

CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN EL MUNDO DEL VINO: CÓMO AFRONTAR LOS RETOS DEL SECTOR VITIVINÍCOLA

*José Miguel Martínez Zapater
Purificación Fernández Zurbano*

*Pilar Santamaría Aquilué
Enrique García-Escudero Domínguez*

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja)

RESUMEN

El *Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV)* es un Instituto mixto de la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas, la Universidad de La Rioja y el Gobierno de La Rioja, con quince años de existencia. El ICVV se crea en un contexto en el que el sector vitivinícola español ha alcanzado unos niveles de producción y de calidad que lo colocan entre los tres primeros del mundo, junto con Francia e Italia, coincidiendo con la necesidad de adaptarse a una producción más sostenible en un marco de cambio climático y de evolución global de los mercados. El ICVV es un instituto de investigación con un marcado carácter finalista y multidisciplinar, de carácter estatal, y que integra personal científico de todos los ámbitos de la viticultura y de la enología con nuevas disciplinas tales como la genómica, la metabolómica o la bioinformática estructural. Este carácter multidisciplinar le permite abordar los mencionados retos desde la generación de conocimiento fundamental hasta su transferencia y aplicación en nuevos desarrollos tecnológicos e innovaciones de procesos y productos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Relevancia y evolución del sector vitivinícola español

La mayor superficie de viñedo del mundo (954.724 ha) se encuentra en España y representa el 13% de la superficie total dedicada al cultivo de la vid (OIV 2022, www.oiv.int). Sin embargo, las características climáticas de la Península Ibérica, particularmente las limitaciones en la disponibilidad de agua, hacen que la producción de vino español, cerca de 40 millones de hl/año (35,7 hl en 2022; OIV 2022), ocupe tradicionalmente una tercera posición a nivel global, después de Italia y Francia. A pesar de ello, España es el primer exportador de vino del mundo en volumen, y el tercero en valor económico. España exporta casi la mitad de su producción de vino, que aumenta año tras año en relación al volumen elaborado, y que en la campaña 2022/2023 ha supuesto 2.969 millones de euros (OEMV, www.oemv.es). Todo ello convierte al sector vitivinícola en uno de los sectores más relevantes de la producción agroalimentaria española.

La actividad vitivinícola en España ha experimentado una rápida transformación en las últimas décadas, especialmente a partir de los años ochenta y noventa del pasado siglo, como consecuencia de cambios legislativos relacionados en gran medida con la entrada en la Unión Europea, la regulación en el uso del riego, la creación de Denominaciones de Origen de Calidad, de un importante proceso de tecnificación e innovación en la producción de uva y en la elaboración del vino y con la implantación de una formación universitaria en enología en varias universidades españolas. En la actualidad, la vid se

cultiva en todas las Comunidades Autónomas. En 2023, se cuenta con 144 denominaciones de calidad que incluyen Denominaciones de Origen, Denominaciones de Origen Calificadas, Vinos de Pago, Vinos de Calidad y Vinos de la Tierra que en su conjunto amparan al 96% del viñedo (MAPA: Informe sobre la aplicación del régimen de autorizaciones de nuevas plantaciones de viñedo 2020 y del potencial vitícola de España, a 31 de julio de 2020).

Según el informe de la Organización Interprofesional del Vino de España (OIVE), realizado por el colectivo de Analistas Financieros Internacionales (AFI), (<https://www.oive.es/publicaciones/informes-importancia-sector/nacional/>), en el año 2020 el sector vitivinícola generó 427.700 empleos, de forma directa o indirecta, y 23.700 millones de euros de Valor Añadido Bruto (VAB), lo que equivale al 2,2% del PIB nacional. Por otra parte, el sector vitivinícola mantiene un profundo vínculo con la gastronomía española, el patrimonio cultural, o la riqueza paisajística contribuyendo al mantenimiento y desarrollo rural. Valga como referencia el actual impulso del enoturismo.

1.2 Retos de la vitivinicultura en el siglo XXI

Existe un consenso generalizado sobre el hecho de que la viticultura europea afronta al menos tres grandes retos en este siglo: la reducción del impacto ambiental en la producción vitivinícola, favoreciendo una sostenibilidad económica, social y ambiental; la adaptación a las nuevas condiciones ambientales que ya está generando el cambio climático; y el posicionamiento ante la globalización de los mercados, y ante los cambios de los patrones de consumo, en parte también relacionados con el cambio climático.

