

# BIOESTIMULANTES *para el cultivo sostenible de la vid*

El cultivo intensivo de la vid implica una reducción drástica de la calidad del suelo y de la biodiversidad de su agroecosistema, comprometiendo su sostenibilidad. Los bioestimulantes sirven para evitarlo ya que estimulan el crecimiento vegetal, la producción de uva y su resiliencia ante situaciones ambientales adversas. Sin embargo, su implementación en el cultivo de la vid tiene limitaciones, que van desde la fabricación y la comercialización hasta su aplicación, junto con algunas consideraciones medioambientales. Para resolverlas, es imprescindible una colaboración activa entre investigadores, fabricantes, reguladores y propietarios de viñedos.

GERMÁN TORTOSA<sup>1</sup>, MARÍA J. DELGADO<sup>1</sup>, SOCORRO MESA<sup>1</sup>, RICARDO AROCA<sup>1</sup>, ISABEL M. LIBERAL<sup>2</sup>,  
JUAN F. AGUIAR<sup>2</sup>, RAMÓN CASIMIRO-SORIGUER<sup>2</sup>, RAÚL OCHOA-HUESO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estación Experimental del Zaidín (EEZ-CSIC), Granada

<sup>2</sup> Instituto de Investigación Vitivinícola y Agroalimentaria (IVAGRO), Universidad de Cádiz



Viñedo manejado de forma convencional (laboreo frecuente y empleo de agroquímicos) en suelos con una alta probabilidad de erosión.

**L**a vid es uno de los cultivos perennes más extendidos a nivel mundial, por lo que tiene una gran importancia económica, ambiental y cultural. Desde su domesticación inicial en Asia occidental y el Cáucaso hace alrededor de 11.000 años, el cultivo de la vid ha estado ligado a nuestra cultura. Podríamos decir que, en cierto modo, nos define como sociedad. Su estudio ha sido de gran interés desde la antigüedad, tal y como atestiguan los textos de autores clásicos como Plinio el Viejo o Columela. Sus tratados, de más de 2.000 años, todavía siguen siendo de actualidad y son considerados como referentes. Sin embargo, el cultivo de la vid de antaño poco se parece al de hoy en día, ya que son muchos los factores culturales, ambientales y de manejo agrícola que han cambiado.

### El cultivo regenerativo de la vid

El cultivo tradicional de la vid se basaba en un manejo agrícola más integrado con su entorno. El suelo y la biodiversidad asociada al cultivo (plantas adventicias, insectos, aves, fauna edáfica, microbiota, etc.), junto con un mayor ciclado de nutrientes, aseguraban una mayor resiliencia a los factores ambientales adversos. Sin embargo, con el desarrollo de la agricultura intensiva el equilibrio ecosistémico se modificó. Esta agricultura se centró solo en incrementar la producción a través del empleo de insumos externos como los fertilizantes minerales o plaguicidas. Y aunque estos productos aumentaron el rendimiento de forma notable, sobre todo al principio, su efecto beneficioso se redujo con el paso del tiempo. Esto se debe, en parte, a su toxicidad acumulada en el medio ambiente y a su efecto negativo sobre la inmunidad de las plantas.

El uso indiscriminado de fertilizantes minerales, incluyendo los nitrogenados, contamina tanto las aguas superficiales como las subterráneas. Esto genera eutrofización y un aumento en las emisiones de óxido nitroso, uno

## Las prácticas intensivas han resultado en una reducción drástica de la calidad del suelo y de la biodiversidad del agroecosistema de la vid, que compromete la sostenibilidad del cultivo

de los tres principales gases de efecto invernadero. Además, la aplicación indiscriminada de biocidas para controlar las plantas adventicias, insectos y hongos ha provocado una reducción drástica de la microbiota beneficiosa y de los enemigos naturales de las plagas. El uso de fungicidas también ha incrementado la acumulación de cobre en los suelos de las viñas. Este metal contribuye a la reducción de la fertilidad de los suelos agrícolas a través de una disminución de la actividad metabólica de su microbiota. Otra consecuencia del manejo intensivo de los viñedos es la degradación de sus suelos. Estos son cada vez más pobres en materia orgánica y nutrientes, en microorganismos beneficiosos y muy vulnerables frente a la erosión, la contaminación o la salinidad. Esto implica, además, una mayor sensibilidad a eventos climáticos extremos tales como las sequías o las lluvias torrenciales. Según las predicciones sobre el cambio climático, habrá una modificación del patrón de las precipitaciones y un incremento en la frecuencia de eventos extremos tales como la sequía, lo que podría resultar en una mayor incidencia de ciertas plagas.

