

SUELOS VIVOS: MICROBIOLOGÍA Y NUTRICIÓN EN EL VIÑEDO

DIÁLOGOS LÍQUIDOS | VITICULTURA



SUELOS VIVOS: MICROBIOLOGÍA Y NUTRICIÓN EN EL VIÑEDO

AUTORES: EVA NAVASCUÉS¹, SALAET E IGNASI²

¹ ETSIABAB UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID Y FINCA Y BODEGA PAGO DE CARRAOVEJAS

² FERTINAGRO BIOTECH

La degradación de los ecosistemas agrícolas ha generado una ruptura del equilibrio microbiano del suelo, generándose una bajada de la biodiversidad microbológica. La fertilización orgánica busca alimentar a los microorganismos que a su vez interrelacionan con la planta y le aportan aquellos elementos que necesita.

1. INTRODUCCIÓN: SUELOS, AGRICULTURA Y MICROBIOLOGÍA

El suelo es un recurso básico para el desarrollo de la vida. Determina la salud de las plantas y por extensión la calidad y cantidad de las cosechas. El suelo proporciona tanto nutrientes como agua y oxígeno. Pero también es capaz de otorgar una primera protección a las raíces ante condiciones desfavorables, como el stress térmico o hídrico.

Todo esto sugiere la importancia de estu-

diar, cuidar y mejorar la calidad de nuestros suelos. Sin embargo, la agricultura intensiva ha ocasionado un agotamiento de estos. La degradación de los ecosistemas agrícolas ha puesto de relieve un reto de interés global para las futuras generaciones: alcanzar una productividad agrícola óptima manteniendo un equilibrio biológico que garantice un suelo vivo y saludable.



SUELOS VIVOS

El concepto de suelo vivo hace referencia a que el suelo no es un elemento estático, sino que por el contrario, es un ecosistema vivo y dinámico compuesto por materia orgánica y seres vivos de todo tipo: microorganismos y organismos que pueden observarse a simple vista. Toda esta vida interactúa entre sí formando la red alimentaria del suelo (o red trófica edáfica), que conforma su biodiversidad. Los ecosistemas con alta biodiversidad son ecosistemas estables y estructurados donde las pérdidas de recursos (agua, nutrientes, luz) son escasas.

La salud de un suelo, igual que cualquier ecosistema, se puede valorar en función de la biodiversidad que contiene. Esta biodiversidad condicionará la eficiencia a la hora de aprovechar los recursos que allí confluyen.

¿Qué hacen los microorganismos del suelo?

Los microorganismos son capaces de transformar la materia orgánica en nutrientes. A través de su actividad son capaces de movilizar nutrientes minerales y ponerlos a disposición del cultivo. Por otra parte, permiten controlar plagas y enfermedades, así como mejorar la absorción de agua, traduciéndose todo ello en posteriores mejoras productivas. En el suelo habitan una gran cantidad de

microorganismos diferentes. Existen, por ejemplo, microorganismos que solubilizan potasio en condiciones frías, otros se desenvuelven mejor con temperaturas más altas, algunos realizan esa función en simbiosis con algunas especies vegetales, pero no con otras. Para una facultad concreta existen varias especies microbológicas con capacidad de realizarla, cada una de ellas con sus matices. La redundancia funcional es uno de los pilares de la eficiencia y viene condicionada indefectiblemente por una alta biodiversidad ecosistémica.



La reducción de la biodiversidad de los suelos.

La degradación de los ecosistemas agrícolas ha generado en muchos casos una ruptura del equilibrio microbiano del suelo, generándose una bajada de la biodiversidad microbiológica. Cuando esta pérdida de biodiversidad es importante generar la desaparición de determinados eslabones ecosistémicos. Si la mayoría de microorganismos que pueden realizar una función concreta desaparecen, el suelo pierde esa capacidad empobreciendo su calidad y con ello:

- Menor aprovechamiento de los recursos del propio suelo (nutrientes, agua).
- Menor resistencia al stress por parte de los cultivos
- Aumento de microorganismos oportunistas y patógenos, lo que conlleva incremento de enfermedades para las plantas

Para contrarrestar estos efectos negativos de la degradación de los suelos debido a la pérdida de funcionalidad, se ha practicado un aumento de fertilización y uso de productos fitosanitarios para mantener y

aumentar los rendimientos de los cultivos. ello ha agravado el agotamiento de los suelos y el impacto de la agricultura convencional en el medioambiente.

