

# ANALISIS DE CASOS DE FITOMONITOREO EN VID Y DURAZNERO

Dr. Igor Sachs e Ing. Esteban Fiori [estebanfiori@speedy.com.ar](mailto:estebanfiori@speedy.com.ar)  
Tecno-Riego Tunuyán Mendoza - Argentina

## **Resumen**

El presente trabajo presenta tres análisis de casos que muestran las ventajas de monitorear la evolución de los cultivos y al mismo tiempo registrar las variables edáficas y climáticas. Los tres casos analizados -dos en vid y uno en duraznero- se llevaron a cabo en Mendoza Argentina y han permitido registrar la variación del diámetro de tronco y del crecimiento del fruto para relacionarlos con las estrategias del manejo del riego y la influencia que tienen eventos naturales (viento zonda) sobre la planta. Esto puede ayudar a mejorar las estrategias de riego y sus impactos sobre el cultivo.

**Palabra Clave:** sensores de humedad, sistemas de fitomonitorio, eficiencia de uso del agua.

## **1.- INTRODUCCIÓN**

Se realizaron tres experiencias con el sistema de fitomonitorio: dos en vid (2007/2008) y una en duraznero (2006/2007). El sistema de fitomonitorio consiste en colocar sensores para medir la planta y relacionarlos luego con sensores para medir la humedad de suelo y el clima. De estaciones meteorológicas cercanas se obtuvieron los datos de temperatura y humedad del aire, radiación solar, velocidad y dirección del viento y las precipitaciones.

## **2.- OBJETIVO**

El objetivo de las experiencias fue la medición de la variación del diámetro de tronco y del crecimiento del fruto para relacionarlos con las estrategias del manejo del riego y la influencia que tienen eventos naturales (viento zonda) sobre la planta.

## **3.- MATERIALES Y MÉTODOS**

Los sensores de tronco, fruto y humedad de suelo están conectados a un datalogger para el almacenamiento de datos y una antena con sistema de transmisión de datos por radio. Los datos son recibidos en una base colocada en la oficina. Esta base se conecta a una PC con el software Phytograph para la visualización e interpretación de los datos. Pueden ser subidos a Internet para ser vistos desde lugares remotos.

Los sensores fueron seteados para registrar datos cada una hora.

En vid se instaló en fincas de Agrelo (Luján de Cuyo - Mendoza) y en Barrancas (Maipú - Mendoza). En durazno en finca de Villa Seca (Tunuyán - Mendoza).

### 3.1- SENSOR DE FRUTO

El sensor de fruto utilizado fue el RS-FI-SR (foto 1) y RS-FI-LAR. Poseen una bobina para la medición.

Características técnicas del sensor de la baya:

Rango de medición: 3 - 30 mm

Resolución: 0.01mm

Características técnicas del sensor del durazno:

Rango de medición: 30 - 140 mm

Resolución: 0.1mm

Foto 1: Sensor de diámetro de baya en vid, variedad Malbec, Agrelo



### 3.2- SENSOR DE VARIACIÓN DEL DIÁMETRO DE TRONCO

El dendrómetro utilizado en vid fue el RS-SD-6R (foto 2) y en durazno el RS-DE-1R. Poseen una bobina para la medición.

Características técnicas del sensor de tronco de la vid:

Rango de medición: 0 - 5 mm

Resolución: 0.005mm

Rango del diámetro de tronco: 2 – 7 cm

Características técnicas del sensor de tronco del durazno:

Rango de medición: 0 – 10 mm

Resolución: 0.005mm

Rango del diámetro de tronco: mayor a 5 cm

Foto 2: Dendrómetro en vid, variedad Malbec, Agrelo



### 3.3- SENSOR DE HUMEDAD DE SUELO

El sensor utilizado fue el RSD-SMS-2R (fotos 3 y 4), tanto en vid como en durazno. Es un sensor capacitivo.

Características técnicas del sensor de humedad de suelo:  
Rango de medición: 0 a 100% VWC en suelos minerales  
Resolución: 0.001 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> VWC en suelos minerales  
Precisión: al menos 0.003 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> en todos los suelos

Foto 3: Sensor de humedad de suelo, vid, Malbec, Agrelo



Foto 4: Sensor de humedad de suelo, vid, Cabernet Sauvignon, Barrancas



Foto 5: Vista general de la estación de Fitomonitorio en vid, Malbec, Agrelo



Foto 6: Vista general de la estación de Fitomonitorio en vid, Cabernet Sauvignon



### 3.4- SENSORES ESTACIÓN METEOROLÓGICA

La siguiente tabla presenta los sensores de la estación meteorológica instalada.

**Tabla 1: sensores de la estación meteorológica usada**

Temperatura del Aire		Unidad de medida: Grados centígrados (°C). Rango de operación: -50 a +80 °C. Resolución: 0,01 °C
Pluviómetro		Unidad de medida: Milímetros (mm). Rango de operación: sin límites. Área de boca: 500 cm <sup>2</sup> . Resolución: 0,2 mm. Incertidumbre: + 0,2 mm
Radiación Global		Tipo de sensor: termoelemento. Respuesta espectral: 0,3 a 3,5 mm. Resolución: 5 Wm <sup>-2</sup> para irradiación, 1 MJm <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> para exposición
Humedad Relativa		Unidad de medida: % HR. Rango de operación: 0 a 100 % HR. Resolución: 1%.
Radiación Neta		Campo de Medida: -300 a 1.300 W/m <sup>2</sup> Espectro: 0.3 a 60 um
Dirección y Velocidad de Viento		Unidad de medida: metro por seg. (ms <sup>-1</sup> ) Rango de operación: 0 - 50 ms <sup>-1</sup> . Sensibilidad: 0,25 ms <sup>-1</sup> Unidad de medida: grados (°). Rango de medición: 0 a 360°. Resolución: 5°.

Disposición de sensores en una Estación Meteorológica:

A 10 mts de altura: dirección y velocidad de viento.

