

La evolución del viñedo en las últimas décadas ha ido respondiendo a razones de mejora productiva, mecanización e identificación del producto, habiendo conseguido niveles moderadamente satisfactorios de desarrollo y adaptación, a través de los sistemas de plantación, de la diversidad del material vegetal y de la tecnificación del proceso productivo. Sin embargo, ahora se encuentra con nuevos retos a los que tendrá que hacer frente para convertirse en la viticultura del futuro.

El reto de la viticultura de precisión

La viticultura de precisión engloba un conjunto de técnicas que se emplean para caracterizar la variabilidad espacial en campo del crecimiento vegetativo de la vid, la producción de uva y su maduración, tratando de localizar los factores que la afectan, con objeto de aplicar después métodos de manejo adecuados a cada zona, subzona, parcela o subparcela consideradas.

Las parcelas que conforman una explotación vitícola, entendida cada una de ellas como unidad de gestión a partir de la cual se organizan las tareas, generalmente presentan una gran variabilidad. La posibilidad de localizar zonas diferentes dentro de una parcela puede permitir actuar en cada una de ellas de forma diferencial, optimizando la eficacia de la gestión vitícola, el rendimiento de cosecha y la calidad de la uva. Esto es más viable mediante el uso de un conjunto de tecnologías que permiten desarrollar una agricultura sostenible que alcance el equilibrio entre la rentabilidad económica de la explotación, la calidad de la cosecha y el respeto por el medio ambiente, a través de la adopción de medidas específicas sobre unidades de cultivo homogéneas, con el objetivo de conseguir sobre cada unidad la cantidad y la calidad de uva previamente definidas (Yuste 2017).

Retos para la viabilidad futura del cultivo de la vid

De la forma de acometerlos dependerá la evolución del viñedo en las próximas décadas

Jesús Yuste.

Doctor Ingeniero Agrónomo. Itacyl, Valladolid.

Se vislumbra que la viabilidad económica del cultivo del viñedo va a depender en el futuro de la capacidad que el sector vitivinícola demuestre para hacer frente a diversos tipos de retos, entre los que se podrían destacar los siguientes: la viticultura de precisión, el cambio climático, el cultivo ecológico y la sostenibilidad y la discriminación económica de la calidad del producto.





Plantación de viñedo con láser para precisión de distancia entre cepas.

Procedimiento de trabajo en viticultura de precisión

El modo de trabajo en viticultura de precisión debe incluir las siguientes fases:

1. Localización y elaboración de mapas de parámetros de comportamiento (vigor, rendimiento y calidad).
2. Identificación y cuantificación de la variabilidad de los posibles factores de producción.
3. Evaluación (análisis e interpretación de resultados, toma de decisiones): establecer factores principales, unidades de manejo, etc.
4. Aplicación de un plan de gestión del cultivo: adaptación de prácticas culturales a cada zona o unidad de manejo.

La sucesión de fases en el procedimiento de trabajo constituye un proceso cíclico, donde los mapas de parámetros de cada año constituyen, a modo de resultados, un elemento fundamental para decidir y diseñar el plan de aplicaciones del año siguiente, con el apoyo de los diversos avances tecnológicos.

Métodos e instrumentos en la viticultura de precisión

La aplicación práctica de la viticultura de precisión es relativamente reciente, pero su desarrollo se ha visto facilitado y beneficiado por las tecnologías necesarias, cuyo despliegue se inició no hace mucho tiempo, que pueden ser clasificadas en los siguientes grupos:

- Sistemas de posicionamiento global (GPS).
- Sistemas de información geográfica (GIS).
- Sensores y técnicas para captación de datos.
- Sistemas de gestión de datos y soporte para toma de decisiones.
- Tecnologías para aplicación variable de inputs u operaciones.

El GPS (*Geographical Positioning System*) constituye un sistema de radio-navegación por satélite que permite conocer



N° Registro: ES-00867

BIOFUNGICIDA Y BIOINSECTICIDA INMEDIATO

- ✓ OÍDIO
- ✓ MILDIU
- ✓ ÁCAROS



idainature®
— A ROVENSA COMPANY —

Fabricado por
ORO AGRI®
— A ROVENSA COMPANY —



las coordenadas de cada sitio (Basso *et al.* 2007). El SIG o GIS (*Geographic Information System*) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión geográfica. Los GIS funcionan como programas informáticos para la gestión y la visualización de datos georreferenciados, capaces de generar mapas superponibles (Basso *et al.* 2007).

