

Control digital de la disponibilidad hídrica de la viña Digital control of the water availability of the vine

Lluís Giralt Vidal¹, Elisabet Perna Armengol¹, Claustrer Grau Bella¹, Jordi Carbonell Galimany¹, Carme Domingo Gustems¹, Carme Masqué Tell¹, Fina Capdevila Mestres¹, and Xoan Elorduy Vidal¹

¹Institut Català de la Vinya i el Vi, (INCAVI), Plaça Àgora, 2, 08720 Vilafranca del Penedès, Barcelona, España

Resumen. El progresivo incremento de las condiciones de aridez en la agricultura son evidentes y la capacidad de obtener la máxima información de su evolución, se ha convertido en una necesidad fundamental para el viticultor. Es necesario el control de las reservas de agua en el suelo, como apoyo en la toma de decisiones en el cultivo de la vid. Se presentan resultados de dos trabajos iniciados el 2018. El proyecto **Hidrovinya** se realizó en la zona del Penedès, creándose una red de sensores para el control meteorológico y de la humedad del suelo en viñedos de secano, valorando el desarrollo vegetativo y productivo de las plantas, para interpretar agrónomicamente los datos obtenidos. **Regvallcorb**, se realiza en la DOP Costers del Segre y se plantea como un apoyo digitalizado en el riego de la vid. Se crea una red de sensores meteorológicos y de humedad del suelo en diferentes estrategias de riego. Con los datos obtenidos se redacta un boletín informativo, recomendando la oportunidad y el volumen de riego. El conjunto de datos obtenidos en estos proyectos, ha permitido determinar relaciones entre la humedad del suelo y el potencial hídrico de la planta como base para una gradual digitalización de la viticultura.

Abstract. The progressive increase in aridity conditions in agriculture are evident and the ability to obtain the maximum information on their evolution has become a fundamental need for the winegrower. It is necessary to control the water reserves in the soil, as support in decision-making in the cultivation of the vine. Results of two works started in 2018 are presented. The **Hidrovinya** project was carried out in the Penedès area, creating a network of sensors for meteorological and soil moisture control in rainfed vineyards, assessing the vegetative and productive development of plants, to interpret agronomically the data obtained. **Regvallcorb**, is carried out in the PDO Costers del Segre and is proposed as a digitized support in the irrigation of the vine. A network of meteorological and soil moisture sensors is created in different irrigation strategies. With the data obtained, a newsletter is written, recommending the opportunity and volume of irrigation. The set of data obtained in these projects has allowed to determine relationships between soil moisture and the water potential of the plant as a basis for a gradual digitization of viticulture.

1 Introducción

Ante el gradual incremento de la aridez en el cultivo de la vid consideramos necesario realizar un seguimiento real de la disponibilidad hídrica y del grado de estrés de la planta. Esta información debe ser para el viticultor un apoyo a la decisión sobre las condiciones de cultivo de la vid. En el caso de viñedos en secano será un apoyo básico en la gestión del suelo y de la vegetación, y en viñedos con riego debe ser, además, la base de la decisión sobre la conveniencia, el momento y las dosis de este riego. El avance en la interpretación agronómica de los datos obtenidos por los sensores digitales, nos acerca al objetivo final de automatización del sistema de riego.

La introducción de sensores digitales abre la puerta a un control continuo de los factores del estrés hídrico de la planta. Estos factores se pueden agrupar en meteorológicos, edáficos, agronómicos y fisiológicos. INCAVI inicia el año 2008 una línea de estudio y validación de sensores de factores de disponibilidad hídrica

y estrés de la planta. Los objetivos sobre los que se sustenta esta línea de trabajo son el mantenimiento y mejora de la calidad de mostos y vinos, la optimización y ahorro en el uso del agua de riego y la energía y, finalmente, la viabilidad y sostenibilidad de las empresas vitivinícolas.

De las actividades realizadas por INCAVI en esta línea de trabajo se presentan en este artículo dos proyectos destinados a la introducción y validación de sensores digitales como base de asesoramiento y apoyo al sector vitícola.