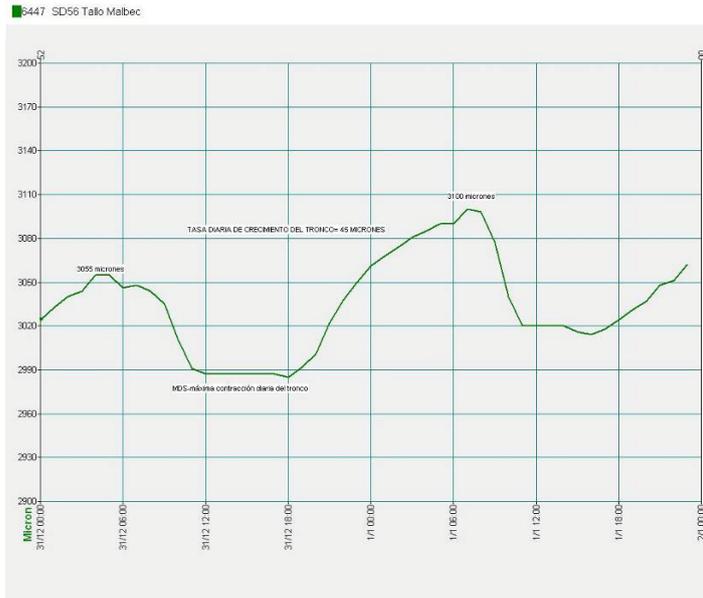
A 1.80 mts de altura: hojas mojadas, radiación, temperatura del aire, humedad relativa.

A 1.5 mts de altura: pluviómetro.

## 4.- RESULTADOS

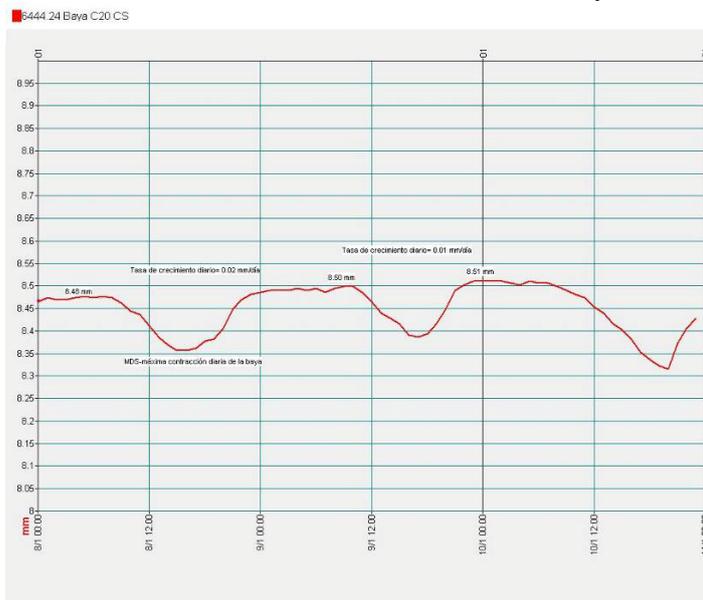
En el Gráfico 1 se puede observar la variación diaria del diámetro de tronco en vid. Se puede calcular la tasa diaria de crecimiento entre dos picos de la curva.

Gráfico 1: Tasa de crecimiento diaria del tronco vid, Malbec



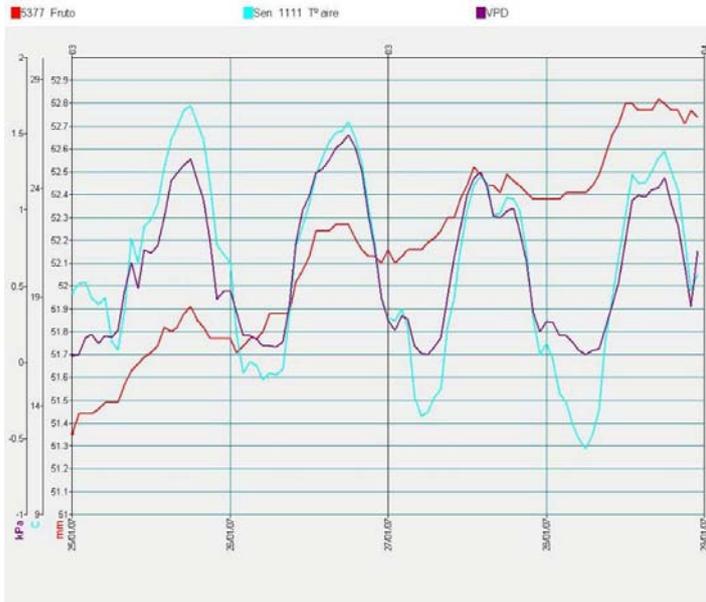
En el gráfico siguiente, Gráfico 2, se puede observar la variación del diámetro de baya en vid, Cabernet Sauvignon.

Gráfico 2: Tasa de crecimiento diaria de la baya en vid, Cabernet Sauvignon



En el Gráfico 3 se observa el crecimiento del durazno. Se incluyó también la temperatura y el VPD (déficit de presión de vapor). El VPD se calcula con la temperatura y humedad relativa del aire. Es notable el sincronismo entre las curvas del fruto y las de temperatura y VPD.