Para hacer frente a todos estos problemas, existen varias estrategias de manejo que podrían contribuir a la regeneración de las tierras de cultivo, incluyendo los viñedos. Uno de ejemplos de éxito es la integración de una cubierta vegetal que ayude a retener agua y nutrientes en el suelo, así como servir de reservorio para enemigos naturales de plagas. Otras estrategias son la reintegración del ganado, en

especial el ovino, para el manejo de dicha cobertura y como fertilización natural o el empleo de enmiendas orgánicas obtenidas a partir de los propios residuos de la vid como el compost. Los bioestimulantes, que favorecen el metabolismo y la salud vegetal, así como la producción y la calidad de la uva, también se han propuesto como estrategia para regenerar los viñedos.

### ¿Qué son los bioestimulantes?

Los bioestimulantes son materiales, a menudo de origen biológico, que contribuyen a mejorar alguna característica agronómica de las plantas con independencia del contenido de nutrientes que aportan. Normalmente se aplican en muy bajas concentraciones, lo que los diferencia de los fertilizantes. Sus principales efectos incluyen una mayor producción, una mejora en el perfil nutricional de la planta, o una mayor tolerancia frente al estrés abiótico o biótico. A nivel europeo, los productos comerciales con bioestimulantes están regulados por el Reglamento (UE) 2019/1009, y a nivel estatal, por el Real Decreto 999/2017 sobre productos fertilizantes. Ambas normas surgen de la necesidad de adaptar el marco legislativo para incluir una categoría que incorpore en su composición microorganismos cuya acción sea facilitar la disponibilidad de nutrientes para la planta. Los bioestimulantes pueden ser de origen microbiano o no y, por tanto, difieren ampliamente en sus mecanismos de acción. Entre ellos destacan los hidrolizados proteicos, los ami-



noácidos, los extractos de algas, el quitosano, ácidos húmicos y fúlvicos, los extractos vegetales o el biochar. También los compuestos inorgánicos ricos en aluminio o silicio, hormonas vegetales, o microorganismos beneficiosos como las micorrizas o algunas rizobacterias. El uso de bioestimulantes es especialmente relevante cuando hay estrés ambiental, como la falta de lluvia, la salinidad o la contaminación, o biológico, producido por plagas de insectos o enfermedades fúngicas. Estas características los convierten en una herramienta idónea para favorecer la resistencia y sostenibilidad de cualquier cultivo, en especial, el viñedo.

A continuación, presentamos las características principales de algunos de ellos, así como sus efectos más relevantes sobre la vid y la uva.

### Los hidrolizados proteicos

Los hidrolizados proteicos son una mezcla compleja de poli y oligopéptidos, junto con aminoácidos, que provienen de una hidrólisis parcial de materiales ricos en proteínas. Lo más habitual es que sean de origen animal (por ejemplo, a partir de sangre, pelos o plumas), que contienen un perfil más completo de aminoácidos, aunque cada vez se encuentran más

productos comerciales de origen vegetal. Estos últimos contienen altos contenidos de carbohidratos y fenoles, que mejoran las defensas de la vid frente al estrés oxidativo. Los hidrolizados proteicos pueden ser de dos tipos: los que contienen un alto perfil de aminoácidos específicos (como péptidos de glutamina, cisteína/glicina o triptófano), o los que contienen péptidos bioactivos, con una secuencia concreta de aminoácidos (de 3 a 20). Sus principales efectos en la fisiología vegetal de la vid se relacionan con la mejora de la asimilación de carbono y nitrógeno, la actividad hormonal y la adquisición de nutrientes. Además, se ha demostrado que estimulan el microbioma de la vid, lo que favorece la asimilación de agua, el crecimiento y la adaptación vegetal frente a condiciones de estrés abiótico y biótico. De forma más concreta, se ha visto que los hidrolizados proteicos modulan la regulación de algunos genes implicados en la nutrición, la señalización celular ligada a especies reactivas de oxígeno, o la tolerancia al estrés. También favorecen la acumulación de antocianinas en las uvas, así como una reducción de la evapotranspiración y una estimulación del sistema inmune vegetal frente al ataque de determinados patógenos fúngicos.

