



WETWINE

Interreg
Sudoe



 **WETWINE**

European Regional Development Fund

N° 2 - NOVEMBRE 2018



¿Por qué nace el proyecto WETWINE?

La región Sudoe representa en torno al 25% de la superficie de viñedo europeo y posee un sector vitivinícola con gran peso económico, social y estratégico. Sin embargo, su actividad comporta notables implicaciones medioambientales, principalmente por el consumo de agua, así como por los vertidos líquidos que genera durante los procesos de elaboración del vino. Además, el cultivo de la vid requiere la utilización de importantes cantidades de fertilizantes y es clave su uso racional, tanto por su coste económico como por el impacto medioambiental negativo que podría suponer una gestión inadecuada de los mismos.

Por este motivo surge WETWINE, un proyecto que promueve la conservación y la protección del patrimonio natural del sector vitivinícola en la zona Sudoe, aportando **soluciones innovadoras en la gestión de efluentes de la industria vitivinícola** mediante el uso racional de los recursos y la revalorización de los subproductos del proceso.

¿Cuáles son los objetivos de WETWINE?

La gestión de efluentes generados por la industria vitivinícola supone un importante impacto económico para las bodegas y destilerías, así como una problemática medioambiental en todo el territorio del sudoeste europeo. Por ello cada vez se demandan con mayor intensidad soluciones innovadoras para una gestión eficiente de estos efluentes vitivinícolas que permitan su revalorización y la obtención de subproductos de valor añadido.

Con este fin se ha puesto en marcha el proyecto WETWINE, cuyos **principales objetivos** se resumen en:

- Validar un sistema innovador de gestión y valorización de efluentes para las bodegas del espacio Sudoe.
- Obtener y caracterizar un fertilizante de calidad a partir del sistema WETWINE.
- Difundir y transferir la tecnología WETWINE al sector vitivinícola.
- Facilitar recomendaciones sobre el uso y la gestión de las aguas y de los efluentes en bodega.

De este modo WETWINE contribuye a:

- **Incrementar la concienciación medioambiental** en el entorno del sector vitivinícola y promover la transición hacia un flujo circular de los recursos (recurso-producto-recursos reciclado).
- **Aportar datos e información de interés** que permitan adaptar a las necesidades reales del sector vitivinícola las actuales políticas públicas en cuestiones de gestión de residuos, protección medio ambiental y desarrollo rural.

Sumario

AGACAL	El Sistema WETWINE comparte sus avances en la 7ª Conferencia Europea de Biorremediación (EBC-VII) y en la XI Conferencia Internacional de la Sociedad de Biotecnología Ambiental (ISEB 2018).....	4
AIMEN	El consorcio WETWINE presenta los primeros resultados del proyecto en una jornada sobre Economía Circular en el sector vitivinícola.....	7
FEUGA	Usos no convencionales de los residuos de la industria vitivinícola: producción de adsorbentes.....	13
ADVID	Compostagem de lamas e engaço provenientes da atividade vitivinícola na Região Demarcada do Douro.....	17
DGAG	Aplicación de Sustrato Postcultivo de hongos como enmienda orgánica en un suelo vitícola.....	22
UPC	Beneficios ambientales de los sistemas de humedales construidos para el tratamiento de efluentes vitivinícolas. Resultados del proyecto WETWINE.....	29
INRA	Caracterización de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales vitivinícolas. Sistema Wetwine. Primeros resultados	34



¿Quiénes son los socios WETWINE?

El proyecto está formado por un consorcio de 8 beneficiarios de 3 países y 12 regiones vitícolas de la región Sudoeste, afianzando así un modelo de colaboración exitoso en anteriores iniciativas.

Coordinador institucional

Axencia Galega da Calidade Alimentaria (AGACAL). Galicia, España / agacal@xunta.gal

Coordinador técnico

Asociación de Investigación Metalúrgica del Noroeste (AIMEN). Galicia, España / gpfint@aimen.es

Socios

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Cataluña, España / marianna.garfi@upc.edu

Fundación Empresa-Universidad Gallega (FEUGA). Galicia, España / innovacion@feuga.es

Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. La Rioja, España / dg.agrican@larioja.org

Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense (ADVID). Región Norte, Portugal / advid@advid.pt

Institut Français de la Vigne et du Vin POie Sud-Ouest (IFV SUD-OUEST). Occitania, Francia / laure.gontier@vignevin.com

Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Occitania, Francia / hernan.ojeda@inra.fr

WETWINE comparte sus avances en la 7ª Conferencia Europea de Biorremediación y en la XI Conferencia Internacional de la Sociedad de Biotecnología Ambiental

Mª Carmen Saborido Díaz

Técnica del Proyecto WETWINE
Axencia Galega da Calidade Alimentaria (Agacal)

El Proyecto WETWINE, a través de su beneficiario principal y líder del proyecto: la Axencia Galega da Calidade Alimentaria-Agacal, ha tenido la oportunidad de asistir a la 7ª Conferencia Europea de Biorremediación (EBC-VII) y en la XI Conferencia Internacional de la Sociedad de Biotecnología Ambiental (ISEB 2018) del 25

al 28 de junio de 2018 en Chania, Creta - Grecia, ambos eventos están organizados conjuntamente por el Laboratorio de Química Biológica y Biotecnología Ambiental de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica de Creta y la Universidad de Bolonia (Italia). En este evento el Proyecto WETWINE se dio a conocer a través de presentación oral el día 28 de junio de 2018 en la Conferencia Internacional de Biotecnología (EBC-VII).

La Sociedad Internacional para la Biotecnología Ambiental (ISEB) es una sociedad interdisciplinaria de científicos e ingenieros que tiene como objetivo básico el desarrollo y la promoción de la biotecnología ambiental en todo el mundo, así como la forma de abordar los problemas ambientales desde una perspectiva amplia. Desde su comienzo en 1992, ISEB ha organizado 10 conferencias con delegados de más de 30 países distintos.



Ponencia del Proyecto Wetwine en ISEB 2018/EBC-VII.

EBC-VII e ISEB 2018 son eventos de referencia en el campo de las nuevas tecnologías de recuperación/rehabilitación biológica con énfasis en la remediación de suelos contaminados y aguas subterráneas/superficiales de productos derivados del petróleo y otros contaminantes orgánicos, así como de metales pesados. Las conferencias plenarias de este año incluyeron presentaciones de trabajos de investigación a nivel internacional y a ellas se han presentado más de 327 *abstracts* de 52 diferentes países.

Seis conferencias previas a EBC-VII e ISEB 2018 han sido organizadas y han logrado reunir a científicos e ingenieros de todo el mundo para presentar sus hallazgos e intercambiar información sobre los avances más recientes en tecnologías de remediación ambiental, centrándose especialmente en la biorremediación y la fitorremediación de sitios contaminados, incluido el medio marino.