En los 30 primeros cm de suelo existen miles de kilos de microorganismos (la media de los suelos estudiados en España se acerca a los 2.000 kgs de microorganismos) y de una diversidad difícil de imaginar (más de 800 tipos diferentes, muchos de ellos aún por identificar). Sólo en estos 30 centímetros existe una información genética de casi 50 kg/ha de ADN. Si tenemos en cuenta que un humano tiene alrededor de 800 gramos de ADN en su cuerpo, la magnitud de información genética de los suelos es superlativa y nos indica la importancia de la pérdida que supone su degradación.

Cada vez que se degrada o se sella un suelo, se pierde una parte importante de la biodiversidad que habita el planeta. Con esta degradación de los suelos el ecosistema se vuelve menos eficiente consumiendo recursos y reduciendo la capacidad natural de producir biomasa, siendo necesario, una mayor utilización de recursos exógenos como fertilizantes y pesticidas, que proporcionan mayores impactos ambientales. Este es un círculo vicioso que puede llevar a la muerte de un suelo.



Cubierta vegetal sembrada

Fertilización orgánica y microorganismos.

Es necesario apostar por aumentar la biomasa edáfica activa, considerando cada suelo como un ecosistema y no solo como un sumidero de materias orgánicas. En realidad la fertilización orgánica busca alimentar a los microorganismos que a su vez interrelacionan con la planta y le aportan aquellos elementos que necesita. La planta por su parte cede al suelo a través de exudados radiculares azúcares y sustancias nutritivas que son aprovechadas por los microorganismos. La fertilización orgánica introduce este concepto del suelo como ecosistema.

De esta forma se pretende que la materia orgánica sirva para aumentar de una forma deliberada el capital microbiano natural de

los suelos. Con este aumento, se consigue incrementar su fertilidad de manera natural potenciando la productividad de con un menor impacto ambiental, y dejando una mayor cantidad de biomasa disponible para el resto de seres vivos.

Hacia un sistema agrícola sostenible.

Incrementando la biodiversidad del suelo se incrementa la eficiencia aprovechando recursos (nutrientes) para favorecer el equilibrio y la regulación interna del ecosistema. Los rendimientos productivos son algo menores pero se genera una mayor estabilidad y resistencia frente a las condiciones cambiantes o adversas y por tanto en menor impacto ambiental que los sistemas convencionales intensivos.

2. MEDIDA DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA: EL CASO DE PAGO DE CARRAOVEJAS

La Finca de Pago de Carraovejas, en el término municipal de Peñafiel (Valladolid), comprende 200 hectáreas con 160 hectáreas de viñedo dedicada a la producción de uva para vinificación de máxima calidad. Se localiza a una altitud media de 850 m, sobre una ladera perpendicular al río Duero que atraviesa la localidad de Este a Oeste. El terreno es suavemente ondulado, llano en el centro del valle; escarpado y abrupto conforme se asciende. Se cultivan tres variedades: mayoritariamente Tinto Fino (Tempranillo), junto con Cabernet Sauvignon and Merlot y se trabaja con distintos sistemas de conducción, adaptados a la orografía en cada caso: Cordón Royat, vaso vertical y vaso échalas.

Se trata de explotación vitícola que se rige por los preceptos de la viticultura ecológica y se ayuda en dicho manejo con herramientas de viticultura de precisión (sensores de campo, estaciones meteorológicas, índices agronómicos satelitales para diferenciar las características particulares de cada parcela. El rendimiento (kg/ha) del viñedo es limitado en función de la relación racimo-cobertura combinado con vendimia en verde.

En relación a los suelos, se dispone de información relativa a su Geomorfología, Litología, composición y estructura. En los últimos años, se ha investigado además la

variabilidad microbiana de los diferentes suelos que coexisten en las parcelas, con objetivos concretos:

- Conocer el estado microbiológico de los suelos de la Finca.
- Diferenciación de las distintas zonas, viendo efectos de los distintos trabajos sobre el viñedo (fertilización, cubiertas vegetales...)
- Mejora de suelos a través de fertilización orgánica y medida de indicadores biológicos que evidencien su evolución.
- Conexión suelo, viñedo y uva, con objeto de buscar interacciones para la caracterización y mejora de las cualidades de los vinos.