2 Proyecto Hidrovinya

El objetivo principal del proyecto es la creación e instalación de una red que recoja datos meteorológicos y edáficos necesarios para conocer y prever el estado hídrico de las plantas en viñas del Penedès, como base de trabajo en la adaptación de las técnicas vitícolas a las condiciones

provocadas por el cambio climático. Se plantea como una prueba piloto financiada por un grupo operativo en el que participan las empresas vitivinícolas: Gramona, Codorniu, Juvé & Camps y las Agrupaciones de defensa vegetal (ADV) de Sant Llorenç d'Hortons y de Sant Martí Sarroca. La tecnología la aporta la empresa TAMIC.

2.1 Material y métodos

Se seleccionan 18 puntos de control en el Penedès. En cada uno de ellos se instala una estación meteorológica automática que recoge de forma continuada: temperatura, pluviometría, humedad relativa, rocío, viento, intensidad lumínica, intensidad y dirección del viento y evapotranspiración potencial (fórmula de Penman-Monteith). Se instalan a 40 cm de profundidad, sensores tipo FDR (Reflectometría de Dominio de Frecuencia), modelo 10HS que facilita el % de humedad del suelo

El diseño de esta red pretende obtener una información territorial de la evolución de las condiciones meteorológicas y de la humedad del suelo, como base para apoyo a la decisión de los viticultores y asesores. La red incluye además la modelización de enfermedades fúngicas (mildiu, oidio y botrytis) e insectos (*Lobesia botrana*), que gestionan los técnicos del Servicio de sanidad vegetal de Vilafranca del Penedès.

Se realiza una caracterización de los suelos donde se instalan los sensores, determinando: cal activa, conductividad, pH, materia orgánica y textura.

En un viñedo situado en el término municipal de Gelida y con el objetivo de poder analizar la humedad del suelo en diferentes condiciones de cultivo, se instalan sensores bajo un suelo de viñedo con cubierta vegetal y en suelo labrado. En este caso se instalan sensores capacitivos (10HS) y sensores que indican el potencial hídrico de suelo (TEROS 21). Se controla el desarrollo de la vegetación cuantificando la Superficie foliar expuesta SFE en el momento en que el crecimiento de la vegetación ha finalizado [1]. Se realizan lecturas de presión hídrica foliar con la cámara de "Scholander", en los viñedos en que se detecta una reducción de la humedad, para confirmar como afecta alviñedo y para establecer algoritmos de relación entre estos dos parámetros.

2.2 Resultados

El análisis de los suelos confirma que se está trabajando en suelos de pH básico y con una concentración de cal activa media-alta. Los niveles de materia orgánica son bajos. De los 19 suelos analizados, 8 tienen una estructura franca, 7 franco arcillosa, y los demás son de textura arcillosa-limosa, arcillosa, franca-arcillosa-limosa y arcillosa. Estos resultados son característicos de la zona central del Penedès con suelos de origen sedimentario con alta presencia de carbonatos cálcicos, y con una profundidad muy variable.

Los datos de humedad del suelo obtenidos con los sensores 10HS, permiten tener una información clara y continua de la evolución de la disponibilidad hídrica del

suelo. En la (Fig. 1) se muestran los resultados de los sensores instalados en los viñedos de la ADV de Sant Llorenç d'Hortons. Se puede observar la diferencia en el valor de los datos, que pone de manifiesto la diversidad en la evolución del agua en el suelo. Durante los meses de verano se observa una cierta uniformidad en la evolución de la humedad en el suelo, con un descenso gradual del % de humedad, que no se recuperará hasta las lluvias de otoño.

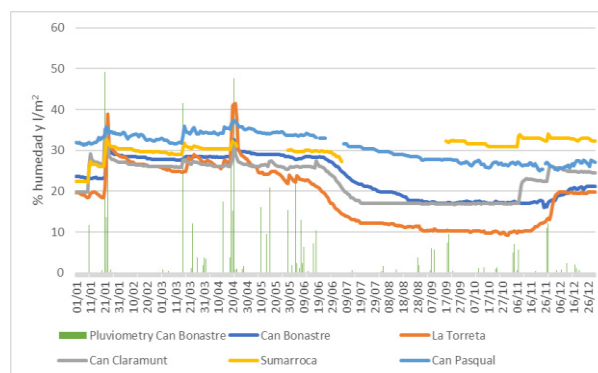


Figura 1. Evolución del % de humedad del suelo y de la pluviometría en los sensores de la ADV de Sant Llorenç d'Hortons durante el año 2020.