Los principales temas de estudio que se han abordado en ambas conferencias incluyen los nuevos desafíos, las tendencias futuras, las nuevas directivas, los nuevos condicionantes y los más recientes avances en innovaciones tecnológicas en materia de gestión y recuperación de una amplia gama de entornos contaminados terrestres y marítimos, así como el aprovechamiento a través del reciclaje y la reutilización de los recursos con técnicas biológicas, consiguiendo encaminar los procesos hacia la implantación de modelos que incluyan entre sus premisas el modelo de "*Economía Circular*".

El comité de Organización de ambos eventos ha sido liderado por el Profesor Nicolas Kalogeratis de la Universidad Técnica de Creta (Conference – co chair), entre otros destacados investigadores.

Durante ambos eventos pudimos conocer los nuevos avances en el campo de la biorremediación a través de trabajos de temáticas como la biodegradación de plásticos y basura marina a través del uso de bacterias sintetizadas (*Pseudomonas putida*), las nuevas tecnologías de extracción de metales empleando técnicas de fitorremediación con el objetivo de poder valorizar suelos contaminados, la biorremediación

de suelos contaminados por petroquímicos a través de técnicas de degradación enzimática, compostaje o de técnicas de micorremediación, la biorremediación y revalorización de entornos terrestres y marinos por desastres ecológicos como son el vertido de petróleo y/o de sus derivados a través del empleo de bacterias, algas y técnicas de fitorremediación.

También asistimos a las conferencias sobre los avances en la reutilización y recuperación de aguas subterráneas contaminadas y las herramientas de seguimiento, los trabajos en biorremediación sobre contaminantes emergentes, como pueden ser los residuos farmacéuticos en suelos, sedimentos y aguas subterráneas a través de la utilización de bacterias, hongos o técnicas de oxidación química o biológica, entre otras. Sesiones reservadas a la biorremediación por metales pesados *in situ* y *ex situ* en terrenos agrarios como es el caso de los contaminados por cadmio a través del uso de fibras cultivadas, el empleo de *Pseudomonas* en la extracción de Selenio, la remoción de antibióticos y pesticidas en aguas residuales.

Pudimos conocer los trabajos en cuanto la obtención de bioproductos a partir de aguas residuales por la ponencia del Dr. Joan García del GEMMA, del Group of Environmental Engineering and Microbiology de la Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona (UPC), entidad que forma parte de los beneficiarios del Proyecto WETWINE. El profesor García presentó la comunicación "Bioproducts from wastewater: design and operation of a new hybrid photobioreactor" en la que describió un novedoso concepto de aprovechamiento de las aguas residuales que consiste en obtener cultivos de organismos fotosintéticos procariotas denominados cianobacterias que pueden producir productos de interés como pigmentos, bioplásticos y fertilizantes. Durante la comunicación se mostró la planta piloto que la UPC ha construido a través de un proyecto de europeo del Programa H2020 denominado INCOVER, y que se está utilizando para demostrar la capacidad de estos organismos.

La última jornada de las conferencias dio paso a la presentación oral del proyecto WE-

TWINE, enmarcada en la sesión 9C: Residuos de biorrefinerías y Economía Circular, donde compartimos sala con experiencias de la línea de trabajo de recuperación y reutilización de subproductos de los procesos industriales. La ponencia obtuvo una asistencia destacada, y en ella comprobamos el interés del propio entorno científico por las experiencias y la puesta a punto de sistemas de gestión y tratamiento de subproductos en la propia empresa financiados a través de líneas de ayudas europeas como son Interreg SUDOE V B (FEDER).

Entre las iniciativas que han formado parte de las conferencias, han sido especialmente interesantes las nuevas temáticas de investigación sobre el agua en la India bajo financiación Horizon2020 de la Unión Europea que abren el camino hacia los desafíos que suponen sus problemas medioambientales.

Las conferencias EBC-VII e ISEB 2018 también contaron un espacio reservado a la presentación de pósteres de trabajos de las temáticas abordadas: remediación de suelos y aguas

subterráneas (*in situ* y *ex situ*), remediación de suelos contaminados por derivados del petróleo, remediación de suelos por compuestos organoclorados, y otros compuestos recalcitrantes, técnicas de biorremediación por contaminantes emergentes, trabajos sobre herramientas de monitorización y control de contaminantes, biorreactores para tratamientos *ex situ*, tecnologías de fitorremediación para eliminación de metales pesados, tecnologías de uso combinado de humedales de tratamiento y fitorremediación para el tratamiento de contaminantes orgánicos y trabajos de mitigación de consecuencias ante los vertidos de derivados del petróleo y de desperdicios en el entorno marino.

No cabe duda que conferencias como EBC-VII e ISEB son un escaparate *-feria del conocimiento-* para el entorno científico, donde se comparten experiencias, se descubren similitudes entre líneas de trabajo y se establecen posibles futuras colaboraciones, además de ser una herramienta de transferencia de resultados.

Eventos de esta índole son un termómetro sobre la preocupación del entorno científico en torno al medioambiente y que cada vez más demanda la sociedad, la necesaria implantación práctica del concepto "Economía Circular" o "Industria sostenible" y su replicación en cada uno de nuestros procesos, industrias, que forme parte de sus pilares básicos y que el propio concepto, a partir de nuestro esfuerzo, deje de destacar como innovación.

Todos sabemos que el cuidado del medio ambiente tiene que ser un factor intrínseco al desarrollo de las poblaciones; la concienciación y educación social juegan un papel muy importante, y debe ser un elemento a contar como indispensable en todas y cada una de las iniciativas empresariales que existan a fin de optimizar recursos, de no ser así caeremos en el círculo vicioso donde nuestros procesos siempre conlleven el "lastre" de una gestión medioambiental mal hecha que pagaremos a costa de perder calidad de vida, patrimonio natural y recursos que disminuyen en gran medida la competitividad y productividad de nuestras empresas y el valor de nuestros productos.



Dispositivo de purificación de agua sostenible del Proyecto Safe Water Africa.

El consorcio WETWINE presenta los primeros resultados del proyecto en una jornada sobre Economía Circular en el sector vitivinícola

El pasado día 23 de mayo de 2018 tuvo lugar el 4 Evento de difusión del proyecto WETWINE. Bajo el título “Economía Circular en el sector vitivinícola” la jornada se dividió en una serie de charlas y una visita a la planta WETWINE situada en las instalaciones de la Bodega Santiago Ruiz

La sesión técnica consistió en una serie de charlas que se llevaron a cabo en las instalaciones del Centro Tecnológico AIMEN en O Porriño. M^a Carmen Saborido (AGACAL) y Luz Herrero (AIMEN) actuaron como anfitrionas al evento. Esta sesión técnica comenzó con una presentación a cargo de la directora técnica

del proyecto Rocío Pena (AIMEN) sobre el proyecto WETWINE y los primeros resultados obtenidos hasta la fecha.

Cristina Roldán, de Confederación Hidrográfica del Miño-Sil, puso en contexto la legislación aplicable a la reutilización del agua depurada para riego del viñedo. Este aspecto es de suma



Foto de familia de los asistentes a la jornada.

importancia para el sector ya que la normativa actual es una de las principales barreras a las que se enfrentan tecnologías innovadoras como la desarrollada en el proyecto WETWINE. En el marco del proyecto, se van a proponer una serie de medidas que busquen adaptar la legislación para eliminar las posibles trabas a la incorporación de este tipo de sistemas para tratar y reutilizar aguas residuales.