Para ellos ha establecido una serie de puntos de control donde se han tomado repetidamente muestras a fin de recoger información sobre el estado de los microecosistemas edáficos.

Técnicas empleadas para el estudio microbiano de los suelos.

Las técnicas empleadas son de distinta naturaleza: técnicas directas de cultivo, indi-

rectas como la respiración por sustrato o las actividades enzimáticas y también se ha aplicado técnicas de metagenómica.

A continuación, se muestran los resultados más relevantes obtenidos:

Técnicas directas: Las técnicas de cultivo únicamente permiten evaluar el 5% de los microorganismos presentes en el suelo. Pero si dan información sobre los grandes grupos microbianos (bacterias y hongos/levaduras), y en el caso de la elaboración de vino, permiten realizar la trazabilidad microbiana entre suelo, uva y fermentación. También es posible buscar organismos específicos, asociados al movimiento de los compuestos esenciales para las plantas (NPK).

En la finca Pago de Carraovejas no se observan grandes fluctuaciones de biomasa a lo largo del ciclo anual, lo que está en correspondencia con las prácticas de viticultura ecológica por en relación a la convencional no ecológica, donde existen grandes fluctuaciones de biomasa microbiana, comparadas con sistemas de retención de residuos y alto insumo de materia orgánica. La concentración de bacterias movilizadoras de potasio en los suelos de las distintas parcelas, aumenta en el estado fisiológico de lloro (previo a la brotación). Este incre-

mento de bacterias movilizadoras de potasio está relacionado con las necesidades nutricionales de la vid.

Técnicas Indirectas: permiten determinar la actividad desarrollada por los microorganismos.

b.1.- Respiración del suelo. La respiración del suelo es un proceso que refleja la actividad biológica del mismo, y se pone de manifiesto a través del desprendimiento de CO₂ o del consumo de O₂ resultante del metabolismo de los microorganismos vivos existentes en el suelo. Así pues una medida de respiración elevada indica una gran actividad microbiana en el suelo, y por tanto es un indicador indirecto de fertilidad. Mediante la técnica SIR (Substrate Induced Respiration), se ha podido diferenciar entre la actividad de las diferentes parcelas de la finca (Figura 3), determinando que respiración media de los suelos de PDC es de 190±73 mg CO₂/ kg suelo x día con un máximo de 356 mg CO₂ y un mínimo de 57 mg CO₂/ kg suelo / día. Los valores más elevados corresponden a las parcelas equilibradas, con cubiertas vegetales espontáneas y escaso riego. Los valores más bajos se obtienen de parcelas en pendiente con gran erosión y pérdida de suelo y escorrentía (PDC13) o gran por-