1.3 Necesidad de una viticultura sostenible y respetuosa con el medio ambiente

La viticultura, al igual que otras actividades agrarias, debe ser capaz de mantener una producción sostenible de calidad, con un mínimo efecto en el medio ambiente. La vid es una especie bastante rústica y adaptada a las condiciones ambientales mediterráneas. Sin embargo, esta especie es susceptible a enfermedades como el mildiu y el oídio, y a plagas como la filoxera, introducidas en el siglo XIX y que no se encontraban previamente en su hábitat natural euroasiático y circunmediterráneo. Por ello requieren de programas y estrategias de tratamiento adecuados, en función de las condiciones culturales y ambientales del viñedo. Afortunadamente, en gran parte de la geografía ibérica la climatología es propicia para la producción de uva en condiciones ecológicas, debido a una menor incidencia de las enfermedades y plagas que afectan al viñedo. Estas características hacen de España un modelo de gestión ecológica del cultivo, cuya producción es cada vez más demandada por un consumidor informado y consciente de la necesidad de salvaguardar el medio ambiente.

1.4 Cambio climático

Cuando se habla de cambio climático, se suele considerar tres variables fundamentales asociadas: la temperatura, la disponibilidad de agua y la concentración de CO₂. Todas ellas afectan de algún modo a la producción y a la calidad de la uva, aunque son la temperatura y la disponibilidad de agua los factores que tienen mayor efecto en la cantidad y calidad de la producción. Por otra parte, las limitaciones geográficas y varietales a las que han de acogerse las denominaciones de calidad reducen las posibilidades de adaptación de la viticultura a las nuevas condiciones climáticas.

La temperatura ejerce un efecto directo sobre la velocidad de desarrollo y de crecimiento de la vid, y sobre la fisiología de la planta. De hecho, el efecto del aumento progresivo de la temperatura puede observarse, a través de las series históricas de las últimas décadas, en el progresivo adelanto de las fechas de vendimia. Un aumento de la temperatura acelera la maduración tecnológica de la pulpa de la uva, que se desfasa con respecto a la maduración de las semillas y del hollejo. Las altas temperaturas producen, por tanto, vinos de alta graduación alcohólica, pobres en gusto y aroma, más frágiles y de menor aptitud para la crianza dada su baja acidez. La temperatura también afecta a la composición

fenólica, en especial a taninos y antocianos, reduciendo el color de la uva y del vino y su estabilidad. Las olas de calor, cada vez más frecuentes y de mayor duración, provocan alteraciones y limitaciones importantes y no deseables del proceso de maduración que, dependiendo de la disponibilidad de agua, pueden llevar a la pérdida de la cosecha o incluso a la muerte de las plantas.

Asimismo, el cambio climático está asociado a alteraciones de la intensidad y del régimen de precipitaciones, que favorecen un proceso de desertificación, que se estima va a ser importante en la Península Ibérica. Si bien la rusticidad de la vid ha localizado tradicionalmente su cultivo en las zonas menos productivas y con menor disponibilidad de agua, la limitación de este elemento puede tener consecuencias drásticas en la producción y en la calidad, máxime cuando se combina con temperaturas elevadas.

Finalmente, comentar que el cambio climático modifica el medio biológico en el que se desarrolla el cultivo, afectando a la dinámica de las plagas y enfermedades que conviven en el viñedo, pudiendo provocar cambios en su nivel de virulencia, causando la desaparición de alguna de ellas o bien la aparición de nuevos organismos nocivos. La proximidad al continente africano hace que la posibilidad de nuevos agentes patógenos que afecten a la vid en condiciones de cambio climático, sean reales.

1.5 Cambio en los patrones de consumo

Como ya se ha indicado, un tercer reto tiene que ver con la evolución de los mercados. El patrón de consumo del vino está cambiando rápidamente como consecuencia de múltiples factores entre los que participan la globalización de los mercados, el cambio generacional, así como el propio cambio climático. Entre sus consecuencias cabe destacar la reducción del consumo interno, la aparición de nuevos países productores y la creciente demanda de vinos blancos, y de vinos con menor grado alcohólico, en un contexto de producción y elaboración sostenible.