Gráfico 3: Variación del diámetro del durazno, temperatura del aire y VPD

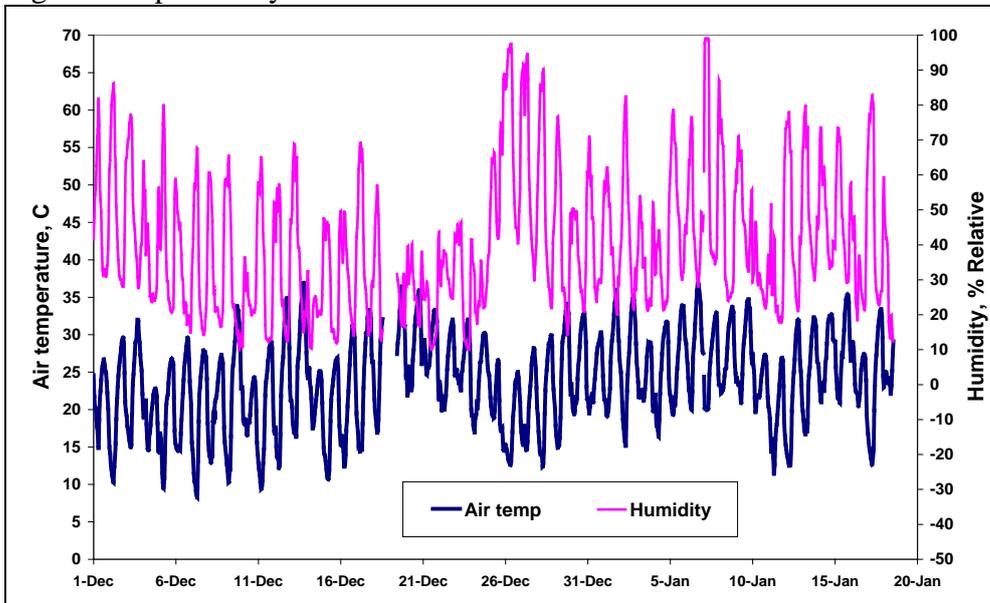


#### 4.1.- ANÁLISIS CASO VID

##### 1. Condiciones climáticas.

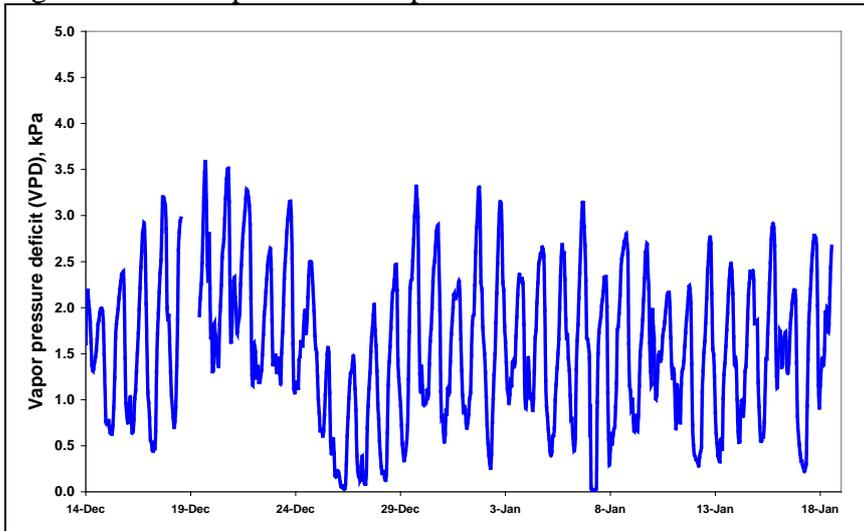
El clima es muy seco. La temperatura del aire no excede los 35°C. Sin embargo la humedad del aire es muy baja, en la noche puede caer a 40-50 %, y de día a 12-15 %. (Fig. 1).

Fig. 1. Temperatura y humedad del aire



Esto define un alto VPD nocturno, llegando a 1-1.5 kPa (en lugar de 0-0.2 kPa normal en las noches). En la mayoría de los casos las condiciones climáticas crean una dificultad para la planta.

Fig. 2. Déficit de presión de Vapor

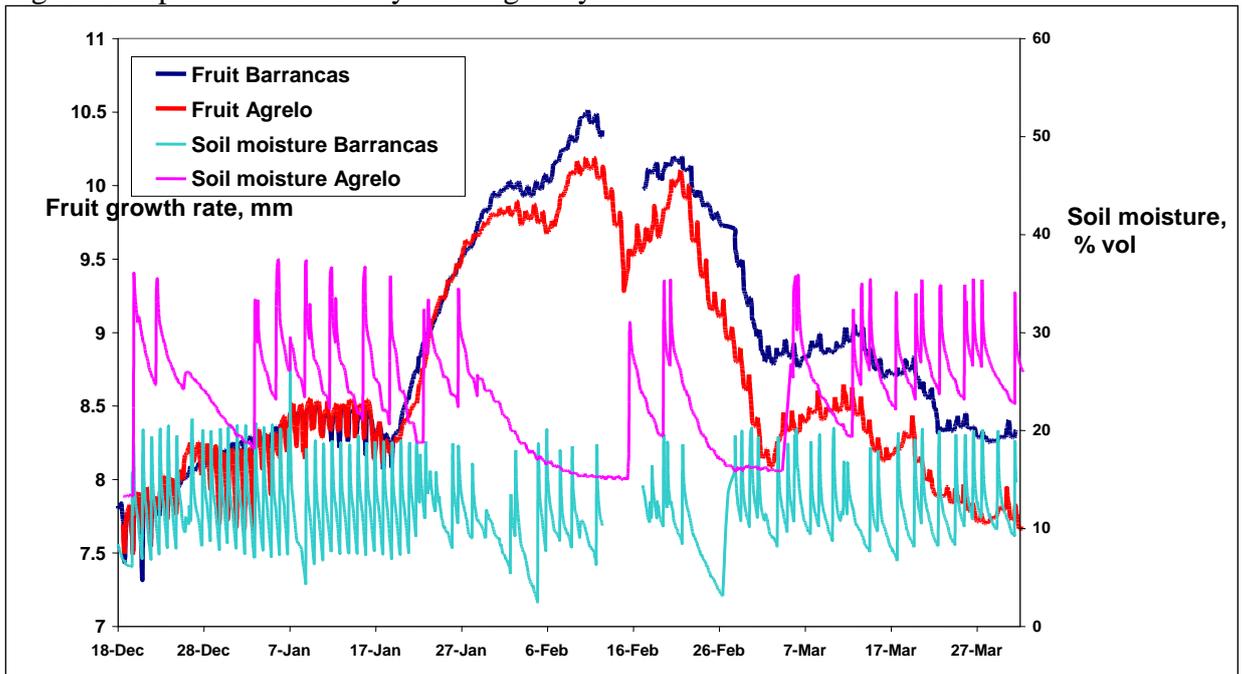


## 2. Comportamiento de la Planta

Los datos que recibimos de ambas fincas con la variedad Malbec en Agrelo y Cabernet Sauvignon en Barrancas, son únicos. Tal sincronismo del comportamiento de la baya es simplemente sorprendente a pesar de la distancia de varias decenas de km, con suelos tan distintos y un manejo de riego diferente, (Fig. 3).

