instaurado que para evitar la generación de los problemas antes mencionados, por ningún motivo se debe tolerar el estrés hídrico, confundiendo esta situación con cualquier nivel de contenido de agua en el suelo por debajo de Capacidad de Campo (CC). Como la decisión del riego depende de evaluaciones subjetivas y realizadas al tacto (con la mano), asesores técnicos y productores consideran óptimo el contenido de agua cuando “**el suelo está húmedo (sic)**”, sin embargo, evaluaciones objetivas con instrumentos (sondas de capacitancia de lectura continua y discontinua) muestra que esa condición es equivalente a tener contenidos de agua en el suelo entre CC y saturación, condición clara y reiterada de hipoxia y anoxia. Esto se ve corroborado con un sin número de estudios (Callejas, 2014a; Callejas et al., 2014b) donde se ha constatado un 120 a 160% más de agua de riego, sobre todo entre los estados fenológicos de crecimiento de la fruta y cosecha (**Figura 1**).

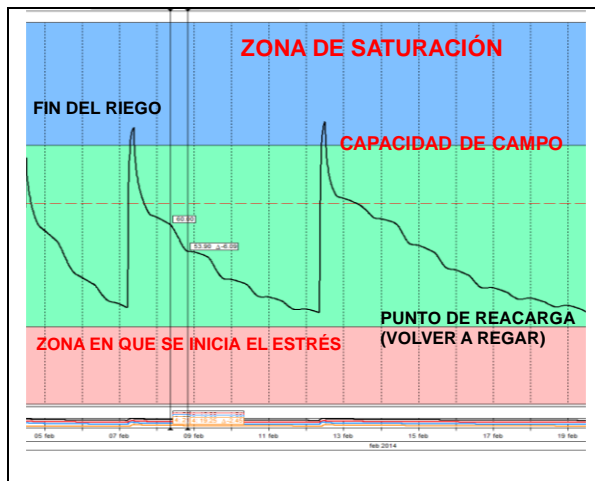


**Figura 1.** Muestra gráfica (Irrimax®) de la evolución del contenido de agua en un suelo de un parronal de uva de mesa, zona central de Chile. Iniciándose el crecimiento de la fruta, el criterio de riego es mantener saturado el suelo creyendo que es lo óptimo, supuestamente para no generar fruta de bajo calibre, generando condiciones de hipoxia y anoxia.

**2) Ineficientes metodologías para la toma de decisión de cuando regar (definición del tiempo y la frecuencia del riego).** Una de las áreas más atrasadas del punto de vista del avance tecnológico en el manejo de frutales, tenía relación con la inexistencia de metodologías eficientes para determinar los tiempos y frecuencias de riego o paquetes tecnológicos validados en la práctica, eso quiere decir, con éxito comercial y no solamente teóricos o en investigaciones controladas. En la actualidad, se estima que el 90% de los productores no usa nada o emplea la observación subjetiva de una calicata, mediante el tacto y la vista (Callejas et al, 2014b), siendo uno de las causas más importante que ha llevado a generar la problemática antes expuesta.

A pesar que lo presentado en la **Figura 2** permite un óptimo balance entre agua y oxígeno, y no difícil de aplicar en el campo, la situación sigue

siendo la que se puede observar en la **Figura 1**, lo que se presenta en la gran mayoría de los equipos que se instalan en terreno y para varios tipo de frutales.



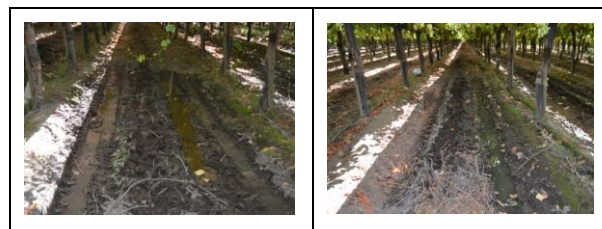
**Figura 2.** Muestra gráfica (Irrimax®) de la evolución óptima del contenido de agua en un suelo. Existe una zona óptima de balance entre agua y oxígeno en el suelo, demarcada por la zona verde.

Tal como se señaló anteriormente y a modo de ejemplo para parronales, una vez cuajada la uva se genera una histeria colectiva, cayendo en la aplicación de grandes volúmenes de agua de riego producto del aumento de la frecuencia (3 a 4 veces a la semana) y tiempo de riego (12 a 18 hr por riego, con precipitaciones del equipo de riego de entre 1 a 2,6 mm/hr), saltándose y olvidándose de todos los fundamentos fisiológicos y de riego que se han generado por años de estudio e investigación.