Hernan Ojeda de INRA, responsable de los ensayos agronómicos dentro del proyecto WETWINE, introdujo los requerimientos de fertilización de la viña y la aplicación de lodos de depuradora procedentes de bodegas como abono.

Por último, Adrián Pallas de la unidad de Robótica y Control de AIMEN, presentó algunas aplicaciones de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's) en agricultura, como por ejemplo los sistemas de imagen multispectral.

Después de las charlas, los asistentes se desplazaron a la

Bodega Santiago Ruiz, situada en la comarca de O Rosal. Esta bodega se dedica a la elaboración de vino DO Alvarinho y tiene una producción de 400.000 litros al año. Se encuentra en medio del viñado de 35 hectáreas. Ha sido en esta bodega donde se ha instalado la planta de demostración WETWINE.

En el marco de WETWINE, AIMEN es el encargado de desarrollar y validar este innovador sistema, que combina la digestión anaerobia y los humedales construidos para tratar el agua residual y el lodo procedente de las aguas de proceso y de limpieza de bodegas. Con este tratamiento se obtienen como

subproductos, agua para riego y un abono de potencial uso en viñedos. En la fase anaerobia, se eliminan los sólidos y la materia orgánica; mientras que en el humedal el agua circula por un medio filtrante de arena donde, por acción de los microorganismos y la vegetación plantada se depuran estas aguas. Los lodos resultantes se almacenan en la superficie de un humedal construido y se estabilizan



Visita a la planta WETWINE por parte de los asistentes. En primer plano humedales construidos del tipo subsuperficial verticales.

para que pueden ser empleados para fertilizar las viñas.

Los asistentes pudieron visitar la planta WETWINE en pequeños grupos con las explicaciones de Rocío Pena (AIMEN), David de la Varga (SEDAQUA), Laura Flores (UPC) y Juan Antonio Álvarez (AIMEN).

Después de la visita los participantes a la jornada pudieron asistir en una comida *networking* en que pudieron compartir experiencias con el resto de los asistentes y con los miembros del consorcio WETWINE.

Luisa Freire, enóloga de la Bodega Santiago Ruiz, compartió su experiencia en la participación en el proyecto con los asistentes.

"El proyecto WETWINE nos permite validar un novedoso sistema de tratamiento de aguas con muy bajo impacto ambiental y que se adapta a la temporalidad de nuestra producción. Además, tiene la ventaja de obtener agua de riego y fertilizante para nuestros viñedos".

El público de la jornada contaba tanto con expertos relacionados con las tecnologías de tratamiento de aguas y residuos como con el sector del vino. En este aspecto cabe destacar la participación de una delegación de socios de ADVID (Portugal), que se desplazaron desde Vila Real para asistir al evento.

Marco legislativo para el tratamiento y reuso del agua

Cristina Roldán

Jefa de sección técnica.

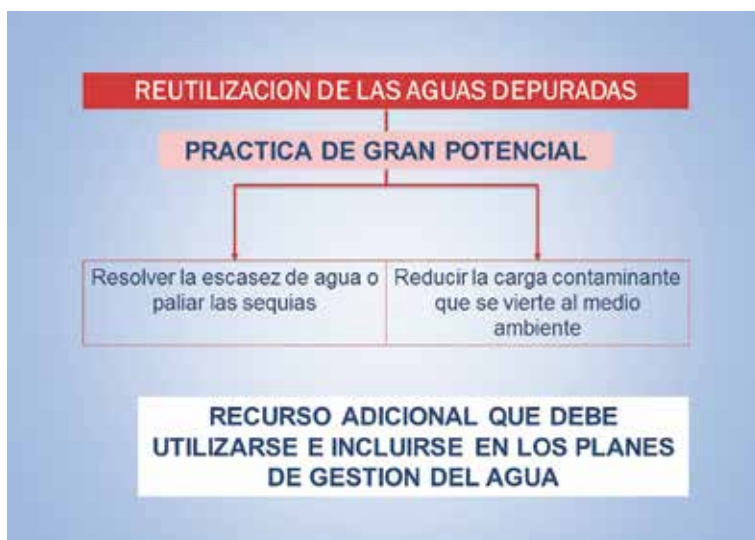
Confederación Hidrográfica del Miño-Sil

el artículo 109.1 del texto refundido de la Ley de Aguas. Dada la complejidad de esta norma fue necesario el desarrollo de una guía que facilitara la comprensión e interpretación del mismo.

A través de este Real Decreto se obliga a obtener una concesión administrativa para poder reutilizar las aguas regeneradas, sin embargo, si el solicitante es

Durante esta charla se hizo una revisión de la legislación que se aplica en España para la reutilización del agua tratada. La reutilización de las aguas depuradas, es considerada en la actualidad una práctica de gran potencial pues no solo ayuda a resolver el problema de la escasez de agua, sino que también ayuda a reducir la carga contaminante que se vierte al medio ambiente.

El Real Decreto 1620/2007 establece el régimen jurídico para la reutilización de las aguas depuradas, de acuerdo con



Durante esta charla se hizo hincapié de la importancia del reuso de agua.



Posibles usos del agua regenerada considerados en la legislación.

el titular de una autorización de vertido se requiere únicamente de una autorización administrativa. Asimismo, se establece un orden de preferencia en la obtención del título para la reutilización dependiendo de quién lo solicite, de esta manera el titular de la autorización de vertido tiene prioridad frente al primer usuario de las aguas y este frente a terceros.

De igual modo, a través de esta norma, se definen los usos permitidos y prohibidos de las aguas regeneradas. Se distingue un total de 14 usos permitidos, agrupados en 5 categorías: urbanos, agrícolas, industriales, recreativos

y ambientales, cuyos criterios de calidad vienen recogidos en el Anexo I.A. Por lo general, para cualquier uso es necesario controlar los parámetros: Nematodos intestinales, *Escherichia coli*, sólidos en suspensión y turbidez, además, en función del uso al que se destinen las aguas regeneradas, se exige el control de otros parámetros como *Legionella spp.*, nitrógeno y fósforo total.

Con objeto de comprobar que el tratamiento de regeneración cumple con los objetivos de calidad exigidos en este Real Decreto, el titular debe llevar a cabo, en cada uno de los puntos de control, un programa de control analítico o autocontrol de acuerdo con los criterios establecidos en los Anexos I.B y I.C. Siendo por tanto, el titular de la concesión o autorización de reutilización, el responsable de la calidad de las aguas desde el momento que las aguas depuradas entran en el sistema de reutilización, hasta el punto de entrega de las aguas regeneradas.

De igual manera, el Real Decreto establece como organismos responsables de la inspección y vigilancia de la producción, distribución y uso de las aguas regeneradas, al organismo de cuenca y la autoridad sanitaria.

