vinetur

Los drones se afianzan como herramienta clave para vigilar el viñedo con precisión

La calidad de la baya sigue siendo la variable más difícil de predecir entre fincas y campañas

miércoles 2 de septiembre de 2026



Los drones equipados con sensores ópticos, térmicos y láser se están consolidando como una de las herramientas con más recorrido para vigilar el viñedo parcela a parcela, medir su variabilidad y ajustar decisiones agronómicas con más precisión. Esa

es la principal conclusión de una revisión científica publicada en 2026 en la revista Computers and Electronics in Agriculture, que repasa una década de trabajos sobre teledetección con vehículos aéreos no tripulados en viticultura de precisión y sitúa la predicción de la calidad de la baya como el área menos madura de todas las analizadas.

El trabajo está firmado por Jinyu Yang, Mengyuan Wei, Qifan Chen, Tingting Ma, Qian Ge, Yue Yan, Jiming Li, Baofeng Su, Yulin Fang y Xiangyu Sun. Los autores revisaron la literatura científica indexada en Web of Science y ordenaron los avances en torno a plataformas, sensores, tratamiento de datos y modelos de aprendizaje automático y aprendizaje profundo aplicados al viñedo.

La revisión parte de una idea sencilla: el viñedo necesita observación frecuente y con detalle espacial. La Organización Internacional de la Viña y el Vino situó la superficie mundial de viñedo en 7,1 millones de hectáreas y la producción de vino en 225,8 millones de hectolitros en 2024, cifras citadas por los investigadores para justificar el interés por herramientas que ayuden a mantener rendimiento y calidad con un uso más eficiente de agua, fertilizantes y mano de obra.

Frente a la inspección manual en campo, que exige tiempo y ofrece una cobertura limitada, la teledetección permite obtener medidas rápidas y repetibles sin dañar la planta. El artículo recuerda que esa vigilancia puede hacerse desde tierra, desde satélite o con drones. Los sistemas terrestres ofrecen mucha precisión, pero cubren menos superficie y son menos eficientes en explotaciones amplias. Los satélites abarcan grandes áreas, aunque con menos resolución, ángulos fijos de captura y dependencia de la nubosidad. Entre ambos, los drones aportan flexibilidad, resolución espacial alta y la posibilidad de volar cuando el viticultor necesita información.

Según la revisión, las plataformas multirrotor dominan buena parte de los trabajos recientes por su facilidad de operación y su capacidad para trabajar a baja altura. A bordo pueden llevar sensores RGB, multiespectrales, hiperespectrales, térmicos de infrarrojo y sistemas LiDAR. Con ellos se generan ortomosaicos, índices de vegetación, mapas de temperatura de superficie y nubes de puntos en tres dimensiones que sirven para estimar vigor, agua disponible, presencia de plagas y enfermedades, carga

productiva o rasgos previos a la vendimia.

Los autores ordenan la literatura en seis grandes usos. El primero es el seguimiento del estado nutricional. El segundo, la vigilancia del crecimiento y del vigor de la vegetación. El tercero, la detección de plagas y enfermedades. El cuarto, la medición del estrés hídrico. El quinto, la estimación del rendimiento. El sexto, la evaluación de la calidad de la baya antes de la cosecha. En este último campo, la revisión afirma que el progreso es menor que en el resto porque la calidad de la uva no depende de una sola variable, sino de un conjunto amplio de procesos fisiológicos y bioquímicos ligados a la variedad, la fase fenológica, el microclima, el suelo y el manejo.

Uno de los mensajes más claros del estudio es que la calidad de la baya resulta más difícil de predecir que el vigor o la temperatura del dosel. El artículo la define como una variable de alta dimensión y avisa de que los modelos suelen funcionar peor cuando se trasladan de una finca a otra, de una campaña a otra o de una variedad a otra. Esa menor capacidad de generalización limita su uso práctico fuera del lugar en el que fueron entrenados.