Al momento de justificar los riegos sobre suelo saturado, las explicaciones son inentendibles, señalando que el nuevo riego permitirá introducir  $O_2$  renovado, no considerando que la difusión de gases en el agua es casi 104 veces menor que en el aire (Moldrup et al. 2000) y que una buena condición de suelo para el óptimo desarrollo de la planta requiere de valores de entre 15 a 20% de  $O_2$ , la eliminación de  $CO_2$  a la atmósfera de manera de mantener niveles

menores a 0,037%, así como de otros elemento nocivos (Ej. etileno, metano, etc.).

Un punto negativo adicional del empleo de esta técnica de manejo, es la generación de pozas de agua en la entre hilera del parronal (**Figura 3**), las que crecen y se mantiene más allá de la cosecha por el paso del tractor y la maquinaria, cambiando el microclima bajo el parronal y exponiendo a la fruta colgada a una mayor presión de Botrytis y con eso, incrementado la pérdida de la calidad y condición de la fruta durante el proceso de exportación.

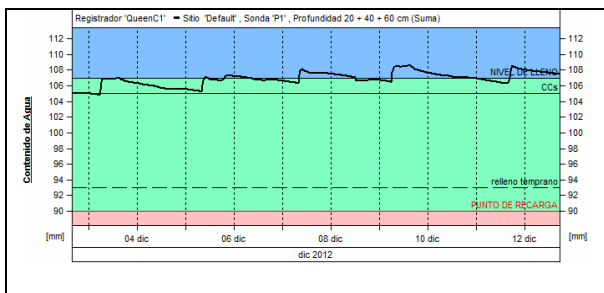


**Figura 3.** Típica condición cercano a la cosecha en parronales de uva de mesa con grandes pozas de agua, regados en forma ineficientes.

Este cuadro se agrava en el tiempo por la desaparición de las raíces en el bulbo de mojamiento (bulbo humectado) (Callejas et al., 2012), lugar que ha permanecido más tiempo en condiciones de hipoxia y anoxia, constatándose solamente pocas raíces en mayores profundidades en texturas gruesas, zona donde lamentablemente baja naturalmente la concentración de  $O_2$  y sube la de  $CO_2$  (Taboada y Álvarez, 2008; Lal y Shukla, 2004) y muchas veces hacia sectores laterales (sector de entre hilera), probablemente donde existe un mejor balance de agua y  $O_2$ . Sin embargo, para reponer el agua en esos sectores se requiere regar con mayores volúmenes de agua (incremento de tiempos y frecuencia de riego), afectando aún más las condiciones del bulbo central, sobre todo los primeros 50 cm de profundidad de suelo. Al respecto y totalmente validado por la literatura, el uso de sondas ha permitido observar que la mayor actividad de la

raíces (consumo de agua) se presenta en los primeros 50 a 70 cm de profundidad, sí y solo sí, se respeta un óptimo balance de agua y oxígeno.

En la **Figura 4** se muestra el típico comportamiento de un parronal, evaluado con sondas de capacitancia, sin las raíces requeridas en el bulbo de riego.

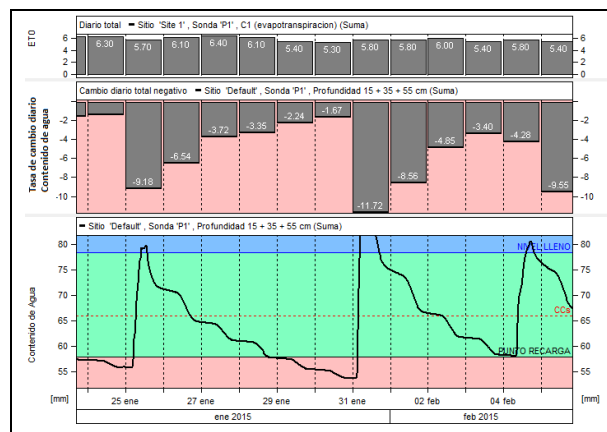


**Figura 4. Típica condición de parronales sin raíces predominantes en el bulbo de riego. Se observa baja extracción de agua a pesar de la alta demanda atmosférica. Comparar con la Figura 2.**