Aplicaciones TIC al sector agrícola

Adrián Pallas

Unidad de Robótica y Control de AIMEN

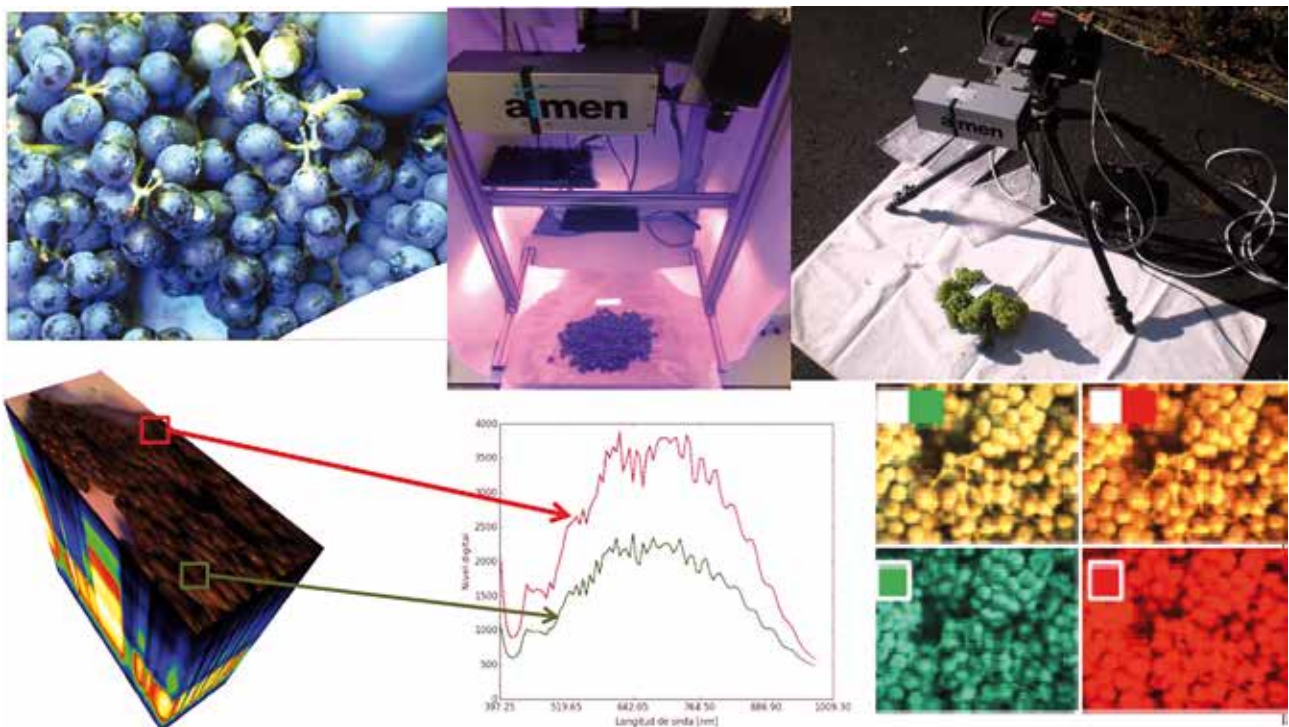
Durante esta charla se explicaron las posibilidades de las tecnologías de la información y comunicación en el sector agrícola. El "In-

ternet of Things" (IoT) es un concepto que se basa en la adquisición y compartición de la información de forma distribuida a partir de sensores, cámaras instaladas en diferentes zonas (cultivos, reservas de agua...) y dispositivos (tractores, drones...) por lo que se adquieren grandes cantidades de datos (meteorológicos, químicos, imágenes...) que hay que gestionar y almacenar (Big Data). Para obtener información útil de esa cantidad ingente de datos son necesarios métodos de optimización y estadísticos para lograr obtener

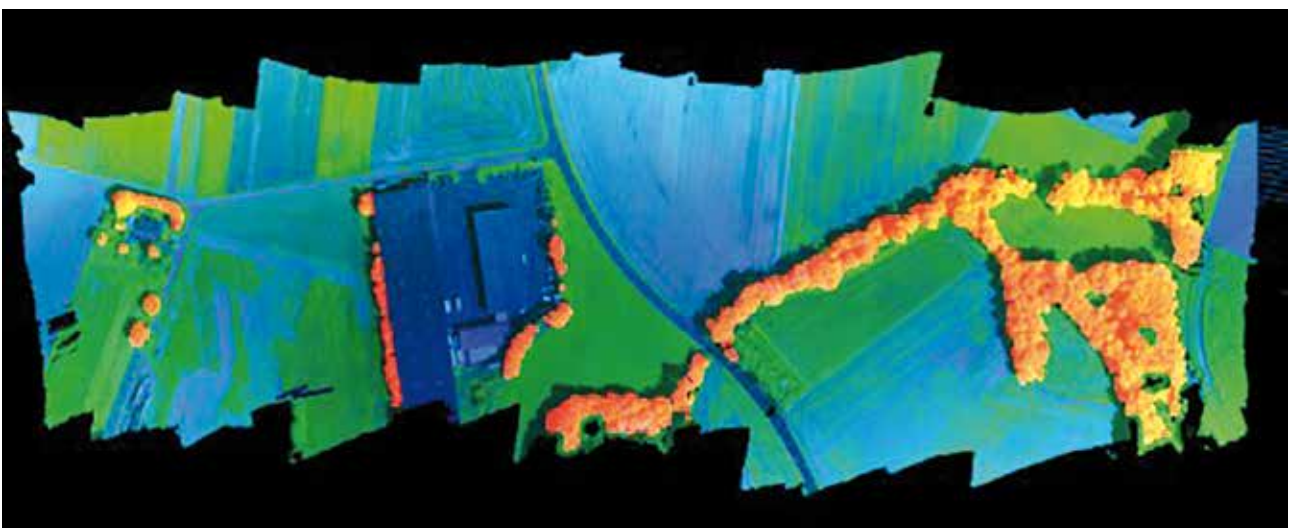
datos útiles, que es lo que se conoce como Machine Learning.

Adrián Pallás presentó dos ejemplos de la aplicación de estos conceptos a la agricultura. En proyecto SIMOVI (FEDER-Inninterconecta 2013, ITC-20133114), donde se logró determinar la madurez de la uva a partir de la imagen hiperespectral. También se presentó el proyecto SILVA (FEDER-Inninterco-

necta 2015, ITC-20151263), que tiene como objetivo detectar plagas en plantaciones de maderas nobles. Para ello se realiza una caracterización espectral de las hojas, para posteriormente desarrollar un sensor multi-espectral a medida capaz de ser embarcado en un UAV (vehículo aéreo no tripulado), con capacidad de detectar y localizar árboles enfermos.



Detección del punto de madurez de la uva a partir de imagen hiperespectral. Proyecto SIMOVI.



Detección de árboles enfermos en el proyecto SILVA.

Necesidades nutricionales de la vid, fertilizantes y caso de estudio WETWINE

Hernán Ojeda
INRA

La charla comenzó con una revisión de las necesidades de fertilización de la vid. La fertilización busca compensar las deficiencias eventuales del suelo o de la planta en elementos minerales y orgánicos necesarios para el desarrollo de la vid para asegurar un rendimiento

conveniente y una calidad suficiente. Los macro y micro nutrientes son capaces de modificar el contenido de carbohidratos, proteínas, aminoácidos, aromas y vitaminas del mosto, como asimismo los ácidos orgánicos.