Primeramente se observan dos períodos: un período de bajo crecimiento de la baya hasta el 19 de Enero con altos valores de DCA (amplitud de contracción diaria) y el segundo período después del 19 de Enero con una alta tasa de crecimiento de la baya (Fig. 3). Tales cambios del comportamiento de la baya están conectados con la transición de una etapa fisiológica a la próxima de la baya. Según nuestros datos, tal transición es posible de una etapa de envero a una etapa de postenvero cuando el cambio de color de la baya denota el comienzo de la etapa de maduración.

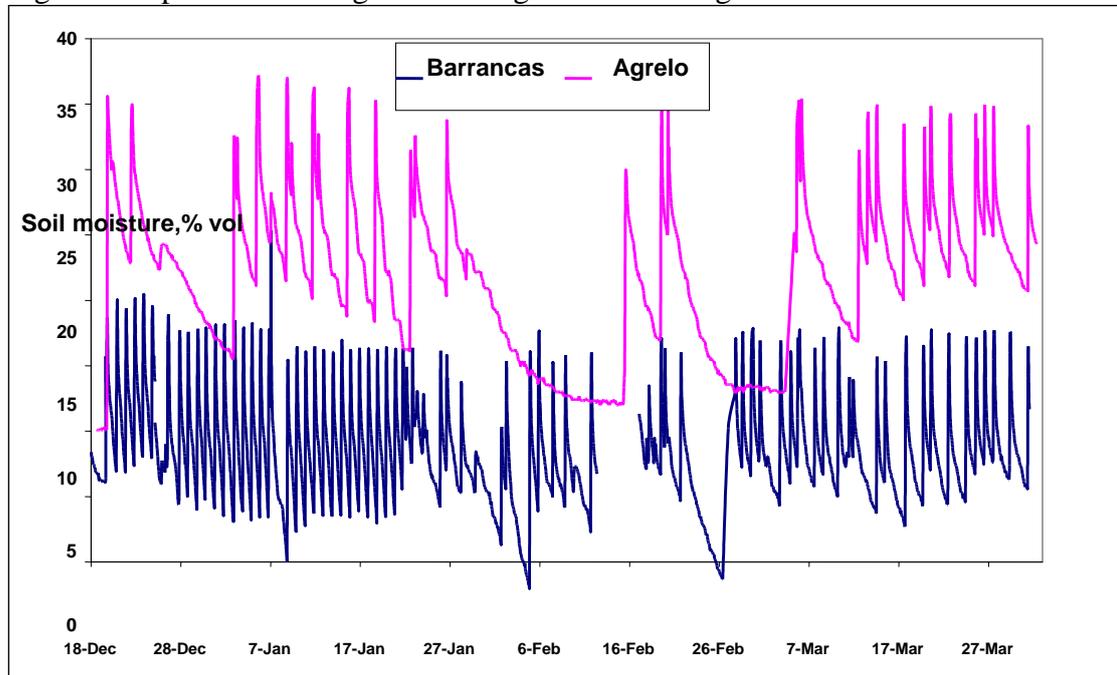
Fig. 3. Comportamiento de bayas en Agrelo y Barrancas



### 3. Riego.

La irrigación se realiza en los dos casos por goteo. Es distinta de acuerdo a las diferencias en las condiciones del suelo: En Barrancas son suelos livianos con arena y piedras, mientras que en Agrelo son de estructura pesada, de este modo la humedad de suelo difiere fuertemente uno de otro, en Barrancas la misma desciende rápidamente después de la irrigación al 6-7 %, por esta causa es aplicada diariamente (Fig. 4). En Agrelo la irrigación es aplicada aproximadamente dos veces por semana, aquí la humedad de suelo varía del 20-36 %. De este modo es posible hablar acerca de una estrategia de no-stress en ambos casos hasta el 19 de Enero. Un intento de crear condiciones de stress se ha llevado a cabo después del 19 de Enero. En Agrelo la irrigación fue parada, en Barrancas el intervalo de irrigación pasó a 2-3 días. También de la Fig. 4 sigue que el intervalo entre irrigación no fue uniforme, fue de varios días llegando a dos semanas.

Fig. 4. Comparación del régimen de riego en los dos lugares.



No se observan diferencias cardinales de comportamiento de las bayas en los dos lugares, sin embargo si analizamos períodos cortos podemos ver los cambios en la condición de stress de la planta.

### 4. La planta y la condición de stress.

El indicador básico del status de agua en la planta es la tasa de crecimiento de la baya y el DCA (amplitud de contracción diaria). Si bien la tasa de crecimiento del fruto esta más conectada con leyes generales del comportamiento de la planta y sus fases de desarrollo, la contracción diaria del fruto (así como del tallo) está más caracterizada con el estado corriente de la planta y los criterios de stress. En la Fig. 5 la correlación del comportamiento de las bayas en las dos situaciones es resultado de: que en Barrancas la irrigación es regular y prácticamente diaria y en Agrelo es irregular y con grandes intervalos entre riegos. Es netamente visible que la tasa de crecimiento de las bayas y la contracción diaria de los mismos difiere

significativamente entre los dos lugares. En Agrelo con un intervalo en la irrigación desde 22.12.07 al 2.01.08 (12 días) la baya contrae diariamente cerca de 0.5 mm (un poco elevado para nuestro concepto). En el mismo tiempo la contracción en Barrancas esta prácticamente ausente. También la baya en Agrelo pasó a una etapa de crecimiento negativo, mientras que en Barrancas la baya continuó creciendo. El riego en Agrelo del 2/01/08 ha reducido la contracción diaria de 0.5 mm a 0.26 mm. La reducción de la contracción diaria de la baya denota una condición de stress permanente de la planta.