La revisión también identifica el seguimiento de racimos y enfermedades con aprendizaje profundo como uno de los focos de investigación más activos. El motivo es técnico y agronómico a la vez. La imagen aérea de un viñedo contiene mucha información, pero también mucho ruido. Las calles entre hileras, el suelo desnudo, las malas hierbas, las sombras y la discontinuidad del dosel pueden alterar la señal espectral y térmica. Si el sistema no separa bien la vegetación útil del fondo, los índices y los modelos pierden fiabilidad.

Esa complejidad aumenta por la propia gestión del viñedo. Operaciones como la poda, el desnietado, el deshojado o los cambios en la conducción modifican de forma rápida la estructura de la cepa y la respuesta radiométrica de la cubierta vegetal. Para los autores, esos cambios explican por qué un modelo puede dar buenos resultados en una fecha y rendir peor unas semanas después, aunque se mantenga la misma parcela.

El artículo dedica una parte importante al flujo de trabajo técnico. Antes de entrenar un modelo, los investigadores tienen que corregir errores geométricos y radiométricos, unir imágenes, segmentar la vegetación y construir variables útiles a partir de la señal

captada por el sensor. Después llegan los modelos estadísticos, de aprendizaje automático o de aprendizaje profundo. La revisión señala que la evolución del campo ha ido desde regresiones más simples hacia enfoques más flexibles, capaces de aprender patrones complejos, aunque con una contrapartida clara: consumen más datos, más memoria y más capacidad de cálculo, y a menudo son más difíciles de interpretar.

Ese punto, la interpretabilidad, ocupa un lugar central en la revisión. Los autores consideran que no basta con lograr mucha precisión en una sola finca. También es necesario entender por qué el modelo funciona, cómo se comporta cuando cambian la luz, la variedad o el manejo y si puede transferirse a otros viñedos sin perder valor. En esa línea, el trabajo pone en valor la combinación de modelos guiados por datos con modelos de transferencia radiativa y modelos de cultivo, porque pueden aportar una base física o fisiológica a predicciones que, de otro modo, serían más opacas.

Otra carencia que observan los investigadores es la falta de protocolos estandarizados para captar datos y evaluar resultados. En la literatura revisada aparecen diferencias amplias para una misma tarea, y parte de esa variación no se debe necesariamente al sensor o al algoritmo, sino a cómo se planifica el vuelo, cómo se calibra la imagen, cómo se trata el fondo o cómo se valida el modelo. Por eso piden procedimientos comparables de principio a fin y una presentación más transparente del rendimiento fuera del lugar de estudio.

Las líneas de trabajo que el artículo propone para acelerar la adopción práctica pasan por series temporales con varias fechas de vuelo, fusión de datos de varios sensores, adaptación entre fincas y campañas mediante transferencia de aprendizaje, aumento selectivo de muestras y modelos más ligeros que puedan operar con sensores más asequibles. La idea es reducir la dependencia de grandes volúmenes de datos y facilitar que la tecnología salga del terreno experimental y llegue con más regularidad a la gestión diaria del viñedo.

La revisión también deja claro que no todas las variables agronómicas presentan el mismo grado de madurez. El vigor, el estado hídrico o algunas enfermedades cuentan con una base más amplia de trabajos y herramientas. La calidad de la baya, en cambio,

sigue siendo el campo con más incertidumbre, precisamente porque reúne muchos componentes al mismo tiempo, desde azúcares y acidez hasta compuestos fenólicos y otros rasgos ligados a la composición de la uva y del vino.

Para el sector, el interés de estas técnicas es directo: disponer de mapas detallados de una parcela puede ayudar a ajustar riego, fertilización, tratamientos fitosanitarios o decisiones de vendimia de forma más localizada. La revisión matiza, no obstante, que el paso de la investigación a la aplicación ordinaria depende de que los modelos sean fiables en situaciones distintas y no solo precisos dentro del mismo ensayo. Por eso el trabajo insiste en tres condiciones: datos comparables, validación entre lugares y campañas, y herramientas que puedan utilizarse sin una infraestructura informática excesiva.