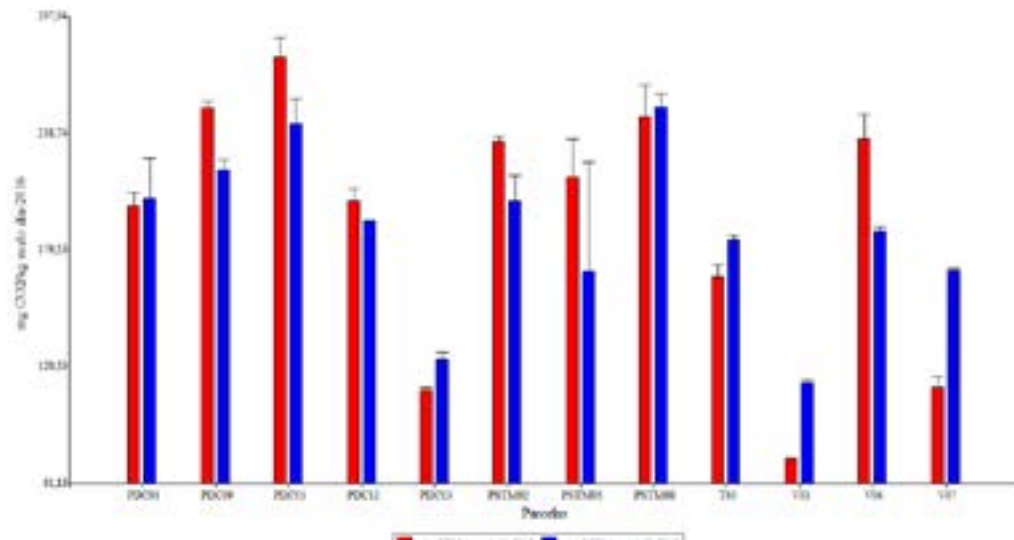


Figura 1. Medidas indirectas de la actividad microbiana. Respiración de la microbiota del suelo en distintas parcelas de la Finca Pago de Carraovejas. Comparativo en años consecutivos (2015 y 2016).

centaje de área (V5), ambas necesitadas de actuaciones urgentes para recuperar el suelo y donde se esta trabajando de manera intensiva con cubiertas vegetales. Pero además de las características del terreno hay múltiples factores que condicionan la respiración del suelo. En sistemas naturales como bosques de coníferas los valores de respiración del suelo se han medido entre 188,20-391,90 mg CO₂/kg suelo/día (Bruckner et al., 1999). Los suelos agrícolas no alcanzan estos valores pero aquellos trabajados con prácticas orgánicas presentan valores de del doble de los obtenidos en prácticas agrícolas convencionales Además, la respiración en suelos

es un buen indicador de la contaminación por cobre, descendiendo su actividad en presencia de este metal

b.2. Actividades enzimáticas. La productividad del suelo viene determinada por la acción de distintos parámetros, de todos ellos, es la biomasa microbiana la que controla gran parte de los procesos que involucran la transformación y ciclos de nutrientes, el mantenimiento de la materia orgánica lábil, así como la macroagregación que favorece la retención de agua y la aireación del suelo. A nivel bioquímico, los parámetros que aportan información más sensible a cualquier cambio son las varia-

ciones en las actividades enzimáticas, consideradas como un fiel reflejo de la potencialidad del suelo para desarrollar procesos bioquímicos específicos.

La actividad fosfatasa, es un indicador de fertilidad del suelo, ligado al ciclo del fósforo. En la Finca Pago de Carraovejas, los niveles de actividad fosfatasa se mantiene en niveles medios exceptuando PDC1 y V3, en paralelo a lo observado con la respiración de suelo. Los datos más elevados se obtienen en las parcelas más vigorosas y con mayor acumulación de nutrientes. Esta actividad está muy relacionada con la aplicación de fitosanitarios, ya que se inhibe por adición de cobre. Por tanto la fosfatasa es un buen indicador de la contaminación por este metal. También se encuentra altamente inhibi-

da por glifosato.

La actividad B-glucosidasa indica la capacidad de retorno de materia orgánica en el suelo. A mayor retorno de materia orgánica, mayor actividad microbiana. Con esta actividad es posible clasificar los suelos de la finca en tres categorías (Figura 4) La zona norte (E05, E14) y la zona más elevada (A05) tendrían mayor actividad, mientras que los viñedos con orientación sur presenta menos actividad a excepción de la finca V6 que está muy equilibrada.

El conjunto de estos estudios ofrece una idea del estado microbiológico y grado de actividad e los suelos A partir de aquí se trata de mantener e incrementar los ciclos biogeoquímicos del suelo.