También se hizo hincapié de la importancia de la materia orgánica en el suelo ya que mejora la calidad física y estructural del suelo y contribuye a su estabilidad; asegura el almacenamiento y la provisión de elementos nutricionales por mineralización; estimula la actividad biológica del suelo; contribuye a la retención de microcontaminantes orgánicos y pesticidas permitiendo así, su degradación por microorganismos.

Por último, Hernán Ojeda mostró los primeros resultados de los ensayos agronómicos que se están llevando a cabo en este proyecto, con lodos procedentes de una depuradora de una bodega con un tratamiento similar al abordado en el proyecto y del sistema WETWINE (ver en página 34).



Observación de síntomas en la vid: carencia de K.

Usos no convencionales de los residuos de la industria vitivinícola: producción de adsorbentes

Moldes A.B.¹; Calvar Sergio¹, Pérez-Cid B.²; Cruz J.M.¹

¹Chemical Engineering Department, School of Industrial Engineering (EEL), University of Vigo.

²Department of Analytical and Food Chemistry. Faculty of Chemistry. University of Vigo.
Campus As Lagoas-Marcosende s/n. 36310 Vigo (Spain)

ABSTRACT

An industrialized and globalized world where the circular economy and the industrial symbiosis are contemplated as something natural, it goes through adequate plans for the recovery and recycling of waste. In this sense, waste from the winery industry should not be an exception. However, although Spain is one of the largest wine producers in the world, there is no a standardized plan for the

management and recovery of organic waste from the wine industry. Frequently, residues are managed through waste management companies, which are responsible for the collection and treatment of these residues after payment. This article aims to increase the vision that the organic waste generated by the winery industry could be a source of benefits with capacity to generate new industrial markets at the same time that contributes to a more sustainable development.

RESUMEN

Un mundo industrializado y globalizado donde la economía circular y la simbiosis industrial se contemple como algo natural, pasa por unos adecuados planes de valorización y reciclaje de residuos. En este sentido los residuos procedentes de la industria vitivinícola no deberían ser una excepción. Sin embargo, a pesar de que España es uno de los mayores productores de vino de todo el mundo no existe un plan de gestión y valorización de residuos orgánicos de la industria vitivinícola estandarizado. En muchos casos se recurre a empresas gestoras de residuos, las cuales se encargan de la recogida y tratamiento de los mismos previo pago.

Con este artículo se pretende incrementar la visión de que los residuos generados por la industria vitivinícola, podrían ser una fuente de beneficios, con capacidad de abrir nuevos mercados a nivel industrial al mismo tiempo que se contribuye a un desarrollo más sostenible.

Producción de adsorbentes a partir de residuos de la industria vitivinícola mediante oxidación biológica del bagazo de uva

Se ha demostrado que el bagazo de uva es un residuo orgánico biodegradable, que por oxidación biológica, espontánea, puede dar lugar a un material poroso con capacidad adsorbente muy parecido al carbón activo, el cual habitualmente se produce por procesos

de oxidación química o física, usando agentes oxidantes fuertes o altas temperaturas, con el consiguiente gasto energético. Los adsorbentes son muy utilizados a nivel industrial en la descontaminación de corrientes gaseosas y/o acuosas y por tanto tienen una cuota de mercado bastante grande tocando casi todos los sectores industriales.

Diversos trabajos llevados a cabo por el grupo EQ 10, del Departamento de Ingeniería química de la Universidad de Vigo, han demostrado que el bagazo de uva biodegradado posee una buena capacidad de eliminar diversos contaminantes de las aguas residuales, incluidas las propias aguas residuales generadas en una bodega.

Así Bustos y col., (2018) han logrado eliminar sulfato de cobre en agua mediante el uso de bagazo de uva oxidado biológicamente, el cual para facilitar su manejo, puede ser encapsulado en esferas de alginato cálcico. La Figura 1 muestra una imagen del aspecto que tiene el bagazo de uva oxidado biológicamente en comparación con el carbón activo. El bagazo de uva oxidado biológicamente e inmovilizado en esferas de alginato cálcico fue aplicado por Pérez-Ameneiro y col., (2014a) y Pérez-Ameneiro y col., (2014b) en la eliminación de compuestos coloreados y micronutrientes en aguas procedentes de la industria vitivinícola.

Además en otros trabajos (Vecino y col., 2015a, 2015b) se han utilizado podas de sarmiento para la eliminación de contaminantes en aguas, incluidas las aguas residuales



Figura 1. A) bagazo de uva procedente de una bodega, B) bagazo de uva sometido a oxidación biológica, C) carbón activo.

Tabla 1. Trabajos en los que se ha utilizado el bagazo de uva o las podas de sarmiento como adsorbente de bajo coste, alternativo al carbón activo

Residuo vitivinícola	Tratamiento	Contaminante eliminado	Referencia
Bagazo de uva	Oxidación biológica	Cobre	Bustos y col., (2018)
Bagazo de uva	Oxidación biológica	Magnesio Fósforo Potasio Nitrógeno	Perez-Ameneiro y col., (2014a)
Bagazo de uva	Oxidación biológica	Compuestos coloreados	Perez-Ameneiro y col., (2014b)
Bagazo de uva	Oxidación biológica	Cadmio	Grudić, y col., (2015)
Podas de sarmiento	Hidrólisis suave con H_2SO_4	Compuestos coloreados	Vecino y col., (2015a, 2015b)

de la industria vitivinícola, pero en este caso las podas de sarmiento una vez trituradas fueron sometidas a un proceso de oxidación química suave, con un 3 % de ácido sulfúrico, el cual sigue siendo un proceso mucho más sostenible que el utilizado para obtener carbón activo de forma convencional. Si comparamos las podas de sarmiento con el bagazo de uva, las podas de sarmiento tienen una estructura polimérica más estable y difícil de descomponer por métodos biológicos, en un periodo de tiempo asumible a nivel industrial, por lo que en este caso es más recomendable recurrir a un proceso de oxidación suave empleando métodos físico-químicos. Una alternativa a este proceso sería la oxidación bilógica conjunta del bagazo de uva y las podas de sarmiento, con el fin de obtener un adsorbente procedente del conjunto de ambos residuos.

El bagazo de uva utilizado como adsorbente en los trabajos recogidos en la Tabla 1 se puede obtener mediante biodegradación espontánea, tras un periodo de 2-3 meses, donde se controle la aireación de la pila de bagazo, de forma similar a un proceso de compostaje, hasta obtener una materia orgánica estable. Tras este periodo el bagazo de uva es lavado, secado

y tamizado, obteniendo un material poroso con características similares a las del carbón activo con un tamaño de partícula < de 0.5 mm.