### Los extractos de algas

Los extractos de algas se obtienen a partir de diversas especies de macroalgas marinas, algunas de las cuales se cultivan y otras no. Entre las más habituales para la elaboración comercial de bioestimulantes encontramos algas pardas del género *Ascophyllum*, *Ecklonia* o *Laminaria* o algas rojas del género *Kappaphycus* o *Gracilaria*. Los extractos de algas se pueden aplicar por vía foliar o directamente al suelo. Sus efectos incluyen un incremento en el crecimiento vegetativo, tanto aéreo como subterráneo, en la producción, y en la calidad de la uva, tanto en condiciones adversas como normales de crecimiento. Una vía de acción es el incremento de fitohormonas, tales como las auxinas (crecimiento apical, floración, y formación del fruto) y las citoquininas (división celular). Los extractos de algas favorecen, además, la microbiota asociada a la rizosfera, que ayuda a su establecimiento y, también, la acumulación de antocianinas y compuestos fenólicos en los frutos.

### Las sustancias húmicas

La materia orgánica del suelo es clave para la fertilidad. Dentro de este grupo genérico de compuestos encontramos a las sustancias húmicas, que provienen de la descomposición natural de materiales ricos en carbono por los microorganismos del suelo. Aunque tienen estructuras químicas muy complejas, que aún están por dilucidar, son un componente esencial en la salud de los suelos. Las sustancias húmicas suelen tener naturaleza lignocelulósica, con un alto porcentaje de grupos fenólicos, lo que les hace similares a algunas hormonas vegetales como las auxinas. Se obtienen de carbones naturales como la turba o el lignito, aunque también son fuente de ácidos húmicos otros materiales renovables como el compost.

La aplicación de sustancias húmicas favorece, entre otros, la activación de algunos transportadores de membrana implicados en el intercambio de metabolitos primarios y secundarios.



Viñedo manejado con biostimulantes microbianos, cubiertas vegetales y ganado ovino. Resultados del proyecto “Regenerando vida en suelos de viñedos gaditanos” del Grupo Operativo Regional “Suelos Vivos” ([www.suelosvivos.es](http://www.suelosvivos.es)).

Generan un incremento de la biomasa radicular, la asimilación de nutrientes y la actividad fotosintética. También una atenuación de los daños asociados al estrés por salinidad, sequía, o contaminación por metales pesados. Se ha visto que están implicadas en la transcripción y actividad de algunas hormonas vegetales, así como el establecimiento de una comunidad microbiana asociada a la planta, en especial, en la rizosfera.

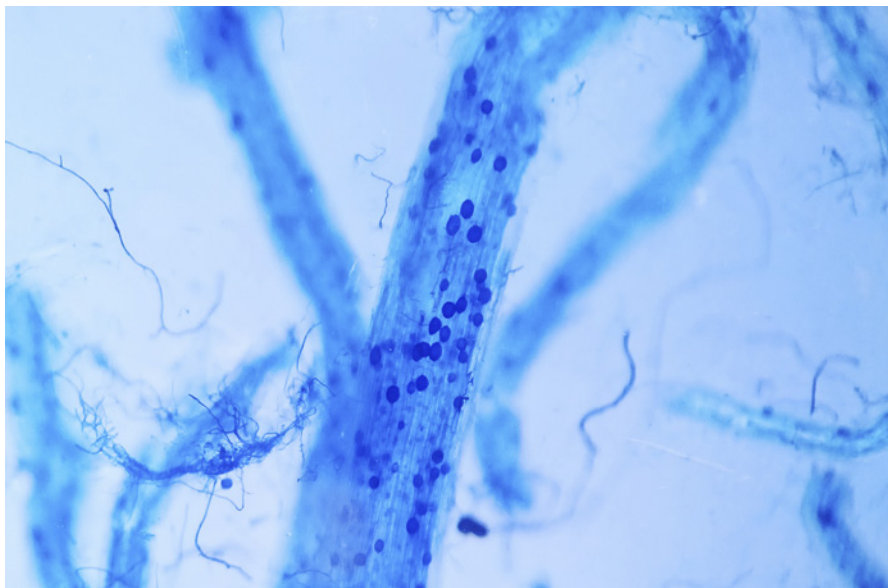
### El biochar

Uno de los materiales pirogénicos más habituales es el biochar, que proviene de la combustión de materiales ricos en carbono en baja presencia de oxígeno (condiciones reductoras). Aunque sus propiedades dependen en gran medida del material usado para producirlo, se caracterizan por ser muy porosos y por tener grandes cantidades de compuestos carbonados aromáticos y recalcitrantes. Su efecto como bioestimulante se relaciona, sobre todo, con una alta capacidad de favorecer la germinación, la actividad antioxidante celular, así como de actuar como pesticidas o agentes antimicrobianos.