Los datos obtenidos permiten contrastar la diferencia entre los años, tal como vemos en la (Fig. 2), en el observatorio de La Torreta, en la zona de la ADV de Sant Llorenç d'Hortons.

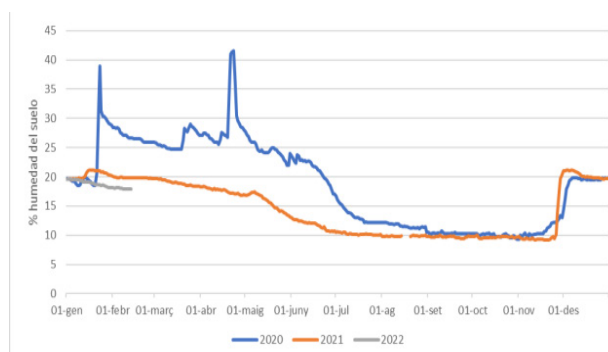


Figura 2. Evolución del % de humedad del suelo en la viña La Torreta, durante los años 2020, 2021 e inicio del 2022.

El gráfico anterior pone de manifiesto la diferencia entre un año lluvioso (2020) y un año con poca lluvia (2021), y presenta el % de humedad a inicios del año 2022. El funcionamiento de los sensores se valora como muy satisfactoria. Esta información, a medida que se acumulan datos de diferentes años, puede ser muy útil para valorar cada situación en contraste con años y experiencias anteriores, como base de decisión en acciones de cultivo en la viña. Los datos de humedad del suelo permiten determinar de forma empírica, un valor de capacidad de campo (% después de drenaje) y el porcentaje de humedad en el que el riesgo de estrés hídrico de la planta es alto. Estos cálculos se reflejan en la (Fig. 3). Se determina el agua útil para la planta en una situación de estrés aceptable (sin llegar al punto de marchitez). Cuantos más años de seguimiento se realicen, más aproximada será esta determinación.

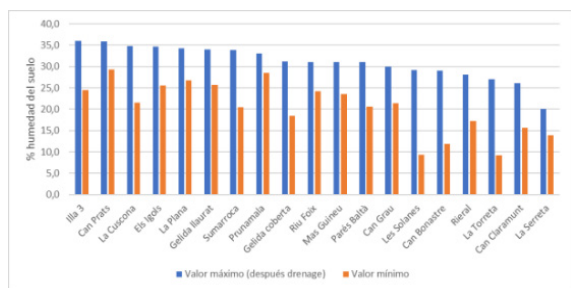


Figura 3. Determinación del agua útil para la planta a partir de los datos de % de humedad del suelo de 2020 y 2021.

En la parcela de Gelida, la instalación de sensores en una calle de la viña en la que se realiza el laboreo mecánico del suelo y en una calle con cubierta vegetal espontánea, permite realizar una comparación de la dinámica de la disponibilidad de agua para las plantas en estas condiciones, como se puede observar en las (Figs. 4 y 5).

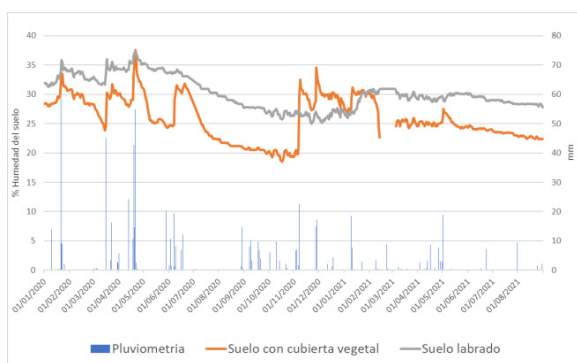


Figura 4. Evolución de la lluvia y del % de humedad del suelo comparando un suelo con labrado mecánico y un suelo con cubierta vegetal permanente, en el mismo viñedo de Gelida. Datos de 1 de enero de 2020 a 1 de agosto de 2021. Sensor 10HS.