En la actualidad, el vino está dejando de ser considerado como un alimento convirtiéndose en un artículo de lujo con un claro componente hedonista, circunstancia muy relacionada con la reducción importante en el consumo de países tradicionalmente consumidores (PTVino Agenda Estratégica; www.ptvino.com). Por último, al dejar de ser considerado como un artículo de primera necesidad, como lo había sido tradicionalmente, su consumo se hace más vulnerable a las crisis económicas y sociales que pueden generarse como consecuencia de conflictos bélicos, de decisiones políticas y sin duda alguna, por los propios efectos del cambio climático y las migraciones.

1.6 Nuevas herramientas para una vitivinicultura de calidad

En la sociedad contemporánea, el conocimiento científico impregna prácticamente todas nuestras actividades y el desarrollo de nuevas tecnologías derivadas en gran parte de la investigación biológica, química y de la informática, permiten conocer mejor el funcionamiento de los seres vivos y de sus interacciones con el medio natural. No es casualidad que este siglo comenzara con el desciframiento del genoma humano y que en muy pocos años este conocimiento haya generado todo un conjunto de aplicaciones que son extensibles a todos los seres vivos.

Lo mismo ocurre con toda una panoplia de tecnologías analíticas de última generación, que permiten la separación de miles de moléculas que forman parte de un organismo o de un producto biológico, así como su identificación y cuantificación basadas en tecnologías de cromatografía y de espectrometría de masas. Asimismo, la valoración de muchas de estas moléculas se puede también estimar mediante técnicas de análisis multiespectral, lo que facilita el estudio de los organismos de forma no invasiva o destructiva. En cualquier caso, el enorme desarrollo de la capacidad analítica está en consonancia con el del soporte informático, que propicia una nueva disciplina como la ciencia de datos, cuyo análisis se ve facilitado por novedosas estrategias de inteligencia artificial.

Realmente, el mundo de la vid y del vino constituye un buen ejemplo en lo que se refiere al avance del conocimiento y de la utilización de las tecnologías disponibles. El vino es el resultado de la interacción entre el medio, la producción de uva que aportan las distintas variedades y la actuación de los diferentes microorganismos fermentativos. Las variedades de vid (*Vitis vinífera*) suelen estar injertadas sobre portainjertos de especies americanas (*Vitis* spp.) Por su parte, la fermentación del mosto se debe principalmente a la actividad de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, junto con otras especies de levaduras no-*Saccharomyces*, a lo largo de la fermentación alcohólica, y a bacterias lácticas (*Oenococcus* spp.) en el desarrollo de la fermentación maloláctica. Todos los genomas de estas especies están ya disponibles en bases de datos de acceso público. Ocurre igual con los genomas de patógenos de la vid, como son los responsables de los ya mencionados, mildiu (*Plasmopara viticola*), oídio (*Erysiphe necator*) o podredumbre gris del racimo (*Botrytis cinerea*).

De igual manera, las tecnologías analíticas de alta eficacia, mencionadas anteriormente, se aplican en el análisis de mostos y vinos y facilitan la asociación de los resultados obtenidos con las variedades empleadas, las condiciones de cultivo, los procesos tecnológicos de elaboración del vino o su análisis organoléptico, permitiendo además la detección y seguimiento de situaciones de fraude.

Finalmente cabe destacar que el desarrollo tecnológico en las telecomunicaciones, en la teledetección, así como el uso drones y la robótica, facilitan el desarrollo de estrategias de percepción remota para el seguimiento del estado fisiológico y sanitario del viñedo, y su variación espacial y temporal, contribuyendo al desarrollo de una viticultura de precisión. Cuando esta información se combina con características del suelo y con sistemas de información geográfica, su análisis estadístico permite relacionar parámetros de calidad y de producción con el tipo de suelo, la disponibilidad de agua, la temperatura, el estado fisiológico de la planta, ... El viñedo se convierte así en un gran laboratorio para el estudio de la interacción de la vid con el medio físico y biológico, facilitando el conocimiento de sus componentes vivos e inertes y permitiendo una viticultura más eficaz y sostenible ambientalmente.