### Los bioestimulantes bacterianos

Los bioestimulantes bacterianos incluyen productos ricos en bacterias promotoras del crecimiento vegetal, o PGPRs (del inglés *Plant Growth-promoting Rhizobacteria*). Las PGPRs son bacterias capaces de interactuar de forma beneficiosa con la planta, en especial con la raíz, aunque no exclusivamente. Sus mecanismos de acción incluyen la liberación al medio de fitohormonas, tales como el ácido indolacético o las giberelinas, la tolerancia al estrés biótico y abiótico, o la actividad biopesticida o de biocontrol. Su efecto como biopesticida se relaciona con su capacidad para producir antibióticos, enzimas líticas, y algunos compuestos orgánicos volátiles.

Su uso implica un paso previo de aislamiento del medio (normalmente del suelo) y de enriquecimiento en condiciones controladas. Una opción



Raíces colonizadas por hongos formadores de micorrizas. Se observan las hifas extraradicales y vesículas de reserva, ambas en azul.

## Los bioestimulantes son herramientas de gran interés para el cultivo de la vid, al promover su crecimiento y mejorar su resiliencia ante situaciones de estrés ambiental

es obtener estos organismos a partir de los suelos de los propios cultivos donde posteriormente se aplicarán, aunque se ha explorado también la opción de aislar microorganismos de ambientes extremos con el propósito de transmitir a los cultivos su capacidad para prosperar en condiciones estresantes. Géneros tales como *Ensifer*, *Burkholderia*, *Pseudomonas* o *Bacillus*, aislados de viñedos, han demostrado su efectividad para promover el desarrollo radicular, de yemas, sarmientos y de la fructificación, entre otros factores. También son efectivos en cultivos con suelos salinos de naturaleza alcalina, al mejorar el establecimiento de los plantones y su desarrollo, en especial, bajo heladas.

### Las micorrizas

Los hongos formadores de micorrizas establecen simbiosis con prácticamente la totalidad de las plantas. En especial, los hongos micorrícicos arbusculares amplifican de forma notable el área de influencia de las raíces, lo que incrementa su capacidad de asimilar agua y nutrientes, especialmente el fósforo insoluble del suelo. También contribuyen a la obtención de otros nutrientes esenciales para la vid tales como el hierro, el manganeso, el cobre o el cinc. Su papel es especialmente relevante en los viñedos desarrollados sobre suelos pobres en nutrientes y con acceso limitado al riego. Además de favorecer la asimilación de nutrientes, las micorrizas proveen a la



vid de vitaminas y hormonas esenciales para su metabolismo y salud. Las micorrizas protegen de la influencia negativa de nematodos patógenos como *Meloidogyne incognita* a través de la inducción del sistema de defensa vegetal mediante la liberación al medio de enzimas como las quitinasas. Estos microorganismos actúan favoreciendo la salud de la rizosfera, y repercuten en una mejor adaptación de la vid a estreses abióticos y bióticos. Estos son provocados por el calor, la sequía, la salinidad, toxicidad por metales pesados, los patógenos o las plagas, entre otros muchos.

### Bioestimulantes para el futuro sostenible de la viticultura

Los bioestimulantes son una potente herramienta que nos puede ayudar a adaptar el cultivo de la vid a los cambios venideros, en especial los climáticos. Por su potencialidad y versatilidad deberían estar integrados en la rutina productiva. Sin embargo, la realidad es bien distinta. A pesar de sus beneficios avalados por la ciencia, hay aspectos que aún limitan su implementación en el cultivo de la vid. Dichas limitaciones abarcan aspectos que van desde

la fabricación y la comercialización hasta su aplicación, junto a algunas consideraciones medioambientales. En cuanto a las primeras, destaca la falta de una armonización legislativa de estándares de calidad, unos costes productivos competitivos, la disponibilidad de materiales para su fabricación, así como la pérdida de eficacia durante su almacenaje. A esto hay que sumarle la falta de validación de su efectividad en condiciones de campo, una evaluación de su efecto según dosis y concentración o la falta de conocimientos de los mecanismos concretos de acción. Además, falta conocer su comparación con tratamientos minerales habituales o unos protocolos estandarizados y reproducibles para su aplicación. Conocer sus efectos a medio y largo plazo en el suelo, o los cambios necesarios en el manejo de los cultivos que garanticen su compatibilidad e integración con las prácticas habituales (labranza o el manejo del suelo), son retos a los que se enfrenta el uso de bioestimulantes. Para abordar estas limitaciones se necesita una colaboración activa entre investigadores, fabricantes, reguladores y propietarios de viñedos. Es necesario desarrollar protocolos