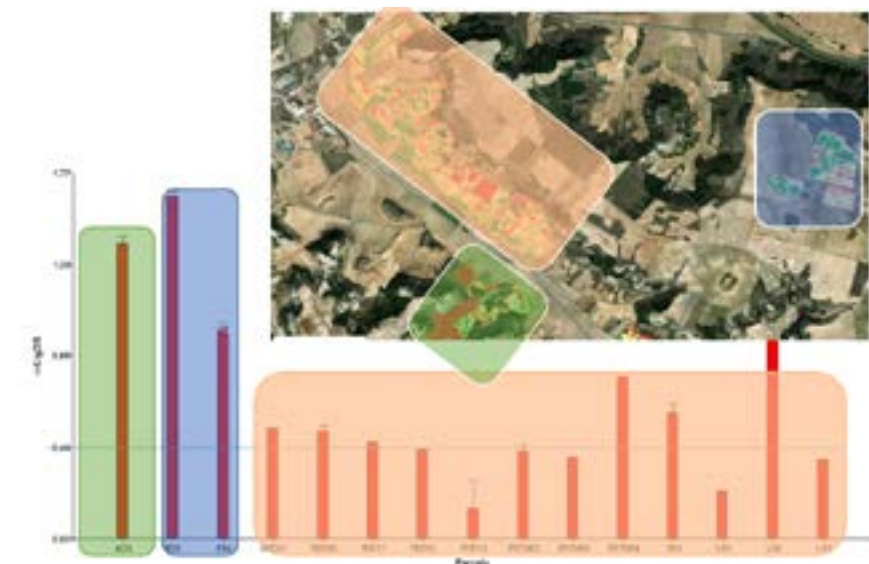


Figura 2. Medidas indirectas de la actividad microbiana. Actividad -Galactosidasa en distintas parcelas de la Finca Pago de Carraovejas: capacidad de retorno de materia orgánica en el suelo. Diferenciación de tres regiones de la finca en función de esta actividad.

3. COMO INCREMENTAR LA VIDA DEL SUELO. FERTILIZACIÓN IRGÁNICA A LA CARTA

Las plantas se sirven de los microorganismos del suelo, por tanto, un suelo con muchas especies microbiológicas permite a la planta interactuar en el momento concreto con la especie idónea para realizar esa función. La planta selecciona, alimenta y multiplica ese microorganismo, y como contraprestación se aprovecha de sus capacidades.

Esta propia interacción con la planta, produce una caída de biodiversidad en la zona rizosférica. En un ecosistema natural, muchas especies vegetales conviven en el mismo sitio. Cada una está en su fase del ciclo vegetativo y selecciona microorganismos concretos. La biodiversidad aunque puntualmente caiga, a nivel global se mantiene inalterada. Por el contrario, los eco-

sistemas agrícola clásicos promocionan el monocultivo sincronizado. De esta forma la pérdida de biodiversidad microbiológica de cada bulbo radicular coincide con la del bulbo vecino generando una pérdida de biodiversidad global en ese suelo.

Conociendo las dinámicas que se suceden en el suelo a lo largo de un ciclo vegetativo se pueden plantear diferentes estrategias de fertilización ecosistémica (Figura 3).

a) Intervenciones en viñedo: crear condiciones que favorezcan la funcionalidad y diversidad de las comunidades microbianas del suelo, incrementando la heterogeneidad y diversidad

- Intervención a nivel de cubierta. Empleo

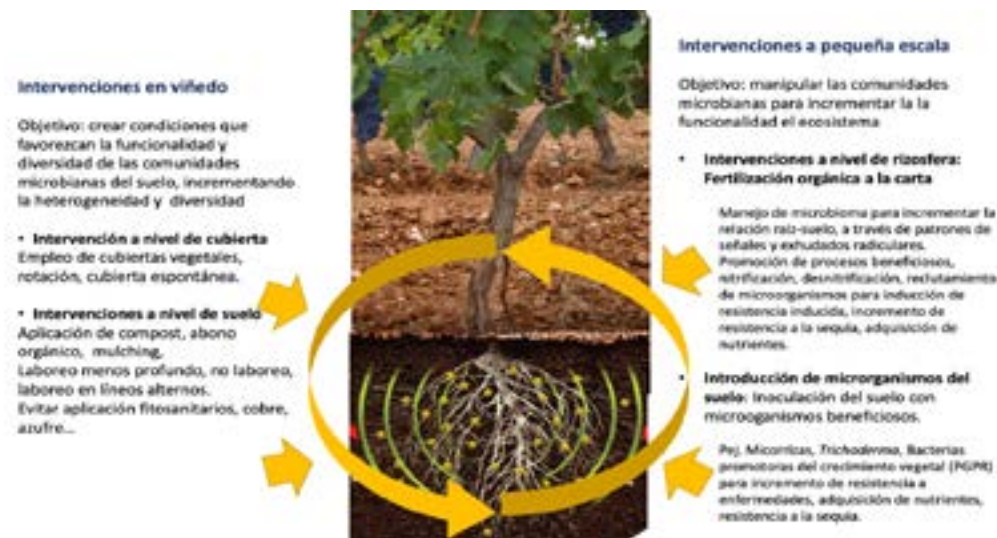


Figura 3.- Estrategias de fertilización ecosistémica. Adaptado de Zhang et al. 2020