Los sensores (ópticos, mecánicos, electroquímicos, etc.) y las técnicas para captación de datos pueden ser de muchos tipos. Cuando los parámetros a medir lo permiten (pH, conductividad eléctrica, humedad del suelo, NDVI o índice de vegetación, etc.), es interesante disponer de sensores capaces de hacer medidas continuas no destructivas y almacenar los datos en archivos informáticos.

El seguimiento de parámetros meteorológicos es fundamental para conocer su variabilidad espacial, apoyándose en redes de sensores inalámbricos para la transmisión de datos, lo cual permite, por ejemplo, conocer las condiciones de maduración de la uva.

La cuantificación y la interpretación de la variabilidad detectada, a partir de los datos recogidos y de los mapas de parámetros elaborados, son necesarias para identificar y jerarquizar los factores de producción determinantes del crecimiento, el rendimiento y la calidad de la uva en cada parcela. Existen herramientas o métodos de evaluación que pueden ayudar en la toma de decisiones (DSS): geoestadística, análisis multidimensional, regresión múltiple, etc., encaminadas a diseñar las mejores estrategias para alcanzar los objetivos de la explotación vitícola.

Las tecnologías de aplicación variable, con referencia de GPS, son capaces de gestionar, en tiempo real la aplicación de



Efecto de solifluxión agravado por el cambio climático.



Cultivo ecológico con cubierta vegetal y mulching orgánico.

las materias (dosificación) o la ejecución de los medios correspondientes (activación, inhibición) en cada unidad de trabajo.

Aplicaciones y manejo de la viticultura de precisión

La utilización de la viticultura de precisión puede ser muy diversa, destacando en términos generales tres tipos de objetivos: diseño del viñedo, gestión del cultivo y

selección de materia prima (Lissarrague y Yuste 2010). Es deseable la elaboración de mapas de características del terreno con antelación a la plantación, de cada zona, para llevar a cabo el diseño del viñedo (portainjerto, densidad de plantación, sectores de riego, bloques y calles, etc.).

En el ámbito de la gestión del cultivo, las aplicaciones más inmediatas y directas se refieren a las operaciones de cultivo y



CULTIVOS ESPECIALES

MÁQUINAS PARA LEÑOSOS
CÍTRICOS, FRUTALES,
OLIVOS, VIÑA Y ALMENDRO

FIG. 1 Mapa de vigor.



de muestreo. En particular, el manejo del riego pasa por la elaboración de mapas del estado hídrico de la planta a partir de imágenes de infrarrojo o de temperatura del follaje. La elaboración de mapas de vigor o índices de vegetación (NDVI) es muy útil para estimar la necesidad de agua de cada zona y gestionar el riego en cada unidad de manejo para mejorar el rendimiento y la calidad de uva de dicha unidad, aprovechando la existencia de programas específicos de precisión como, por ejemplo, Agropixel (Esteve 2012). También la fertilización, el control de malas hierbas y la aplicación de productos fitosanitarios pueden ser gestionados mediante sistemas inteligentes.

La selección de la materia prima, de la uva, puede apoyarse en la diferenciación proporcionada por la viticultura de precisión, basándose, por ejemplo, en el vigor de cada zona y su correlación con el nivel de rendimiento y el potencial de calidad (Esteve 2012) y en sensores indicadores de calidad de la uva (azúcares, acidez, etc.), según el índice NIR, etc., que pueden permitir la selección de uva en el propio momento de la recolección y generar mapas de trazabilidad de resultados.

La teledetección permite registrar la variabilidad espacial de diversos parámetros agronómicos, sin necesidad de tomar contacto con el viñedo, por medio de sensores remotos. Su aplicación más generalizada en viticultura es el uso de imágenes

ABONADORAS LOCALIZADORAS DE SUPERFICIE



AC2 + LINER V

Marco de plantación entre 5 y 15 m.
Abonado en bandas.

AC2 + LINER Y

Marco de plantación entre 2,5 y 7 m.
Abonado en filas.



Apertura independiente de ambos lados por sonda.
(opcional)

ATOMIZADORES SUSPENDIDOS Y ARRASTRADOS

De 400 a 1.200 L.
con grupos de semi-torre y torre.