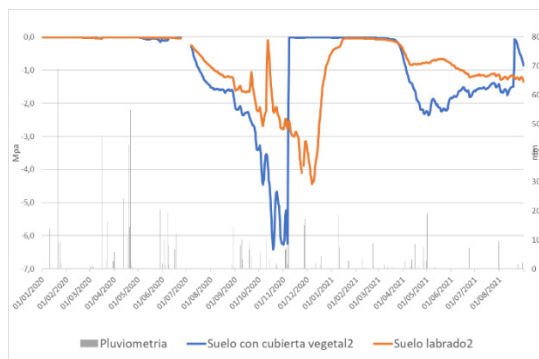


Figura 5. Evolución de la lluvia y del potencial hídrico del suelo comparando un suelo con labrado mecánico y un suelo con cubierta vegetal permanente, en el mismo viñedo de Gelida. Datos de 1 de enero de 2020 a 1 de agosto de 2021. Sensor TEROS21.

Las (Figs. 4 y 5) muestran una misma evolución de la disponibilidad hídrica: el incremento de humedad en el suelo con cubierta vegetal es mayor, sin embargo, la reducción de esta humedad es más rápida que en el suelo labrado. De forma global se observa como la humedad se mantiene más alta en el suelo labrado. Estos datos confirman una mayor capacidad de retención del agua de lluvia en un suelo con cubierta vegetal y también un efecto competencial de la cubierta sobre la disponibilidad hídrica.

El año 2021, a partir del 20 de mayo, se realizan lecturas de potencial hídrico foliar con la cámara de

Scholander para valorar el estado hídrico de las plantas. Los datos obtenidos se relacionan con los datos de los sensores de humedad, obteniendo en algún punto niveles de correlación muy interesantes, tal como se observa en la (Fig. 6).

En el análisis de los datos obtenidos en el conjunto de puntos de observación, la correlación es prácticamente nula, mostrando la importancia de los factores edáficos y agronómicos de cada punto de control.

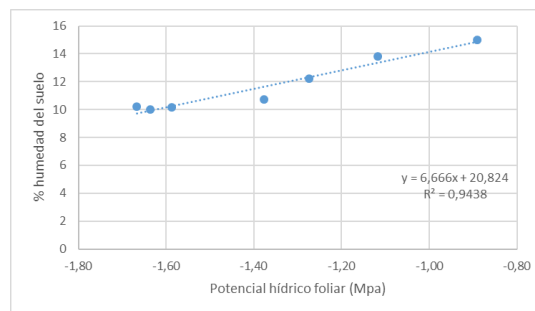


Figura 6. Correlación entre % de humedad del suelo y potencial hídrica foliar, en el observatorio de La Torreta en el año 2021.

2.3 Conclusiones

El proyecto Hidrovinya ha cumplido los objetivos iniciales, creando una red de sensores con un funcionamiento correcto y ha mostrado las posibilidades de aplicación de los sensores digitales en el control y evaluación continua de las reservas hídricas del suelo y de prevenir situaciones de estrés hídrico en el viñedo. El proyecto Hidrovinya, como prueba piloto, muestra el interés de la creación de una red de sensores para la gestión del viñedo a nivel de parcela, finca y/o zona vitícola.

La comparación entre los datos obtenidos en suelos con cubiertas vegetales o con laboreo, muestran un efecto competencial de la cubierta vegetal y también una mayor capacidad de retención del agua de lluvia.

La correlación entre los datos de los sensores capacitivos de humedad del suelo y el potencial hídrico es positiva en un punto de observación y año concreto. Esta correlación no es positiva si se analizan datos obtenidos en diferentes puntos de observación.