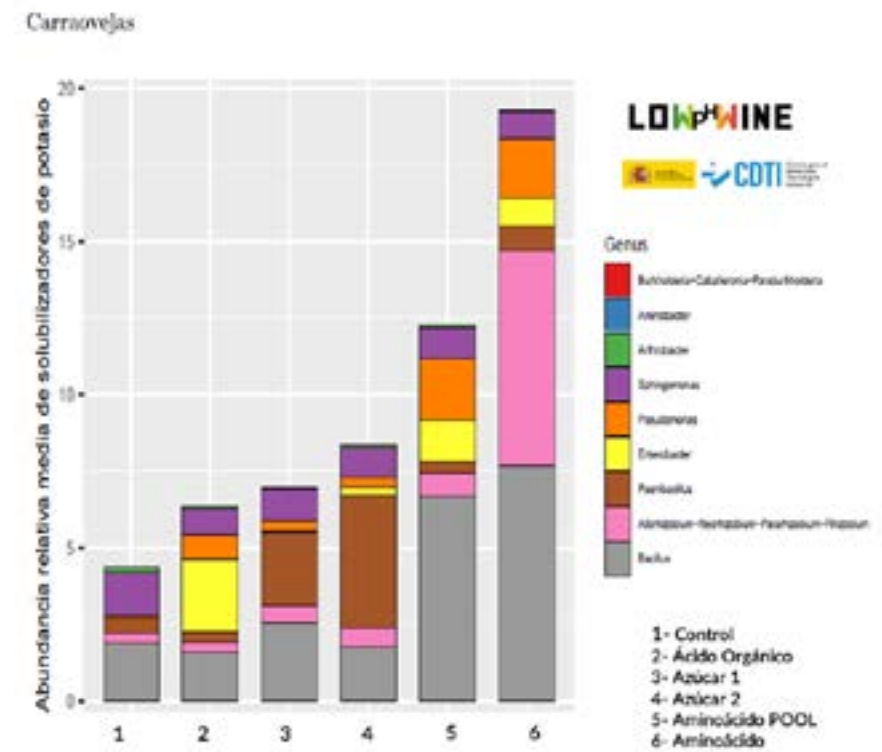


Figura 4.- Intervenciones directas a nivel de rizosfera: Fertilización orgánica dirigida. Efecto sobre el conjunto de los microorganismos solubilizadores de potasio.

de cubiertas vegetales, rotación, cubierta espontánea.

- Intervenciones a nivel de suelo. Aplicación de compost, abono orgánico, mulching, laboreo menos profundo, no laboreo, laboreo en líneas alternos. Evitar aplicación fitosanitarios, cobre, azufre...

b) Intervenciones en planta, con el objetivo de dirigir las comunidades microbianas para incrementar la funcionalidad del ecosistema

b.1 Intervenciones a nivel de rizosfera: Fer-

tilización orgánica a la carta. Se trata de incrementar la relación raíz, y microorganismos del suelo, a través de patrones de señales y exudados radiculares, promoviendo los procesos beneficiosos, nitrificación, desnitrificación, reclutamiento de microorganismos para inducción de resistencia inducida, incremento de resistencia a la sequía, adquisición de nutrientes.

Para ello se puede incidir en la regeneración de la biodiversidad una vez terminado el ciclo productivo mediante la incorporación de materias orgánicas semiprocesadas

das de alta calidad. También, se puede ayudar al cultivo a realizar una selección microbiológica concreta mediante la incorporación de pseudoexudados radiculares que potencien microorganismos con determinadas funciones. Este segundo punto es el desarrollo que se está llevando a cabo dentro del proyecto LowpHwine. Como se puede observar en la Figura 5 cada sustancia tienen un impacto diferente sobre los microorganismos de una de las fincas de Pago de Carraovejas. Se aprecia como el compuesto 6 es capaz de incrementar la riqueza de microorganismos con capacidad de solubilización de potasio pasando de representar menos de un 5% a casi un 20%. En cambio

otras sustancias apenas tienen impacto en este grupo de microorganismos.