2. EL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA VID Y DEL VINO.

2.1 Origen y localización

El Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV) fue creado en febrero de 2008, como Instituto mixto de titularidad compartida entre la Universidad de La Rioja, la Consejería de Agricultura del Gobierno de La Rioja y la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), mediante la firma de un convenio de creación, que ha sido renovado este mismo año. A partir de ese momento, empezó a desarrollar un proyecto común de actividades de investigación, con personal científico de las tres instituciones, que llevó a la construcción de la que es su sede definitiva a partir de abril de 2015.

En la actualidad, el ICVV está estructurado en un edificio científico (dotado de bodega experimental) de 7000 m² aproximadamente, aportado por el CSIC, y en un edificio administrativo de 1200 m², aportado por el Gobierno de La Rioja. Todo el conjunto se localiza en el entorno denominado Finca La Grajera, propiedad de la Comunidad Autónoma de La Rioja, que cuenta con más de 90 ha de viñedo. La citada finca se sitúa en un paraje próximo a la ciudad de Logroño. En su momento, el Gobierno de La Rioja construyó una Bodega Institucional de características y dimensiones similares a las de una bodega comercial de tamaño medio, con una zona de uso polivalente que incluye salón de actos y salas multiusos para reuniones y congresos. Estas instalaciones están a disposición del uso y disfrute del ICVV. La bodega facilita la realización de experimentos de escalado a nivel industrial. La zona polivalente da soporte a muchas de las actividades de transferencia que se llevan a cabo desde el Instituto. A tal disponibilidad, se añaden, con fines de investigación y de experimentación, los viñedos de La Finca La Grajera y de la Finca Valdegón, también propiedad de la Comunidad Autónoma de La Rioja, situada a 15 km de Logroño en los términos municipales de Agoncillo (La Rioja) y Viana (Navarra). Asimismo, constituyen un soporte experimental para el ICVV, el Laboratorio Regional de La Rioja y la Estación Enológica de Haro, ambos de titularidad del Gobierno de La Rioja.

2.2 Misión

El Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino se define como un Instituto de investigación finalista (el objetivo último es el sector vitivinícola), de marcado carácter multidisciplinar. El ICVV identifica como misión la generación de nuevos conocimientos y de nuevas tecnologías en Viticultura y Enología que sirvan como base para el desarrollo tecnológico, el fomento de prácticas sostenibles para el agrosistema vitícola y la innovación en el sector vitivinícola, consustancial a la cultura y a la economía agraria del país. Esta misión cobra en la actualidad especial relevancia ante la necesidad de desarrollar una vitivinicultura sostenible en el marco que imponen las amenazas del cambio climático y la globalización de los mercados mencionadas anteriormente. Lógicamente, esta misión incluye el impulso a la transferencia de conocimiento y de los resultados científicos y tecnológicos a la sociedad y al sector, así como la contribución a la formación de nuevo personal científico y técnico en viticultura y enología, particularmente en la etapa de posgrado que garanticen la propia sostenibilidad del sistema de I+D+i.

La relevancia del sector vitivinícola español ha promovido la existencia de grupos de investigación centrados en viticultura o enología prácticamente en todas las Comunidades Autónomas, tanto en las universidades, como en los centros autonómicos de investigación agraria y en los diferentes institutos del CSIC de Ciencias Agrarias o de Ciencia y Tecnología de Alimentos, muchos de los cuales alcanzan un reconocido y meritorio nivel internacional. Sin embargo, el ICVV representa hoy por hoy el único instituto de investigación en el campo vitivinícola con un carácter nacional y ampliamente multidisciplinar, que contempla conjuntamente líneas de investigación fundamental junto con el desarrollo de aplicaciones tecnológicas y de innovación y que aborda conjuntamente la investigación en viticultura y en enología, disciplinas que en muchos casos se han visto tradicionalmente separadas a pesar de toda la experiencia que aboga por contemplarlas conjuntamente.