Para facilitar el manejo del adsorbente y la separación del mismo de las corrientes residuales una vez tratadas, este se puede someter a un proceso de encapsulación también denominado inmovilización. Para ello el bagazo se mezcla con una disolución de alginato sódico al 2% obteniéndose una emulsión que es bombeada a una disolución de cloruro cálcico



Figura 2. Aspecto del agua contaminada con sulfato de cobre y tratada con bagazo de uva inmovilizado en esferas de alginato cálcico.

formándose esferas de alginato cálcico en las que queda atrapado el bagazo de uva bio-oxidado. La Figura 2 muestra una foto de agua contaminada con sulfato de cobre antes y después de ser tratado con bagazo de uva inmovilizado en esferas de alginato cálcico.

CONCLUSIÓN

En este artículo se propone el uso de residuos orgánicos procedentes de la industria vitivinícola como son las podas de sarmiento o el

bagazo de uva para la obtención de un producto de elevado valor añadido con propiedades similares al carbón activo. Este es un claro ejemplo de bioeconomía donde un residuo generado a nivel industrial puede ser incorporado como materia prima en el proceso productivo de una bodega, otorgándole un nuevo uso. De forma alternativa se podría plantear la creación de una planta transformadora de los residuos sólidos de la industria vitivinícola, en adsorbentes para su aplicación en diversos sectores industriales.

REFERENCIAS

- BUSTOS, G., CALVAR, S., VECINO, X., CRUZ, J.M., MOLDES, A.B. 2018. Industrial Symbiosis Between the Winery and Environmental Industry Through the Utilization of Grape Marc for Water Desalination Containing Copper(II). *Water, Air, and Soil Pollution*. 229(2),36.
- PEREZ-AMENEIRO, M., VECINO, X., BARBOSA-PEREIRA, L., CRUZ, J.M., MOLDES, A.B. 2014b. Removal of pigments from aqueous solution by a calcium alginate-grape marc biopolymer: A kinetic study. *Carbohydrate Polymers*. 101(1), 954- 960.
- PEREZ-AMENEIRO, M., VECINO, X., CRUZ, J.M., MOLDES, A.B. 2014a. Elimination of micronutrients from winery wastewater using entrapped grape marc in alginate beads. *CYTA - Journal of Food*. 12(1), 73-79.
- VECINO, X., DEVESA-REY, R., VILLAGRASA, S., CRUZ, J.M., MOLDES, A.B., 2015a. Kinetic and morphology study of alginate-vineyard pruning waste biocomposite vs. non modified vineyard pruning waste for dye removal. *J. Environ. Sci.* 38, 158-167.
- VECINO, X., DEVESA-REY, R., VILLAGRASA, S., CRUZ, J.M., MOLDES, A.B. 2015b. Kinetic and morphology study of alginate-vineyard pruning waste biocomposite vs. non modified vineyard pruning waste for dye removal *Journal of Environmental Sciences (China)* 38. 158-167.
- GRUDIĆ, V., ŠĆEPANOVIĆ, J., BOŠKOVIĆ, I. 2015 Removal of cadmium (II) from aqueous solution using fermented grape marc as a new adsorbent | [Uklanjanje kadmijum (II) jona iz vodenog rastvora pomoću fermentisane komine grožđa kao novog sorbenta] *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly* 21(2). 285-293.

Compostagem de lamas e engaço provenientes da atividade vitivinícola na Região Demarcada do Douro

**Rui Pinto¹, Fátima Gonçalves², Luís Miguel Brito³, Isabel Mourão³, Luísa Moura³, Rui Soares⁴,
Sérgio Soares⁴, Laura Torres² e João Coutinho¹**

¹Centro de Química (CQ-VR) Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5001-801 Vila Real.
E-mail: ruicasaldematos@gmail.com

²Centro de Investigação e de Tecnologias Agro-Ambientais e Biológicas (CITAB),
Departamento de Agronomia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5001-801, Vila Real.

³Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Escola Superior Agrária,
Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Refóios, 4990-706 Ponte de Lima.

⁴Real Companhia Velha, Vila Nova de Gaia. Porto 4430-022

Resumo

A compostagem de engaço com lamas provenientes da estação de tratamentos de águas residuais, resultantes da atividade vitivinícola da região Demarcada do Douro permite a obtenção de um compostado com características físicas e químicas que lhe permitem contribuir para a melhoria da fertilidade do solo da vinha.

Introdução

A atividade vitivinícola é responsável pela produção de subprodutos, tais como o engaço da vinha e as lamas resultantes do tratamento das águas de lavagem da maquinaria usada nas operações de vinificação. A compostagem permite a reutilização destes resíduos na fertilização da vinha, assegurando maior eficiência na gestão dos recursos naturais (Schmidt et al., 2014). A compostagem consiste num processo de oxidação biológica em que os microrganismos decompõem os resíduos orgânicos em condições de elevadas temperaturas, resultando um produto estabilizado, homogêneo, higienizado, isento de sementes de infestantes e microrganismos patogénicos, benéfico para a produção vegetal (Brito, 2017). Os solos das vinhas da Região Demarcada do Douro apresentam normalmente um teor de matéria orgânica (MO) reduzido, baixa capacidade de retenção de água e estão sujeitas a um stress hídrico elevado durante os meses de Verão (Alves e Costa, 2011). A aplicação do compostado contribui para aumentar o teor de MO, melhorar as características físicas do solo e proporcionar uma libertação lenta de nutrientes ao longo do tempo. Recentemente, vários autores têm proposto como forma de melhorar a retenção de água e nutrientes, a adição ao solo de biochar, produto resultante da combustão lenta de matéria orgânica na ausência de oxigénio, a temperaturas situadas entre 200 e 900 °C (Ahmad et al., 2014), na forma simples (Baronti et al., 2014) ou em conjunto com o compostado (Schmidt et al., 2014).

Com o objetivo de estudar o processo de compostagem de lamas, engaço e biochar, foram realizados dois ensaios com: (i) lamas e engaço não triturado; (ii) lamas e engaço triturado com e sem biochar.

Materiais e métodos

Os materiais utilizados nas pilhas de compostagem foram: (i) engaço obtido com o auxílio de um desengaçador à entrada da adega; (ii) lamas resultantes do tratamento das águas residuais da lavagem de tubos, filtros, cubas, prensas, bombas e outro equipamento nas operações de vinificação e (iii) biochar vendido pela empresa Piroeco Bioenergy (Málaga, Espanha).

A 1ª experiência de compostagem foi realizada com lamas (C/N = 12) e engaço não triturado (C/N = 46) misturados na proporção de 3:1, 2:1 e 1:1 (lamas:engaço, p/p) nas pilhas 1, 2 e 3, respetivamente. A 2ª experiência de com-



Figura 1. Realização das pilhas de compostagem por camadas com os materiais constituintes.

postagem foi realizada com lamas (C/N = 22) e engaço triturado (C/N = 56) misturados na proporção de 1:1 sem e com biochar (pilhas 1A e 1B) e 1:1,5 sem e com biochar (2A e 2B) (lamas:engaço, p/p).