Normalmente cuando se ha planteado, como equipo de trabajo, **que el exceso de agua de riego o falta de oxígeno puede ser en la actualidad el principal candidato de la generación de los problemas de productividad, calidad y condición de la fruta producida y exportada**, surgen dudas entre los especialistas dado que no pueden entender por qué durante tanto tiempo se ha regado en forma tan ineficiente. La única respuesta es que solamente desde hace 5 años tenemos la posibilidad técnica y comercial de usar sondas de capacitancia de lectura continua que permiten medir en tiempo real el contenido de agua del suelo. Como se ha mencionado, antes de esto, los métodos para definir el riego eran a) Riego usando calicata, con observación visual y al tacto. Método subjetivo, sin la posibilidad clara de definir tiempo y frecuencia de riego y b) Riego usando la evapotranspiración de cultivo (ETc). Método usado por muy pocos productores, que según la teoría es lo mejor, pero claramente en la práctica solamente permite hacer una aproximación al volumen de agua a regar

semanalmente, con un método confuso de aproximación al tiempo y la frecuencia de riego. Adicionalmente, no hay estaciones meteorológicas en todos lados, muchas no funcionan en forma óptima y no hay un adecuado ajuste del coeficiente de cultivo (Kc) según cobertura vegetal. Esto explicaría en la práctica de porqué es normal encontrar volúmenes 130 a 160% más alto respecto de un parronal donde el uso de sondas ya es parte del sistema productivo.

El problema debe abordarse necesariamente usando tecnología, dado que permite tener un control real y objetivo del contenido de agua de riego en el suelo, registrar el déficit y observar el inicio del estrés, manifestados por la mayor dificultad de extracción de agua desde el suelo por la planta, lo que se manifiesta por una menor tasa diaria de déficit de agua en el suelo en respuesta a una misma evapotranspiración (ETo), **Figura 5.**



**Figura 5. Gráfico múltiple. Panel superior: ETo (demanda atmosférica). Panel medio: Tasa de cambio diario del contenido de agua en el suelo. Panel inferior: Contenido de agua en el suelo y su extracción por parte de la planta. Se observa cómo bajo una ETo similar, las tasas de cambio diario del contenido de agua van disminuyendo en la medida que el contenido de agua en el suelo se acerca al Punto de Recarga (periodo entre el 28 y 31 de enero).**

## Conclusiones

Es importante reiterar que la tecnología está desmantelando los mitos y subjetividades en el



manejo del riego en los frutales, permitiendo ahorrar agua de riego, energía eléctrica en riegos tecnificados, fertilizantes, mantener por más tiempo las plantas en buenas condiciones productivas y sobre todo, generar fruta de mejor calidad y condición.

## Literatura

Callejas R., E. Rojo, C. Benavides y E. Kania. 2012. Crecimiento y distribución de raíces y su relación con el potencial productivo de parrales de vides de mesa. *Agrociencia* 46: 23-35.

Callejas, R., M. Benavente, B. Toro y C. Peppi. 2013. Adaptación de la poda y ajuste de carga para maximizar los rendimientos de uva de mesa. *Rev. Fca. Uncuyo* 45(2): 129-139.

Callejas, R., J. Vera, M. Rioseco, F. Prohens, H. Osorio, P. Pino, J. Navarrete y R. Gálvez. 2014a. Generación e integración de tecnologías destinada al ahorro de agua de riego en dos regiones productoras de fruta en Chile. *Aqua-LAC - Vol. 6 - No 2 - Set. 2014*. pp. 71 – 83.

Callejas, R., Vera, J., Kremer, C., Covarrubias, J., Benavides, C. y M. Rioseco. 2014b. Riego de precisión en frutales con sensores de suelo. *Universidad de Chile, Serie Ciencias Agronómicas* Nº 23, 2014. 112p.

Christensen, L. and F. Swanson. 1974. Waterberry studies in table grapes – 1974, Report of Research for Fresh Table Grapes, 1974-75. 3:9 pp. California Table Grape Comm., Fresno (march, 1975)

Christensen, L. and J. Boggero. 1985. A study of mineral nutrition relationships of waterberry in Thompson Seedless. *Am. J. Enol. Vitic.* 36:57-64.

Fregoni M. 2005. *Viticultura di Qualità. Seconda Edizione*. OIV. 819 p.

Gil, G. 2000. *Fruticultura. La producción de fruta, fruta de climas templados y subtropicales y uva para vino*. Colec.

Agrc., Fac. Agron. Ing. For. y Ser. Invest. Edic. Unive. Católica, Santiago. Chile.

González M. G; G. Moreno; E. B. Giardina y M. Di Miroci. (2006). Exceso de agua en el suelo: Efecto sobre la calidad del fruto del duraznero *Prunus Persica* (L.) Batsch. *Ci. Suelo* 24 (1) 1-5.

Hifny, H. und G. Alleweldt. 1972. Untersuchungen zur Stielhähme der Rebe. I. Die Symptomatologie der Krankheit. *Vitis* 10, 298-313.