### 5. Conclusiones

Del material disponible se puede concluir que la planta de Agrelo está en permanente stress, y la planta de Barrancas no entrega pruebas de déficit de agua.

La irrigación en uvas para vino asume la creación de stress artificial en el período de postenvero. Hasta cuando se puede profundizar el stress de agua se sabrá solamente luego con la calidad de uva y vino obtenidos.

Fig. 5. Tasa de crecimiento y contracción diaria de la baya en los dos lugares.

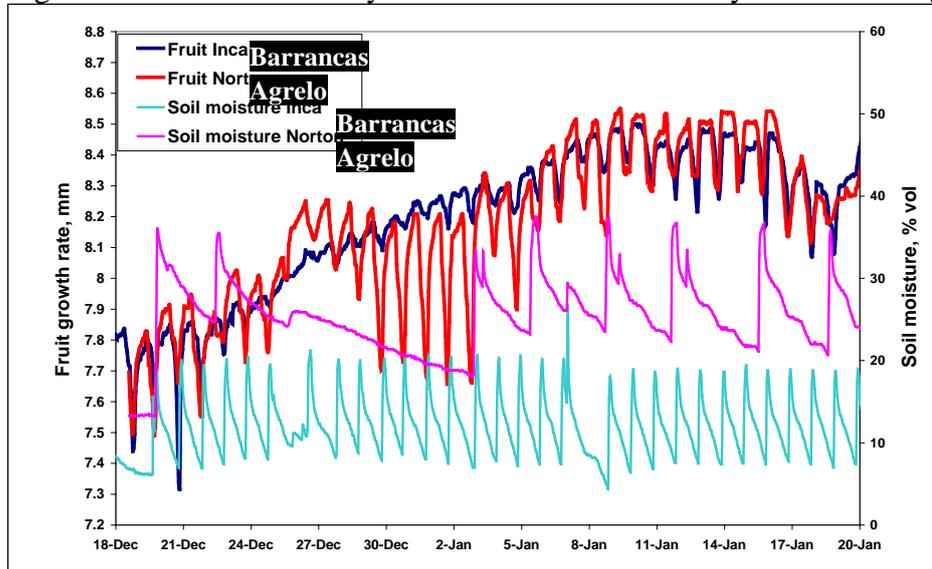
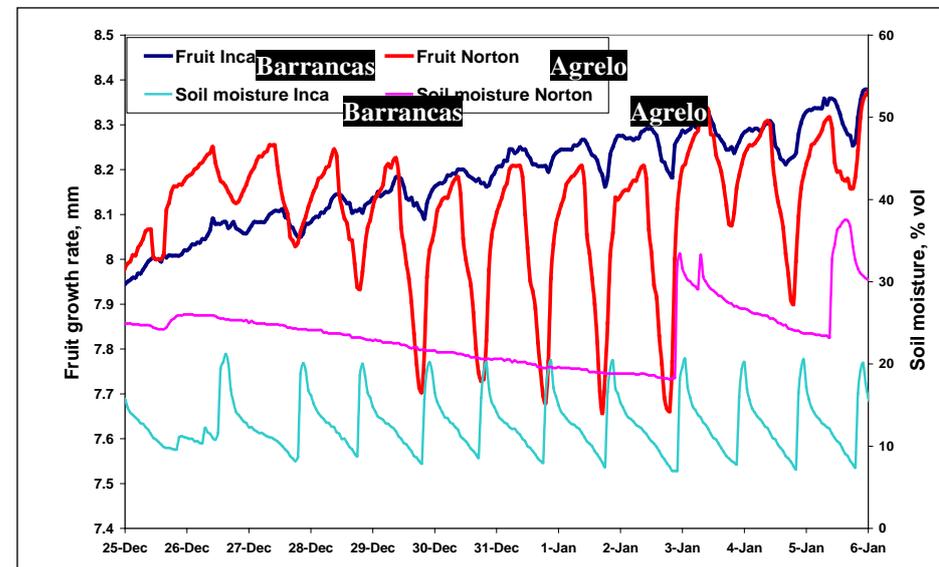


Fig. 6. Desarrollo del stress en Agrelo durante 12 días sin irrigación.



## 4.2.- ANÁLISIS CASO DURAZNO

En la campaña 2006/07 se instaló a modo de ensayo un sistema de fitomonitorio en una finca ubicada en Villa Seca, Tunuyán.

El sistema consistió en la colocación de tres sensores: un dendrómetro, un medidor de diámetro de fruto y un sensor de humedad de suelo. Los datos meteorológicos se obtenían de una estación meteorológica cercana.

El sistema de riego es por microaspersión, microaspersores autocompensados, Supernet, de 50 l/h colocados uno por planta.

### 1. Frecuencia de riego.

Con una frecuencia de riego de 5 días, se observa al 5to. día una disminución del diámetro de tronco y el mantenimiento de la tasa de crecimiento del fruto (Fig. 7).