3 Proyecto Regvallcorb

En 2017 el INCAVI inicia la actividad demostrativa: Seguimiento de la introducción de riego en parcelas de viña en la DOP Costers del Segre, subzona Valls del Riucorb y de la DOP Terra Alta. (Regvallcorb). La actividad ha sido financiada a través de la operación de transferencia tecnológica del Programa de Desarrollo Rural de Catalunya 2014-2020.

El riego del viñedo en zonas áridas asegura la homogeneidad de la producción tanto entre las diferentes parcelas de cultivo como en los distintos años. Sin embargo, es necesaria una buena gestión del riego para evitar efectos negativos sobre la calidad de las cosechas y para optimizar el gasto de agua [2]. El viñedo, y más concretamente el potencial cualitativo de los mostos, es muy sensible a condiciones agronómicas que incidan en el

vigor o en el grado de producción. Una disponibilidad de agua excesiva puede provocar un incremento del vigor que vaya en contra del proceso de maduración y/o que provoque una dilución de los elementos que definen el potencial enológico del vino. Por otra parte, una disponibilidad de agua insuficiente puede impedir la actividad fotosintética con efectos sobre el desarrollo de la planta en conjunto y de las bayas en particular.

La actividad se plantea con el objetivo principal de poner al alcance del viticultor información actualizada y contrastada que le permita optimizar la estrategia de riego en el viñedo. El planteamiento se realiza con criterios de optimización del gasto de agua y de mejorada la calidad y mantenimiento de la tipicidad de los vinos.

3.1 Material y métodos

La metodología de trabajo se basa en el conocimiento de los factores que inciden en la disponibilidad hídrica de la planta mediante la utilización de sensores meteorológicos, de humedad del suelo y de volumen de riego. Concretamente, se instala en cada una de las parcelas lo siguiente:

- Estación meteorológica completa,
- Sensores de % humedad (10HS) a dos profundidades, y de potencial hídrico en el suelo (MPS6),
- Caudalímetros en el sistema de riego,

En cada una de las parcelas de la actividad, se realiza una distribución de los sensores que permite obtener datos en diferentes condiciones y con un diseño previo que permite realizar el análisis estadístico de los resultados obtenidos según la hipótesis aplicada.

Las parcelas en las que se instalan los sensores y se realiza el estudio comparativo son:

- Verdú (DOP Costers del Segre, subzona Vall del Corb)
 - Viña Cercavins, de variedad Macabeo, plantada el año 2009, marco de plantación 3,1x1,2 m., poda Royat. Hipótesis comparadas: Riego y secano. Suelo de textura franca-arcillo-limosa, profundo con alta capacidad de reserva hídrica.
 - Viña Camí de Sant Martí, de variedad Tempranillo, año de plantación: 2011, marco de plantación: 3x1,3 m, poda Royat. Hipótesis comparadas: Secano, Riego INCAVI, Riego Flavià (riego que realiza el viticultor propietario del viñedo). Suelo de textura franca, de poca profundidad, con una capacidad de acumulación de reservas hídrica reducida.
- Gandesa (DOP Terra Alta)
 - Viña Edetaria de variedad Garnacha blanca, año de plantación: 2015, marco de plantación: 2,2x1,2 m., poda Royat. Hipótesis comparadas: Riego y secano.

En la zona de Verdú la pluviometría anual media de los últimos 10 años es de 380 mm, y en Gandesa de 458 mm.

La estrategia de riego aplicada por INCAVI, se basa en mantener un grado de estrés hídrico adecuado en cada periodo de desarrollo de la planta, usando como referencia el potencial hídrico foliar determinado con la cámara de Scholander [3].

- Brotación a floración: $>-1,2$ Mpa,
- Floración a envero: de $-1,2$ a $-1,4$ Mpa,
- Envero a maduración: de $-1,4$ a $-1,6$ Mpa.

Las dosis de riego se determinan a partir de los datos meteorológicos, con la fórmula siguiente:

$$\text{Necesidad neta de riego} = ((ET0 \times kc) - Pe) / e$$

ET0: evapotranspiración de referencia

Kc: constante de cultivo. El valor de referencia para los meses de mayor estrés hídrico, es de 0,4, en la estrategia de INCAVI, a partir de trabajos anteriores realizados en la zona, se determina el valor de 0,24 [4, 5, 6].