De 1.500 a 3.000 L. con grupos de gran volumen de aire.
Sistemas de regulación electrónicos por control de sonda.



Aguirre Maquinaria Agrícola, S.L.
Pol. Ind. Municipal s/n. 31300 TAFALLA (España)
Tfno: 0034 948 700 692 - Fax: 0034 948 702 855
aguirre@aguirreagricola.com - www.aguirreagricola.com



Vendimiadoras equipadas con GPS para control de rendimiento.

nes aéreas y de satélite para la estimación de índices de vegetación, mayoritariamente el NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), a partir del cual se elaboran mapas de vigor del viñedo donde apoyan las posibilidades de su gestión (figura 1).

Los mapas de calidad diferenciada elaborados en las distintas parcelas a partir de las diversas técnicas de precisión (instrumentos portátiles o sensores remotos) pueden ayudar en la gestión del viñedo, tanto para subsanar carencias como para evitar excesos de diversos tipos (nutricionales, hídricos, sanitarios, etc.), permitiendo la definición de unidades de calidad homogénea para su gestión diferencial.

El reto del cambio climático

La existencia de variaciones climáticas notables, o cambio climático, es un hecho asumido, donde destaca el aumento generalizado de la temperatura y el incremento de la variabilidad tanto en la precipitación anual como en las precipitaciones estacionales, pero con episodios de sequía estival de gran magnitud. Resulta muy razonable reflexionar sobre las posibles adaptaciones o estrategias de cultivo

que puedan paliar las hipotéticas consecuencias del cambio climático (Yuste 2020).

Los efectos generales del cambio climático en el viñedo se plasmarán en ciclos vegetativos potencialmente más cálidos y largos, aunque la planta podrá sufrir un adelanto de los estados fenológicos y de la madurez. Así, la maduración se alcanzará más temprano, en un período con temperaturas más elevadas, poco favorables, lo que puede alterar los perfiles de maduración de la uva, desfasar la madurez tecnológica con respecto a la madurez fenológica y la madurez aromática y, consecuentemente, exigirá la modificación del manejo del viñedo para tratar de mantener el equilibrio de los componentes de la baya y la calidad del vino.

Las posibles estrategias vitícolas a adoptar frente al previsible cambio climático deberán guiarse por ciertos objetivos generales, de entre los que se pueden destacar: reducir los excesos térmicos en hojas y racimos; evitar el déficit hídrico inadecuado o excesivo; regular el crecimiento durante el ciclo vegetativo (el riego puede ser de suma importancia) y conseguir que la maduración se produzca con una temperatura adecuada; controlar y restringir la acumulación de azúcares y

potasio y el nivel de pH; y armonizar la maduración tecnológica con la fenológica y la aromática, promoviendo estas últimas. Para conseguir dichos objetivos, la gestión del viñedo se debe centrar en los diversos factores de producción y técnicas de cultivo ya mencionadas en el proceso de optimización: localización, conducción, manejo del viñedo, etc., de tal modo que se favorezca el equilibrio vegetativo-productivo y el microclima del viñedo en situaciones que irán siendo diferentes a como lo habían sido hasta ahora, debido al proceso de cambio climático.

El reto del cultivo ecológico y la sostenibilidad

La sostenibilidad se define como cualidad de sostenible, se refiere a la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer las de generaciones futuras, garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social. En ecología, sostenibilidad describe cómo los sistemas biológicos se mantienen productivos con el transcurso del tiempo, a través del equilibrio de una especie con los recursos de su entorno.

La producción de uva y vino está muy ligada al lugar de cultivo, probablemente

más que ninguna otra producción agrícola, por lo que las condiciones ambientales que le afectan son aún más importantes que en cualquier otro cultivo. La sostenibilidad medioambiental, la intrínseca del lugar, es necesaria para mantener la expresión de su *terroir*, pues los cambios sustanciales, que puedan modificar la respuesta del viñedo, alterarán dicha expresión, poniendo en riesgo la relación biunívoca entre lugar y tipicidad del vino (Yuste 2020).