Fig. 7: Frecuencia de riego



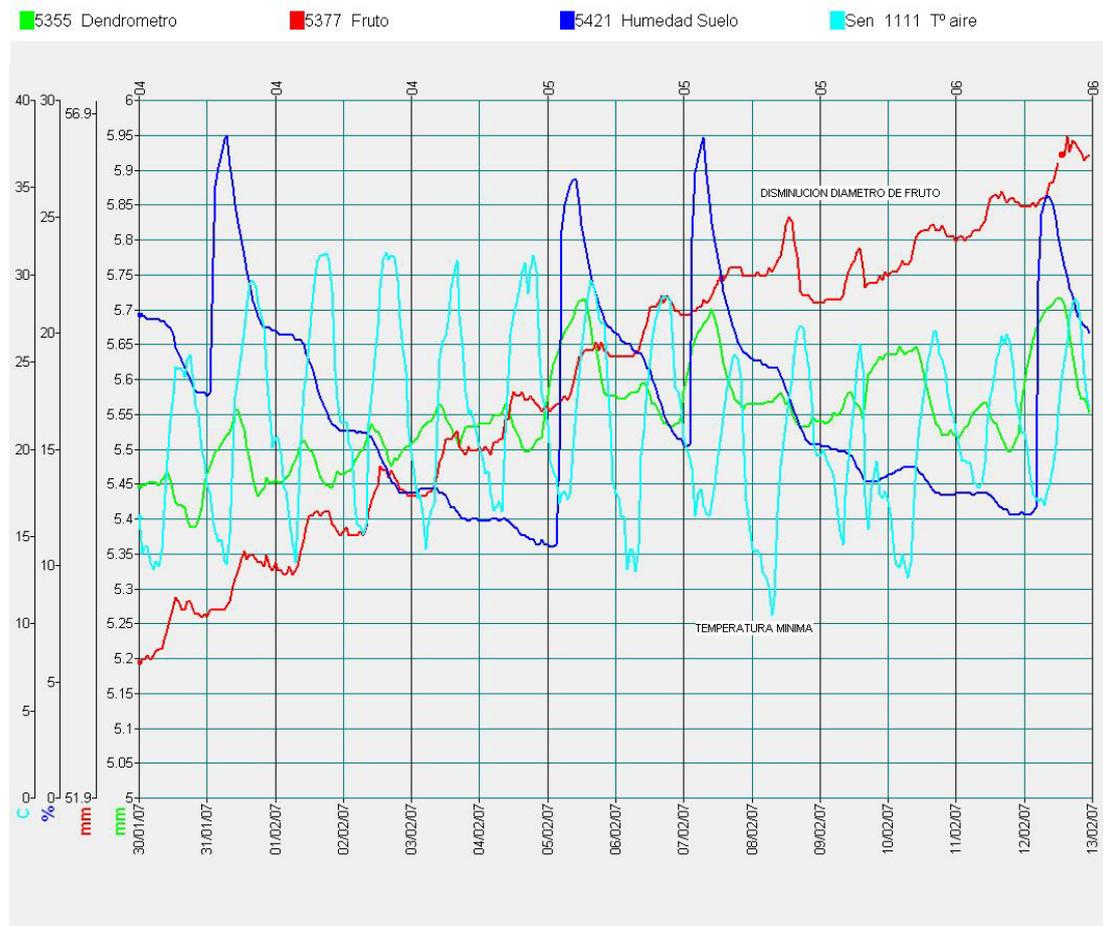
### 2. Disminución ocasional del diámetro del fruto.

El 09/02/07 se observa una disminución del diámetro del fruto ocurrida en un día. (Fig. 8). Se consultaron los registros de humedad de suelo de años anteriores

para la misma fecha y no se encontró mayor diferencia. La humedad del suelo no explicó esta variación.

Se colocó en el gráfico la curva de la temperatura y se observó la disminución de las temperaturas máximas y mínimas. La máxima pasó de 31°C a 25 °C y la mínima llegó a los 10°C. La variación de la temperatura posiblemente explique el motivo de este fenómeno.

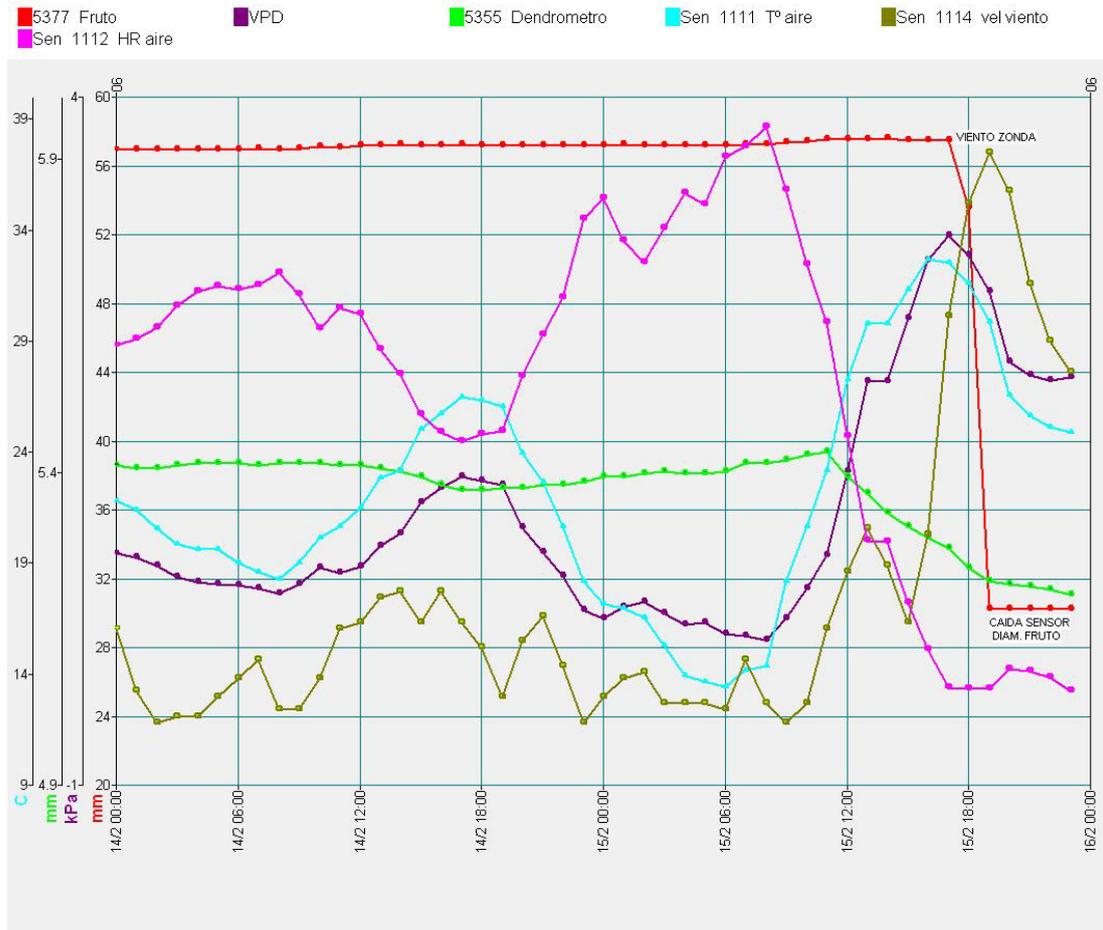
Fig. 8: Disminución del diámetro del fruto