Pe: precipitación efectiva. Se descartan las lluvias inferiores a 4 mm y a las superiores se considera solo el 75% de la cantidad total

e: eficiencia de riego

En la estrategia de riego determinada por INCAVI se realiza, si se considera necesario, un riego semanal. En el caso del riego Flavià, el riego es diario.

En las diferentes hipótesis planteadas, se realiza un seguimiento del desarrollo vegetativo, del crecimiento y maduración del fruto, de la producción y de la calidad del mosto. En la bodega experimental del INCAVI de Reus, se elaboran vinos a partir de uvas de las diferentes hipótesis, de las que se realiza el análisis químico y sensorial.

Con la información adquirida se realiza un boletín informativo destinado a viticultores de la zona con los que se han realizado reuniones informativas.

3.2 Resultados

Los resultados muestran la importante respuesta del viñedo a diferentes condiciones de disponibilidad hídrica.

3.2.1 Dosis de riego / agua disponible para la planta

Las dosis de riego aplicadas en el estudio se han mantenido siempre en condiciones de riego de soporte que permitiera la actividad de la planta, evitando desarrollos vegetativos excesivos. En la Tabla 1 se exponen las dosis medias de agua disponible para la planta en los meses de máximo estrés hídrico. En el viñedo de Camí de Sant Martí, la cantidad de agua aplicada en el riego INCAVI ha sido un 30% menor a la utilizada por el viticultor, que ha utilizado toda la que tiene contratada a la comunidad de regantes. En Cercavins, la cantidad ha sido un 55% menor a la contratada. Este ahorro depende de las condiciones del año, y se consigue gracias a la tecnificación en el soporte a la decisión.

Los datos recogidos en la Tabla 1 muestran en general unas dosis bajas de riego, especialmente en la viña

de Gandesa, donde los criterios de calidad son muy altos con unos niveles de producción medios.

La relación entre el agua efectiva (precipitación efectiva + riego) y *ET0*, nos indica aproximadamente la *Kc* real aplicada. Esta relación varía en los diferentes años en función de la reserva hídrica acumulada en el suelo durante el otoño y la primavera, que influye en la fecha de inicio de los riegos y en la respuesta general de la planta, y, en consecuencia, en la dosis de riego aplicada.

Tabla 1. Agua disponible en las diferentes estrategias aplicadas. Medias de precipitación efectiva, riego total aplicado, evapotranspiración (*ET0*) y relación entre agua efectiva y *ET0*. Media de los años de 2018 a 2022. Los periodos contabilizados han sido: Viña Camí de Sant Martí de abril a setiembre, Cercavins de abril a agosto, y Gandesa de mayo a setiembre.

		Precipitación efectiva	Riego	ET0	Agua efectiva / ET0
		l/m ²			
Viña Camí de Sant Martí	Secano	130,3	0,0	790	0,17
	Riego INCAVI		114,7		0,31
	Riego Flavià		166,0		0,38
Viña Cercavins	Secano	118,6	0,0	683	0,18
	Riego		72,2		0,28
Viña Gandesa	Secano	96,9	0,0	683	0,14
	Riego		33,3		0,19

3.2.2 Desarrollo vegetativo

Para cuantificar la incidencia del riego sobre el desarrollo vegetativo se valora la superficie foliar expuesta (SFE), según el método de R. Smart adaptado [1]. Los resultados obtenidos en la viña del Camí de Sant Martí muestran la importante influencia del riego sobre el desarrollo final del viñedo, con un importante efecto acumulativo durante los 5 años de control, en la zona desecano no regada, como se puede observar en la (Fig. 7). En el año 2020 se calculó la SFE de la tesis de riego Flavià, aunque los pámpanos fueron recortados por parte del viticultor por lo que el resultado es inferior al esperado.