La concienciación acerca de los problemas medioambientales, por parte de los viticultores, es necesaria para adoptar prácticas respetuosas con el medio ambiente. La reducción del uso de pesticidas, el control sobre la erosión del suelo y la adopción de prácticas de manejo del suelo sostenibles se encuentran entre los principales retos que deben afrontar los viticultores. En este sentido, el cultivo ecológico se presenta como una alternativa necesaria a medio plazo, teniendo en cuenta tanto su conveniencia medioambiental como las inminentes restricciones administrativas que van a impedir el uso de la mayoría de sustancias fitosanitarias de síntesis química para la prevención sanitaria del viñedo. Es necesaria una “mentalización ecológica” para adoptar adecuadamente este sistema de cultivo, pues debe enfocarse como un régimen de cultivo de tipo preventivo más que un régimen de tipo curativo como ha venido siendo habitual en la producción vitícola.

En el futuro, la viticultura de calidad, la que puede permitir la expresión óptima del *terroir*, exige la adaptación respetuosa del manejo del viñedo a las condiciones del lugar, por lo que el productor debe conocer en profundidad la respuesta de cada viñedo, para así poder adoptar estrategias de producción sostenibles tanto ambientalmente como cualitativamente, para mantener el tipo de uva y de vino que optimicen el concepto de *terroir* en cada lugar (Yuste 2020).



Estación para captación de datos meteorológicos.

El reto de la viabilidad económica

El beneficio económico del cultivo depende, por un lado, de los gastos de cultivo, los cuales son función, a su vez, del nivel de rendimiento, es decir, de la producción de uva por hectárea. Por otro lado, dicho beneficio depende del precio de venta de la uva, que en principio debería responder a la calidad de la misma (Yuste 2017).

La reducción de costes, como se ha visto, se puede conseguir a través de la optimización en las técnicas de cultivo que permitan el máximo ajuste técnico-funcional en el viñedo, mientras que el aumento de ingresos solamente puede conseguirse basándose en las cualidades de la uva para el tipo de vino a elaborar.

Expectativas y propuesta de relación producción-compra de uva

La estrategia de gestión del cultivo para mejorar su rentabilidad depende del tipo de explotación (tamaño, estructura empresarial, etc.), pues la política comercial varía en función del mismo, sin perder de vista que “no es lo mismo comprar que vender”, o sea, que no es igual la perspectiva de una bodega que la de un viticultor.

Los ingresos tienen una enorme dependencia del precio de venta de la uva, aunque los márgenes de beneficio son muy diferentes dependiendo del tipo de explotación de viñedo, por lo que es necesario promover que el precio de venta de la uva se relacione de forma muy escalonada y progresiva con la calidad de la misma, en un proceso de adaptación continua a la evolución del viñedo y las exigencias cualitativas de la uva para la elaboración del vino.

Los criterios de decisión de operaciones en el viñedo deben basarse en un plan de gastos operativos anuales, pero estos dependen enormemente del posible precio final de la uva, cuya incertidumbre dificulta las decisiones de aplicación de operaciones y la forma o intensidad de las mismas.

La propuesta de solución para mejorar la gestión del cultivo, y dar solidez a su plan de rentabilidad, sería el establecimiento de “contratos o compromisos” a medio plazo entre bodegas y productores, en el marco de la incentivación de la calidad de la uva, en función del tipo de vino que la bodega pretenda elaborar. Por tanto, el desafío debe ser la adecuación del precio a la calidad pretendida de la uva. ■

NOTA

La primera parte de este artículo fue publicada en el número anterior (500) de la revista.

BIBLIOGRAFÍA

Basso B, Sartori L., Bertocco M. 2007. Agricultura de precisión. Conceptos teóricos y aplicaciones prácticas. Ed. Eumedea. Madrid. ISBN:978-84-930738-7-9. 144 pp.

Esteve J. 2012. Una experiencia práctica sobre la gestión del riego en el viñedo. Jornada Riego en el viñedo: fundamentos, gestión y práctica. ARPROVI. Noviembre 23, Logroño.

Lissarrague J.R., Yuste J. 2010. Viticultura de precisión y aplicación a la zonificación. Feria Iberwine. Mayo 26, Valladolid.

Yuste J. 2017. Innovación en técnicas de cultivo, hacia la viticultura de precisión rentable. Curso de verano de la UBU. Julio 3, Aranda de Duero (Burgos).

Yuste J. 2020. La sostenibilidad en la expresión del *terroir* en un contexto de cambio climático. Ed. FCV. Terruños 30: 12-23.