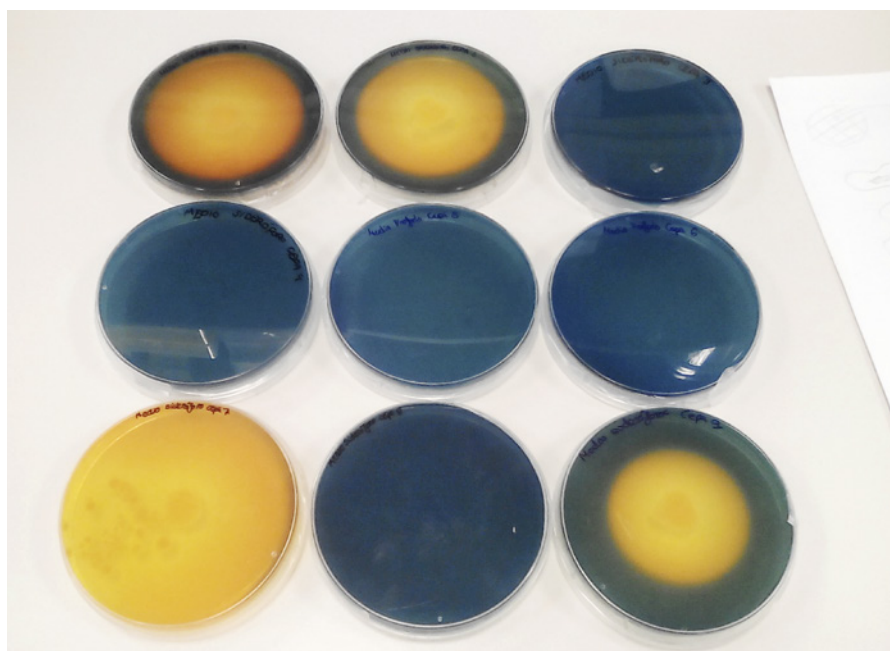
estandarizados, realizar ensayos de campo rigurosos, mejorar la comprensión de los mecanismos de los bioestimulantes y establecer marcos reguladores claros que garanticen los estándares de calidad y eficacia. A pesar de estas deficiencias, el interés es cada vez mayor ya que se presentan como un aliado potencial a la hora de tratar de lograr la sostenibilidad de los agroecosistemas de los viñedos. El desarrollo futuro del cultivo de la vid y su impacto económico, social y ambiental, dependen de este tipo de estrategias ambientales que ayudan a su resiliencia frente al cambio climático. Y quizás, con su uso, aseguraremos que siga siendo el cultivo milenario que nos define como sociedad.

### Agradecimientos

ROH agradece al Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) a través de las “Ayudas a Grupos operativos de la Asociación Europea de Innovación (AEI) en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas”, Referencia: GOPC-CA-20-0001.

### Bibliografía

- Jindo K., Goron T.L., Pizarro-Tobías P., Sánchez-Monedero M.A., Audette Y., Deolu-Ajayi A.O., van der Werf A., Teklu M.G., Shenker M., Pombo Sudré C., Busato J.G., Ochoa-Hueso R., Nocentini M., Rippen J., Aroca R., Mesa S., Delgado M.J., Tortosa G. 2022. Application of biostimulant products and biological control agents in sustainable viticulture: A review. *Frontiers in Plant Science*. 13:932311. Doi: 10.3389/fpls.2022.932311
- Ochoa-Hueso R., Cantos-Villar E., Puertas B., Aguiar del Rio J.F., Belda I., Delgado-Baquerizo M., Fernández V., Gallardo A., García-Morales J.L., Garde-Cerdán T., Gonzaga-Santesteban L., Lazcano C., Liberal I.M., Serrano-Grijalva L., Tortosa G., Casimiro-Soriguer R. 2023. Nature-based strategies to regenerate the functioning and biodiversity of vineyards. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*. Doi: 10.1002/sae2.12088.



Bioestimulantes bacterianos con capacidad de producir sideróforos, unas sustancias que mejoran la solubilidad del hierro del suelo y lo hacen más accesible para las plantas