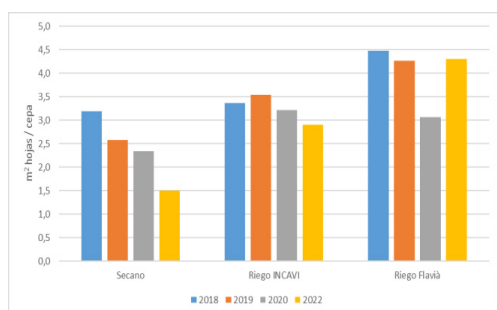


Figura 7. SFE en la viña del Camí de Sant Martí.

3.2.3 Producción

La producción se ve favorecida por la aportación de agua de riego de una forma evidente en todos los viñedos en que se realiza el estudio. En este proyecto se trabaja, como se expone en la Tabla 1, con dosis de riego bajas para mantener los niveles de producción moderados, según los criterios de las denominaciones de origen. Sin embargo, la incidencia sobre el desarrollo vegetativo y la producción es clara.

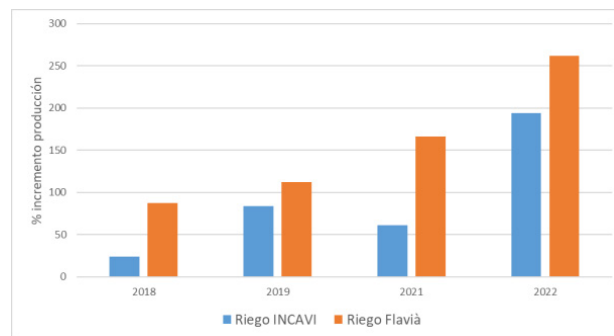


Figura 8. Incremento de producción respecto al secano sin riego, en la viña del Camí de Sant Martí.

En la (Fig. 8) se observa un claro incremento por el efecto del riego y un efecto acumulativo de pérdida de capacidad productiva en la hipótesis de secano.

En el caso del viñedo de Gandesa, donde la aportación de agua de riego es en su conjunto moderada, también se muestra un efecto claro sobre la producción, con un incremento medio de los años 2018 y 2019, del 190% en el riego respecto al no riego.

3.2.4 Calidad de mosto y vino

Los efectos sobre la calidad del mosto no son en general significativos. En el análisis de la concentración de azúcares (°Brix), se obtienen resultados diversos: en macabeo y en garnacha blanca, el grado es ligeramente mayor en las hipótesis de secano, pero en el tempranillo se da una situación contraria. Todo ello sin diferencias estadísticamente significativas. El análisis de la acidez, las diferencias significativas se encuentran en la concentración de ácido málico, menor en condiciones de no riego. Esta menor concentración tiene un ligero efecto sobre la acidez total y sobre el pH del mosto. La concentración de N en mosto, es menor en las hipótesis sin riego. En los análisis de polifenoles y índice de color en mosto, no se detectan diferencias significativas.

El análisis sensorial de los vinos fue variable entre los diferentes años y parcelas, con resultados diversos. Sin embargo, se da una cierta tendencia a valorar mejor los vinos de las hipótesis con riego. Se intuye que la situación de mayor estrés hídrico, en ciertos casos con una defoliación importante, ha impedido una correcta maduración de las bayas, especialmente a nivel fenólico y

aromático. Como ejemplo, se muestran en la (Fig. 9), los resultados de la cata del tempranillo de la viña de Camí de Sant Martí del año 2022 en el que el riego INCAVI es el mejor valorado.

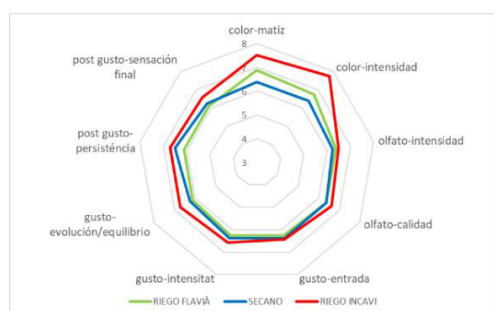


Figura 9. Aspectos sensoriales de Tempranillo Camí de Sant Martí 2022.