### 3. Influencia del viento zonda.

El 15/02/07 ocurre el fenómeno del viento zonda (Fig. 9). En el gráfico se ve la disminución brusca de la humedad del aire, el aumento de la velocidad del viento y el incremento también del VPD (déficit de la presión de vapor). Antes de la caída del sensor del diámetro de fruto se puede observar la brusca disminución del diámetro de fruto. El diámetro de tronco también desciende abruptamente.

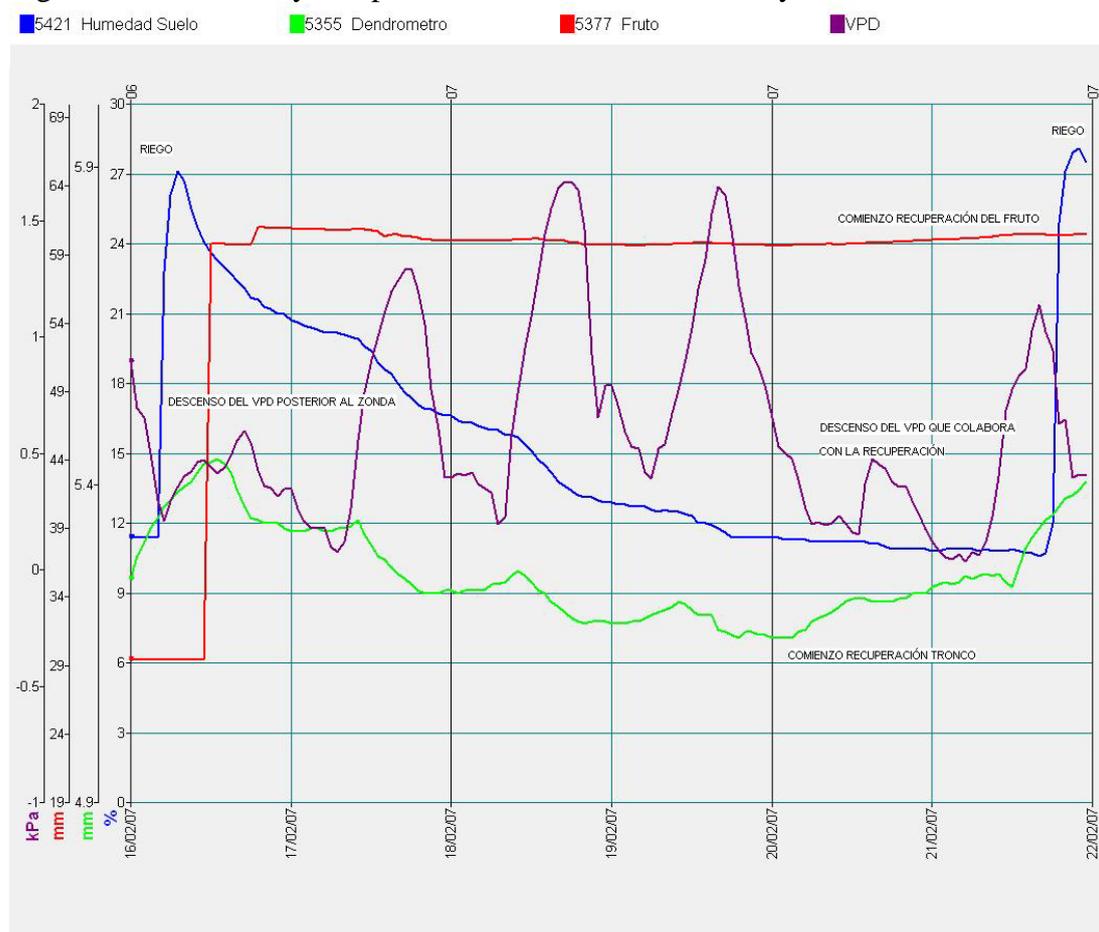
Fig. 9: Disminución del diámetro del fruto con el viento zonda



En la Fig. 10 se observa el aumento de la humedad del suelo debido al riego posterior al viento zonda. No obstante la buena humedad del suelo, la disminución del diámetro de fruto en los días siguientes al viento zonda es marcada.

Debido a que el zonda provocó la caída del sensor, el diámetro del fruto cambia ya que se colocó nuevamente en otra parte del mismo fruto. No se pudo colocar exactamente en el mismo lugar por la presencia de nuevas ramas y de la cercanía del fruto vecino.

Fig. 10: Disminución y recuperación del diámetro del fruto y tronco



La técnica del fitomonitorio es una herramienta que permite un seguimiento permanente del cultivo. Se puede elaborar una estrategia de riego e ir luego ajustando. Se pueden cambiar las láminas o frecuencia de riego y observar como resulta afectado el cultivo.

Con el uso, a través de los años, se obtiene la “historia clínica” que permitirá luego ir mejorando paulatinamente, repetir aciertos y corregir errores. Por ejemplo, observando la tasa de crecimiento del fruto, se la podrá comparar con años anteriores, y corregir a tiempo si es necesario. Permite detectar problemas, dándonos oportunidad de solucionarlos en el transcurso de la temporada.

La toma de datos de los sensores realizada de manera automática simplifica la tarea y elimina errores. En poco tiempo se puede observar y analizar la evolución del cultivo.