As pilhas de compostagem, com a dimensão aproximada de 1,8 m de largura, 1,5 m de altura e comprimento variável foram realizadas por camadas com os materiais constituintes (figura 1). Os materiais foram misturados com o auxílio de uma escavadeira hidráulica com braço oscilante e seguidamente as pilhas foram cobertas com uma tela de tecido de polipropileno (geotêxtil) de modo a permitir as trocas gasosas, evitar a secagem da camada exterior e excesso de humidade no interior das pilhas (figura 2). O processo de compostagem teve a duração aproximada de 4 meses, sofrendo vários revolvimentos durante esse período com o mesmo equipamento, de modo a promover o arejamento e permitir a homogeneização da pilha. Na 1ª experiência as pilhas 1 e 2 com maior proporção de lamas sofreram revolvimentos nos dias 1, 4, 8, 14, 28, 42, 56 e 84 dias após o início da compostagem. A pilha 3 sofreu revolvimentos apenas aos 8, 28, 56 e 84 dias após o início da compostagem porque a maior proporção de engaço favorece a oxigenação da pilha. Na 2ª experiência, as 4 pilhas sofreram revolvimentos aos 4, 8, 28 e 56 dias após o início da compostagem.



Figura 2. Revolvimento e cobertura das pilhas de compostagem com tela de polipropileno.

Resultados e discussão

Na 1ª experiência com lamas e engaço não triturado (figura 3), a temperatura na pilha 1 (lamas:engaço, 3:1) não ultrapassou os 50 °C, possivelmente devido à falta de oxigenação em virtude da elevada proporção de lamas em relação ao engaço. Pelo contrário, nas pilhas 2 e 3, com mais engaço, a temperatura foi superior a 55 °C durante 19 e 14 dias, respetivamente. As temperaturas máximas alcançadas nas pilhas 2 e 3 foram 69 e 67 °C, respetivamente. Na 2ª experiência (figura 4) com lamas e engaço triturado, as temperaturas alcançadas durante a compostagem foram superiores. A temperatura nas pilhas 1A e 2A (sem biochar) foi superior a 55 °C durante 35 e 40 dias, respetivamente. As temperaturas máximas alcançadas nas pil-

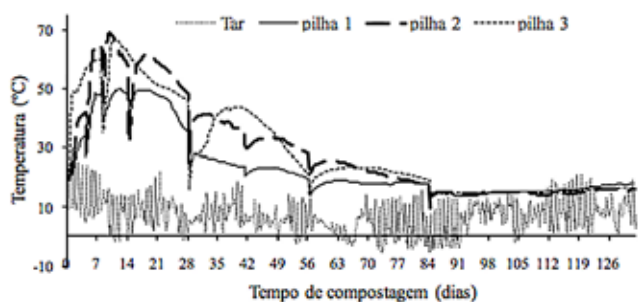


Figura 3. Temperatura nas pilhas durante a compostagem de lamas e engaço não triturado misturados em 3 diferentes proporções (p/p): pilha 1 (3:1), pilha 2 (2:1) e pilha 3 (1:1). Tar representa a temperatura média diária do ar.

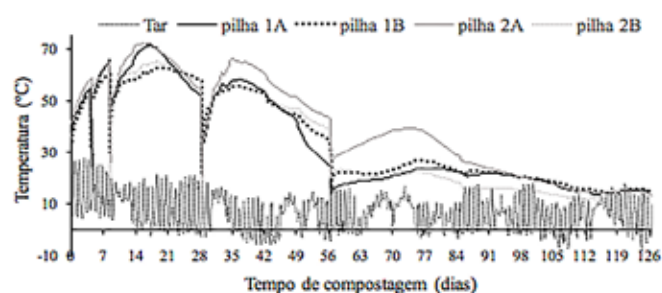


Figura 4. Temperatura nas pilhas durante a compostagem de lamas e engaço triturado misturados na proporção (p/p) de 1:1 sem e com biochar (1A e 1B) e 1:1,5 sem e com biochar (2A e 2B). Tar representa a temperatura média diária do ar.

has 1A e 2A foram 72 e 73 °C, respetivamente. Bertrand et al. (2004) também observou temperaturas mais elevadas com engaço triturado devido à maior facilidade de integração deste na pilha. A temperatura diminuiu ligeiramente com a aplicação de biochar, não ultrapassando os 65 °C nas pilhas 1B e 2B.

As condições climatéricas permitiram manter o teor de humidade das pilhas entre 65 e 79% na 1ª experiência e entre 64 e 74% na 2ª experiência sem necessidade de rega. Apesar de estes valores se situarem acima do teor de humidade recomendado (50 a 60%), as condições de temperatura das pilhas com engaço triturado e da pilha 2 com engaço não triturado (2:1) garantiram o requisito sanitário para os compostados (CCQC, 2001). Na análise microbiológica verificou-se que os compostados que atingiram temperaturas superiores a 55 °C durante um período superior a 15 dias apresentavam uma quantidade superior de colónias (ufc g⁻¹) de *Pseudomonas fluorescens* e *Bacillus* spp. que podem ser importantes agentes supressores de organismos patogénicos nas plantas (Zaccardelli et al., 2013).

A temperatura das pilhas não aumentou após o último revolvimento, mantendo-se igual à temperatura ambiente, o que indica que os compostados estavam estabilizados. No final da compostagem, os compostados apresentavam um elevado grau de maturação de acordo com o teor de NH₄⁺ inferior a 400 mg kg⁻¹. Os compostados não apresentavam fitotoxicidade de acordo com o índice de germinação obtido nos testes de germinação com sementes de pepino e rabanetes, realizados.

Nos compostados, a proporção entre os nutrientes é semelhante à requerida pela videira, à exceção do teor de potássio que apresenta valores ligeiramente inferiores. A relação K/Mg e Ca/Mg entre 3 e 4 (tabela 1 e 2) facilita a absorção destes nutrientes. O teor de metais pesados (Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Ni e Zn) é inferior aos limites admissíveis de acordo com o decreto-lei 103/2015. O teor de MO superior a 400 mg kg⁻¹, o pH (7-9) e a condutibilidade elétrica inferior a 3 dS m⁻¹, associados ao grau de maturação, são indicadores da qualidade destes compostados para a fertilização da vinha.