3.2.5 Correlación potencial hídrico foliar y potencial hídrico del suelo

La instalación de sensores y la lectura periódica del potencial hídrico foliar, ha permitido observar la relación entre los datos obtenidos. Se observa un importante grado de correlación entre el potencial de suelo y el potencial hídrico foliar en las parcelas de secano tal como se observa en la (Fig. 10) en los datos de un solo año.

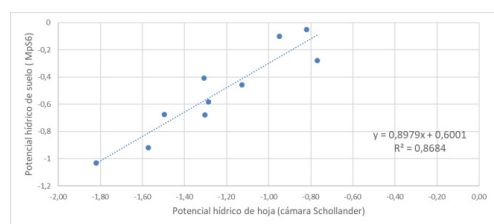


Figura 10. Correlación entre el potencial hídrico foliar y el potencial hídrico de suelo, en la hipótesis de secano el año 2019, en la viña del Camí de Sant Martí. Valores en Mpa.

Sin embargo, el grado de correlación se reduce cuando se analizan los datos de más de 1 año, tal como se observa en la (Fig. 11).

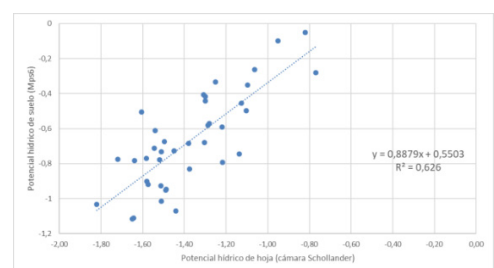


Figura 11. Correlación entre el potencial hídrico foliar y el potencial hídrico de suelo, en la hipótesis de secano, los años 2018-2022, en la viña del Camí de Sant Martí. Valores en Mpa.

Estos resultados abren la posibilidad de establecer una relación matemática sólida con el fin de conocer el grado de estrés de la planta a partir de sensores de potencial hídrico de suelo, permitiendo realizar un seguimiento en continuo y digitalizado de este importante valor. Es importante seguir en estos trabajos con el fin de valorar las condiciones meteorológicas y agronómicas de cada año como factores que inciden en el grado de correlación.

4 Conclusiones

El proyecto Regvallcorb ha puesto a disposición del viticultor información técnica que supone un claro apoyo a la decisión en la estrategia de riego. La red digital de información, la interpretación agronómica de los datos obtenidos, más un control periódico del desarrollo vegetativo y productivo del viñedo, ha permitido un ahorro importante de agua de riego, sin afectar la calidad de los mostos y de los vinos.

El estudio comparativo de diferentes estrategias de riego ha permitido optimizar el cálculo de las dosis de riego, ajustándolas a la calidad y tipicidad esperada en los vinos de cada zona.

Los grados de correlación entre los datos de potencial hídrico de suelo y de hoja, abren la puerta a una mayor digitalización del sistema de información.

Referencias

1. R.E. Smart, M. Robinson. Sunlight into wine: A Handbook for Winegrape Canopy Management. (Winetitles, Adelaide, 1991)
2. Ll. Giralt, E. Perna, Dossier Tècnic **121**, 31- 33 (2023) https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/10397814/DT121+22_02_23.pdf/b6851a78-1533-400a-b0d2-534728cc94f0
3. H. Ojeda, A. Deloire, W. Z. Wang, A. Carbonneau. Viticultura Enología Profesional **90**, 27-43 (2004)
4. P. Baeza, J. R. Lissarrague, P. Sánchez PATRICIA. 2007. *Fundamentos, aplicación y consecuencias del riego en la vid.* (Editorial Agrícola Española, 2007)
5. A. Villarroya, Ll. Serra, R. Geli, E. Torrentà, M. Vilavella, E. Bartra, C. Campamà, A. Espelt, E. Pérez. Dossier Tècnic **39**, 26-39(2009) <https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/4633080/DT39.+Millores+t%C3%A8cniques+en+viticultura/46f34dd0-d487-4a09-bee3-8e9c0676cdd1>
6. Villarroya, Ll. Serra, X. Elorduy, S. Rico, E. Altisent. Incidència sobre la producció i la qualitat de l'aplicació controlada d'aigua a la varietat Syrah a Belianes - DO Costers del Segre – (Informe, 2012)