b.2 Introducción de microorganismos del suelo: Inoculación del suelo con microorganismos beneficiosos. Por ejemplo: introducción de micorrizas, Trichoderma, o bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) para incremento de resistencia a enfermedades, adquisición de nutrientes, resistencia a la sequía, entre otros beneficios. El mantenimiento de la biodiversidad microbiana favorece la eficiencia productiva y protege a los viñedos de las condiciones cambiantes provocadas por el cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

Estos trabajos han obtenido financiación a través de los Proyectos CDTI ITISOST (2013-2016), GLOBALVITI (2016-2020), LowpHWINE (2020-2024)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ▶ Alonso, Alejandro, Miguel de Celis, Javier Ruiz, Javier Vicente, Eva Navascués, Alberto Acedo, Rüdiger Ortiz-Álvarez, Ignacio Belda, Antonio Santos, María Ángeles Gómez-Flechoso and Domingo Marquina, "Looking at the Origin: Some Insights into the General and Fermentative Microbiota of Vineyard Soils." *Fermentation* 5, no. 3 (2019): 78.
- ▶ Alonso, Alejandro enfermedades de la madera de la vid y su relación con la microbiota edáfica asociada a viñedos ecológicos singulares. Tesis Doctoral Universidad Complutense De Madrid. 2020.
- ▶ Frac, M.; Hannula, S.E.; Belka, M.; Jeżdyczka, M. Fungal biodiversity and their role in soil health. *Front. Microbiol.* 2018, 9, 707.
- ▶ Isbell, F.I.; Polley, H.W.; Wilsey, B.J. Biodiversity, productivity and the temporal stability of productivity: Patterns and processes. *Ecol. Lett.* 2009, 12, 443-451.
- ▶ Jactel, H.; Gritti, E.; Drössler, L.; Forrester, D.; Mason, W.; Morin, X.; Pretzsch, H.; Castagnérol, B. Positive biodiversity-productivity relationships in forests: Climate matters. *Biol. Lett.* 2018, 14, 20170747.
- ▶ Katerina Zhelnina, Katherine B. Louie, Zhao Hao, Nasim Mansoori, Ulisses Nunes da Rocha, Shengjing Shi, Heejung Cho, Ulas Karaoz, Dominique Loqué, Benjamin P. Bowen, Mary K. Firestone, Trent R. Northen and Eoin L. Brodie. Dynamic root exudate chemistry and microbial substrate preferences drive patterns in rhizosphere microbial community assembly. *Nature microbiology* 3, pages 470-480 (2018).
- ▶ Krishnakumar, S. A. Saravanan, S.K. Natarajan, V. Veerabadran and S. Mani Microbial Population and Enzymatic Activity as Influenced by Organic Farming. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 1(1): 85-88, 2005
- ▶ Sannino, F. and Gianfreda, L. (2001) Pesticide Influence on Soil Enzymatic Activities. *Chemosphere*, 45, 417-425. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(01\)00045-5](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(01)00045-5)
- ▶ Shengjing Shi, Erin Nuccio, Donald J. Herman, Ruud Rijkers, Katerina Estera, Jiabao Li, Ulisses Nunes da Rocha, Zhili He, Jennifer Pett-Ridge, Eoin L. Brodie, Jizhong Zhou, Mary Firestone. Successional Trajectories of Rhizosphere Bacterial Communities over Consecutive Seasons 2015 Volume 6 Issue 4 mBio 2015 Aug 4;6(4):e00746. doi: 10.1128/mBio.00746-15.
- ▶ Zarraonaindia, I.; Owens, S.M.; Weisenhorn, P.; West, K.; Hampton-Marcell, J.; Lax, S.; Bokulich, N.A.; Mills, D.A.; Martin, G.; Taghavi, S.; et al. The soil microbiome influences grapevine-associated microbiota. *MBio*, 2015, 6, e02527-14.
- ▶ Zhang, Junling, Marcel G. A. Van Der Heijden, Fusuo Zhang, et al. Soil biodiversity and crop diversification are vital components of healthy soils and agricultural sustainability[J]. *Front. Agr. Sci. Eng.*, 2020, 7(3): 236-242.

c