Hillel, D. 2003. *Introduction to Environmental Soil Physics*. Elsevier Academic Press, San Diego, California, USA.

Horn, R. and A. Smucker. 2005. Structure formation and its consequences for gas and water transport in unsaturated arable and forest soils. *Soil and Tillage Reserach* 82:5-14.

INDAP. 2007. Región de Coquimbo. Estrategias regionales de competitividad por rubro uva de mesa. [http://www.indap.gob.cl/extras/estrategias-por-rubro-2007/coquimbo/aeaa1cf0UvadeMesa\\_IV%20R\\_EstrategiasRegionaesXRubro.pdf](http://www.indap.gob.cl/extras/estrategias-por-rubro-2007/coquimbo/aeaa1cf0UvadeMesa_IV%20R_EstrategiasRegionaesXRubro.pdf).

Jackson, D. 1991. Environmental and hormonal effects on development of early bunch stem necrosis. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol 42, Nº 4; 290-294

Karlen, D.L., R.E. Sojka and M.L. Robbins. 1983. Influence of excess soil wáter and n rates on leaf diffusive resistance and storage quality of tomato fruit. *Soil Science and Plant Analysis* 14, 8:699-708.

Keller M. and Koblet W. 1995. Stress-induced development of inflorescence necrosis and bunch-stem necrosis in *Vitis vinifera* L .in response to environmental and nutritional effects. *Vitis* 34 (3), 145-150.

Mundoagro. 2015. La hora de la verdad. Una alternativa al sistema para mejorar la competitividad de la uva de mesa. *Revista Mundoagro* nº 64: 12-17.

Moldrup, P. T. Olesen, J. Gamst, P. Schjonning, T. Yamaguchi and D. Rolston. 2000. Predicting the gas

diffusion coefficient in repacked soil: water-induced linear reduction model. *Soil Science Society of America Journal* 64:1588-1594.

Neale, N., Hughes and C. Ward. 2000. Impacts of unsaturated zone properties on oxygen transport and aquifer reaeration. *Ground Water* 38:784-794.

Neira, J., M. Ortiz, L. Morales y E. Acevedo. 2015. Oxygen diffusion in soil: Understanding the factors and processes needed for modeling. *Chilean Journal of Agricultural Research* 75:35-44.

Odepa – Indap. 2005. Documento de trabajo N° 9. Agricultura chilena: Características sociales de los productores según tipología, sexo y localización geográfica. Santiago, Chile. Ministerio de Agricultura. 109 p.

Perez, J. y L. Gaete. 1986. Efecto del microclima luminoso sobre la calidad de la uva Sultanina en sistema de parronal español. II. Desgrane, palo negro y pudrición gris. *Ciencia e Investigación Agraria*. Vol. 13, n° 2, 113-120.

Ruiz R., S. Moyano y T. Navia. 2004. Acumulación de compuestos nitrogenados en relación al problema de baya blanda en uva de mesa. *Agric. Téc.* v.64 n.4

Seguel, O. y R. Horn. 2006. Structure properties and pore dynamics in aggregate beds due to wetting–drying cycles. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 169:221 – 232.

Smith, G.S. and S.A. Miller. 1992. Effect of root anoxia on the physiology of kiwi fruit vines. II International Symposium on Kiwifruit. *Acta Hortic.* 297. 53.

Sociedad Nacional de Agricultura (SNA). 2013. La demanda mundial por uva de mesa sigue en alza. *Revista El Campesino* V 144, n° 3, 41-44.

Stellwaag-kittler, F.. 1968. Die Stiellähme der Trauben, eine Begleiterin des modernen Weinbaus. *Dt. Weinbaujahr* 143-149

Taiz, L. And E. Zeiger. 2010. *Plant physiology*. 5th ed. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA.

Theiler, R. and B. Coombe 1985. Influence of berry growth and growth regulators on the development of grape peduncles in *Vitis vinifera* L. *Vitis* 24, 1-11.

## Autores

	<p><b>Rodrigo Callejas R. Dr.</b> Es Profesor de la Universidad de Chile y Director del Centro de Transferencia Tecnológica e Investigación Aplicada UCHILECREA</p>
	<p><b>Maximiliano Rioseco Ing. Agr.</b> Es coordinador general de UCHILECREA, especialista en tecnologías.</p>

Agradecimiento: proyecto FIC-R Coquimbo "INNOVACIÓN PARA UN USO EFICIENTE DEL AGUA Y LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA PRODUCCIÓN DE UVA PISQUERA" código BIP 30137738-0.