2.3 Personal y actividad científica

El Instituto, que empezó con unas 60 personas en 2008, cuenta en la actualidad con más de 110 personas trabajando, de las que el 50% tienen el grado de doctor. El personal se organiza en 15 grupos de investigación, integrados a su vez dos departamentos (Departamento de Viticultura y Departamento de Enología); tres servicios científico-técnicos de apoyo a la investigación (Análisis Instrumental, Cultivos Vegetales y Bodega Experimental) y dos servicios generales (Administración e Informática).

La actividad científica de los grupos de investigación del Departamento de Viticultura se centra en las áreas de “Sistemas de producción y viticultura de precisión”, “Sanidad del viñedo y protección integrada” y “Genética, genómica y mejora genética de la vid”, En todas las áreas se conjugan la investigación básica sobre los procesos de desarrollo, maduración y de interacción con el medio ambiente físico y biológico, analizados mediante las últimas tecnologías disponibles en genómica y metabolómica, con el desarrollo de aplicaciones prácticas para la producción de uva de calidad, el manejo del viñedo o la identificación, caracterización, mejora varietal y selección clonal de recursos genéticos para la vid. Gran parte de los experimentos desarrollados en el viñedo, terminan en la bodega experimental con la elaboración de vino y su análisis químico y sensorial, en colaboración con los grupos del departamento de Enología.

Por su parte, en el Departamento de Enología la actividad científica se asienta en torno a cuatro grandes áreas: “Microbiología enológica y biotecnología”, “Química enológica”, “Tecnología enológica” y “Polifenoles y salud”. El área de Tecnología enológica tiene un perfil más tecnológico en lo relativo al estudio, desarrollo y mejora de los procesos de elaboración de distintos tipos de vinos o de nuevos vinos. Por su parte, el resto de las áreas combinan la investigación fundamental en lo que hace referencia a microbiología, evaluación química y organoléptica del vino y sus efectos en la salud, con aplicaciones en la identificación y selección de nuevas cepas de microorganismos fermentativos, la definición de términos para el análisis sensorial y formación de paneles o el desarrollo de aplicaciones y marcadores para la evaluación de dietas y el consumo de vino, entre otros. Finalmente, cabe mencionar la existencia de un grupo de investigación en bioinformática estructural que interacciona con líneas de

investigación en ambos departamentos cuando se trata de conocer los efectos de mutaciones espontáneas en la mejora de levaduras o variedades de vid, o las interacciones moleculares que participan en las respuestas sensoriales o en las interacciones entre distintos organismos.

2.4 Los servicios científico-técnicos de apoyo a la investigación

En los años transcurridos desde la instalación del instituto en su sede actual, se han puesto en marcha tres Servicios Científico-Técnicos, que tienen como función el apoyo a la ejecución de los proyectos en activo de los distintos grupos de investigación del ICVV, y que al mismo tiempo ofrecen sus servicios a otros grupos de investigación de las instituciones participantes, a otras instituciones públicas y a empresas del sector que lo soliciten. Inicialmente, estos servicios cubren actividades fundamentales en la investigación desde la perspectiva del Análisis Instrumental, manejo de los Recursos Vegetales y funcionamiento y organización de la Bodega Experimental.

El Servicio de Análisis instrumental cuenta con equipamientos para la separación, detección e identificación de compuestos volátiles y no volátiles, tanto a nivel preparativo como analítico, con diferentes sistemas de detección y con sistemas de identificación basados en espectrometría de masas de diversas sensibilidades. Todos ellos permiten tanto el análisis dirigido de compuestos o familias de compuestos, como la aplicación de metodologías no dirigidas de metabolómica.

A su vez, el Servicio de Recursos Vegetales apoya el uso de las instalaciones que requiere la vid y su cultivo, bien se trate de cámaras climáticas, invernaderos, umbráculos o parcelas experimentales. En este último caso, se cuenta con el soporte del personal de campo del Gobierno de La Rioja. Por otro lado, este servicio gestiona las colecciones genéticas de trabajo del ICVV, bien se trate de colecciones de variedades (más de 500 variedades nacionales e internacionales disponibles) como biotipos o accesiones de las variedades más importantes del valle del Ebro, hasta un total de unas 1700 entradas. El servicio gestiona tanto herramientas genéticas, tales como poblaciones segregantes de cruzamientos dirigidos entre variedades o colecciones nucleares de variedades de vid que maximizan su diversidad genética, como parcelas experimentales que permiten estudiar el comportamiento de las variedades más importantes en distintas condiciones de manejo. Todas estas herramientas constituyen un componente fundamental para el desarrollo de proyectos de investigación del ICVV y para su integración en proyectos de colaboración a nivel nacional y europeo. Asimismo, las parcelas de viñedo disponible permiten el estudio de la puesta en marcha de técnicas de cultivo de diferente aplicación (sistema de conducción, utilización de riego, técnicas de mantenimiento de suelo...) y del control integrado de plagas y enfermedades, así como el ensayo de nuevos agroquímicos y tecnologías con diferentes propósitos.