## BIBLIOGRAFÍA

Archer P., Cohen M., Ameglio T., Valancogne C. and Anton A., 2001. Trunk diameter variations in relation to walnut water potential. *Acta Horticulturae*. 562: 47-53

- Cochard H., Forestier S. and Ameglio T., 2001. A new validation of the Scholander pressure chamber technique based on stem diameter variations. *Journal of Experimental Botany*. 52(359): 1361-1365.
- Cohen M., Goldhamer D., Fereres E., Girona J. and Mata M., 2001. Assessment of each tree responses to irrigation water deficits with continuous monitoring of trunk diameter fluctuations. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 76: 55-60.
- Goldhamer D.A. and Fereres E., 2001a. Irrigation scheduling protocols using continuously recorded trunk diameter measurements. *Irrigation Science*. 20: 115-125.
- Goldhamer, D.A. and Fereres, E., 2003. Validation of irrigation scheduling protocols using trunk diameter sensors on almond trees. Submitted for publication in *Acta Horticulturae*. Presented on the 4th International Symposium on Irrigation of Horticulture Crops. Sep. 1-4, 2003, Davis, CA.
- Klepper B., Browning V.D. and Taylor H.M., 1971. Stem diameter in relation to plant water status. *Plant Physiology*. 48: 683-685.
- Kopyt M. and Ton Y., 2002. Application of the Phytomonitoring Technique to Israeli wine-Growing in 2001. Summary Report. Phytech. Ltd. Yad-Mordehai. Israel. 19.
- Kopyt M. and Ton Y., 2002. Application Wine-Growing in 2001. Summary Report. <http://www.phytech.co.il/contact.html>
- Kopyt M. and Ton Y., 2003. Application Wine-Growing in 2002. Summary Report. <http://www.phytech.co.il/contact.html>
- Lee B.W. and Shin J.H., 1998. Optimal irrigation management system of greenhouse tomato based on stem diameter and transpiration monitoring. *Agricultural information technology in Asia and Oceania. The Asian federation for information technology in agriculture*: 87-90.
- McCarthy M. G., 1993. Deficit irrigation experiment bearing results. *The Australian grapegrower and Winemaker*. 359: 75-77.
- Michelakis N., 1997. Daily stem radius variations as indicator to optimize olive tree irrigation scheduling. *Acta Horticulturae*. 449: 297-304.
- Naor A. and Cohen S., 2003. Sensitivity and variability of maximum trunk shrinkage, midday stem water potential, and transpiration rate in response to withholding irrigation from field grown apple trees. *Hortscience* 38(4): 547-551.
- Selles G. and Berger A., 1990. Physiological indicators of plant water status as criteria for irrigation scheduling. *Acta Horticulturae*. 278: 87-100.
- Selles G., Ferreyra R. and Silva R., 2003. Physiological indicators of plant water status as criteria for irrigation scheduling in table grapes cv. Crimson Seedless, irrigated by drip. Submitted for publication in *Acta Horticulturae*. Presented on the 4th International Symposium on Irrigation of Horticulture Crops. Sep. 1-4, 2003, Davis, CA.
- Sevanto S., Vesala T., Peramaki M. and Nikinmaa E., 2002. Time lags for xilem and stem diameter variations in a Scots pine tree. *Plant, Cell and Environment*. 25: 1071-1077.
- So H.B., 1979. An analysis of the relationship between stem diameter and leaf water potentials. *Agronomy Journal*. 71: 675-679.
- So H.B., Reicosky D.C. and Taylor H.M., 1979. Utility of stem diameter changes as predictors of plant canopy water potential. *Agronomy Journal*. 71: 707-713
- Ton Y., 1997. Phytomonitoring system. IV International congress on new agricultural technologies. Puerto Vallarta. Jalisco. Mexico: 89-95.

- Ton Y., Nilov N., and Kopyt M., 2001. Phytomonitoring: The new information technology for improving crop production. *Acta Horticulture*. 562: 257-262.
- Ton Y., Kopyt M., Zachs I. and Ben-Ner Z., 2002. Phytomonitoring technique for tuning irrigation of fruit trees. *International Water & Irrigation*, 22(4): 38-49.
- Ton Y. and Kopyt M., 2003a. Phytomonitoring: A Bridge from Sensors to Information Technology for Greenhouse Control. *Acta Horticulturae*. 614: 639-644.
- Ton Y. and Kopyt M., 2003b. Phytomonitoring Information and Decision-Support System for Crop Growing. Proceedings of the Second International Symposium on Intelligent Information Technology in Agriculture (ISITA2003). Ed. Zhao Chunjiang. China, Beijing: 39- 43.
- Ton Y. and Kopyt M., 2003c. Phytomonitoring in Irrigation Scheduling of Horticulture Crops. Submitted for publication in Proc. of the 4th International Symposium on Irrigation of Horticulture Crops. Sep. 1-4, 2003, Davis, CA.
- Ton Y. and Kopyt M., 2003d. Grapevine Trunk and Shoot Diameter Microvariations and Trends as Indicators of Water Potential. Submitted for publication in Proceedings of the 1st International Symposium on Grapevine. June 30- July 2, 2003, Lisbon, Portugal.
- Ton Y. and Kopyt M., 2003e. Phytomonitoring in Realization of Irrigation Strategies for Wine Grapes. Submitted for publication in Proceedings of the 1st International Symposium on Grapevine. June 30- July 2, 2003, Lisbon, Portugal.
- Ton Y., Kopyt M., and Nilov N., 2004. Phytomonitoring technique for tuning irrigation of vineyards. *Acta Horticulturae*. 646: 133-139
- Van Leeuwen C., Lerich O., Renard R., Tregoat O. and Alla P.-L., 2000. Micrometric changes in trunk diameter in relation to mild water stress in field grown vines. *J. Int. Sci. Vigne Vin*. 34(2): 41-47.
- Yatapanage K.Y. and So H.B., 2001. The relationship between leaf water potential and stem diameter in sorghum. *Agronomy Journal*. 93: 1341-1343.