Por último, la Bodega Experimental permite la elaboración a nivel de pequeña escala de vinos tintos y blancos procedentes de diferentes líneas de investigación. La bodega cuenta con las instalaciones necesarias para una correcta elaboración y conservación del vino y se ve respaldada por la Bodega Institucional, cuando los volúmenes de elaboración así lo requieren. En general, la Bodega Experimental representa un lugar común para muchas investigaciones, tanto en viticultura como en enología.

Gracias al proyecto Agroalnext, co-financiado por el MICIN y el Gobierno de La Rioja, se trabaja en la habilitación de nuevos servicios que vienen a completar la oferta del ICVV, tanto a sus investigadores como al sector en general. Estos servicios incluyen la puesta en marcha de un Laboratorio de Análisis Sensorial, un Insectario para la cría de especies plaga, enemigos naturales y especies modelo, y un laboratorio de Extracción de ADN antiguo que permita la extracción y análisis de ADN de muestras arqueológicas de vid con objeto de conocer la historia, la presencia y la evolución de este cultivo en la Península Ibérica. Estos Servicios se completarán además con un Servicio de Bioinformática en los próximos meses.

2.5 Unidades asociadas y colaboraciones internacionales

La diversidad temática que se aborda en el ICVV y la necesidad de ampliar el espectro multidisciplinar, nos lleva a establecer unidades asociadas (UA) con otras instituciones nacionales como: la UA de “Laboratorio de Análisis del Aroma y Enología” y la UA de “Bioquímica, Biofísica y Biología Computacional” la primera con la Universidad de Zaragoza y con ésta y con la EEAD (CSIC) la segunda; la UA de “Uso Eficiente del Agua en la Vid” con la Universidad de las Islas Baleares; la UA de “Oxígeno y Vino” con la Universidad de Valladolid; la UA de “Estrés y Calidad en la Vid” con la Universidad de Santiago de Compostela y la UA de “Nutrición y Salud” con el CIBIR (Centro de Investigaciones Biomédicas de La Rioja). Así mismo, a través de convenios bilaterales de la Universidad de La Rioja, del CSIC o de la Consejería de Agricultura, se mantienen relaciones con universidades e instituciones de investigación en otros países europeos (Francia, Italia, Portugal, Chequia) e iberoamericanos (México, Argentina, Chile).

2.6 Actividades de transferencia

Toda la actividad investigadora no tendría sentido sin una intensa actividad de transferencia al sector vitivinícola. Esta actuación se plasma en múltiples contratos de investigación y contratos de apoyo tecnológico, fundamentalmente con bodegas y con empresas del sector auxiliar, tanto nacionales como internacionales, así como prestaciones de servicios a través de los servicios científico-técnicos y de los grupos de investigación, y la transferencia de resultados de investigación mediante la licencia de patentes y de microorganismos registrados, fundamentalmente con la industria auxiliar. En este sentido, constituye una herramienta importante de transferencia de conocimiento los congresos nacionales e internacionales, las jornadas técnicas sobre temáticas específicas, las jornadas anuales, los ciclos anuales de seminarios científico-técnicos o los boletines trimestrales de información orientados al sector.

En un Instituto de investigación orientada y finalista como el ICVV, el abordaje de problemas complejos como los que se dan a todos los niveles en el mundo del vino requiere de aproximaciones multidisciplinarias que pasan por la colaboración eficiente entre investigadores de distintas disciplinas, tanto dentro como fuera del mismo y, siempre que es posible, con la implicación directa de los propios actores del sector.