Tabela 1. Caracterização química das pilhas de compostagem de lamas e engaço não triturado misturados na proporção (p/p) 3:1; 2:1 e 1:1 nas pilhas 1, 2 e 3, respetivamente

	pH	CE (dS m ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	C/N	NH ₄ ⁺ (mg kg ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)
Pilha 1	7,8	0,23	294	7,7	21	73,2	27,7	1,4	2,1	2,3	0,7
Pilha 2	8,2	0,39	435	13,0	19	45,6	26,3	2,8	7,4	4,5	1,5
Pilha 3	8,5	0,59	595	15,0	22	23,8	94,4	2,2	11,8	5,7	2,4

Tabela 2. Caracterização química das pilhas de compostagem de lamas e engaço triturado misturados na proporção de 1:1 (p/p) sem e com biochar (1A e 1B) e 1:1,5 (p/p) sem e com biochar (2A e 2B)

	pH	CE (dS m ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	C/N	NH ₄ ⁺ (mg kg ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)
Pilha 1A	7,5	0,52	708	17,2	23	63,7	98,7	3,1	7,5	8,1	2,2
Pilha 1B	8,6	0,78	690	18,1	21	66,4	109,4	3,4	8,7	9,1	2,8
Pilha 2A	7,8	0,43	673	17,6	21	69,8	62,9	3,0	8,0	5,9	2,3
Pilha 2B	8,6	0,85	729	15,2	27	42,0	96,9	2,7	7,9	11,8	2,8

Conclusões

A mistura de lamas e engaço não triturado na proporção de 2:1 (lamas/engaço, p/p) e a mistura de lamas e engaço triturado na proporção de 1:1,5 (lamas/engaço, p/p), com ou sem biochar, permitiu atingir temperaturas elevadas,

de modo a garantir o estado sanitário dos compostados. As características químicas e o grau de maturação destes compostados, que contribuem para melhorar a fertilidade física do solo e assegurar a libertação gradual de N, são um fator indicativo da qualidade destes compostados na fertilização da vinha.

Agradecimentos

Agradecemos à Real Companhia Velha pelo apoio na realização dos trabalhos de compostagem na Quinta Casal da Granja.

Projeto de I&D INOVINE&WINE – Vineyard and Wine Innovation Platform, nº da operação Norte-01-0145-FEDER-000038, cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do NORTE 2020 (Programa Operacional Regional do Norte 2014/2020). Bolseiro contratado pelo projeto: Fátima Gonçalves.

Projeto INTERACT – “Integrative Research in Environment, Agro-Chains and Technology”, no. NORTE-01-0145-FEDER-000017, co-financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do NORTE 2020 (Programa Operacional Regional do Norte 2014/2020). Bolseiro contratado pelo projeto: Fátima Gonçalves.

Bibliografia

- AHMAD, M., RAJAPAKSHA, A.U., LIM, J.E., ZHANG, M., BOLAN, N., MOHAN, D., VITHANAGE, M., LEE, S.S. e OK, Y.S. 2014. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review. *Chemosphere* 99, 19-33.
- ALVES, F. e COSTA, J. 2011. Monitoring water stress in the Douro Wine Region: references to decision support tools. 34º Congresso Mundial da vinha e do vinho, 20 a 27 Junho 2011, Porto.
- BARONTI, S., VACCARI, F.P., MIGLIETTA, F., CALZOLARI, C., LUGATO, E., ORLANDINI, S., PINI, R., ZULIAN, C. e GENESIO, L. 2014. Impact of biochar application on plant water relations in *Vitis vinífera* (L.). *European Journal of Agronomy* 53, 38-44.
- BERTRAND, E., SORT, X., SOLIVA, M. e TRILLAS, I. 2004. Composting winery wastes: sludges and grape stalks. *Bioresource Technology* 95, 203-208.
- BRITO, 2017. Compostagem. Fertilização do solo e substratos. Publindústria, Edições Técnicas, Portugal.
- CCQC (2001). Compost maturity index. Nevada City, California, Compost Quality Council.
- DIÁRIO DA RÉPUBLICA (2015). Decreto-Lei 103/2015 de 15 de junho, que estabelece as regras a que deve obedecer a colocação no mercado de matérias fertilizantes. DR 1ª série nº 114.
- SCHMIDT, H., KAMMANN, C., NIGGLI, C., EVANGELOU, M.W.H., MACKIE, K.A. e ABIVEN, S. 2014. Biochar and biochar-compost as soil amendments to a vineyard soil: influences on plant growth, nutrient uptake, plant health and grape quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 191, 117-123.
- ZACCARDELLI, M., DE NICOLA, F., VILLECCO, D. e SCOTTI, R. 2013. The development and suppressive activity of soil microbial communities under compost amendment. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 13, 730-742.



Aplicación de Sustrato Postcultivo de hongos como enmienda orgánica en un suelo vitícola

¹I. Martín; ¹J. M. Martínez-Vidaurre; F. Peregrina; C. Larrieta; A. Benito; N. Domínguez; E. P. Pérez;
²M. Pérez; ¹E. García-Escudero

ignacio.martin@icw.es

¹Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (Gobierno de La Rioja-CSIC-Universidad de La Rioja)
Ctra. Burgos, km 6 (Ctra. LO-20, Salida 13), 26071 Logroño, La Rioja. España

²Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón.
Ctra. de Calahorra, Km 4. 26560 Autol (La Rioja)

En la actualidad, La Rioja genera anualmente más de 320.000 Tm de sustrato residual de la producción de champiñón y setas. Este sustrato es un producto orgánico que contiene todos los nutrientes esenciales y que podría ser reutilizado en la agricultura como enmienda del suelo o fertilizante. Para ello, es importante evaluar su interacción con los suelos de las zonas de producción agrícola cercanas a los lugares donde se generan estos subproductos.

En la agricultura actual se utilizan ampliamente diversos tipos de compost para mejorar la capacidad de retención de agua y la porosi-

en los dos horizontes superficiales, con bajos niveles de materia orgánica (<1%) y conductividad eléctrica, así como un pH de 8,4, debido a un 14% de carbonatos totales y 4,5% de caliza activa. La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) era aceptable.

Por otro lado, las precipitaciones medias de noviembre a octubre en los dos años de ensayo fueron de 467 y 491 mm, respectivamente. Durante el ensayo se realizaron un riego de apoyo anual, en la primera quincena de agosto, de unos 40 m³/ha mediante riego por goteo.

Tabla 1. Aplicaciones de tratamientos realizadas en el ensayo

		Año 1		Año 2		
		Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	
	% Humedad	kg/ha				% Humedad
T	-	0	0	0	0	-
R08	47%	15.047	7.975	16.005	8.009	50%
R08	57%	15.417	6.630	29.921	7.996	73%
R25	47%	45.141	23.925	49.980	25.010	50%
R25	57%	46.252	19.889	94.407	25.228	73%

dad del suelo, así como reponer las pérdidas de materia orgánica, fósforo y potasio. Números estudios muestran la eficacia de diferentes compost para cubrir las necesidades de la vid durante varios ciclos de cultivo (Pinamonti, 1998; Nendel y Reuter, 2007).

El objetivo de este trabajo es evaluar la utilización de dos tipos de SPCH, fresco y recompostado, como fertilizantes y/o enmiendas orgánicas para suelos de viñedo característicos de La Rioja.

La parcela de ensayo

La parcela de ensayo corresponde a un viñedo situado en la finca experimental "La Grajera", situada en Logroño. Se trata de un viñedo de 16 años, dispuesto en espaldera con una densidad de plantación de 3.135 cepas/ha. El suelo se caracteriza por tener textura franca

Tratamientos aplicados

Durante dos campañas consecutivas, se realizó una aplicación anual de SPCH (marzo) en cantidades aproximadas de 8 y 25 Tm/ha (peso seco) (Tabla 1). El diseño experimental consta de cinco tratamientos y tres repeticiones de cada uno, dispuestos al azar. Se evaluaron dos tipos de SPCH, de los que se había eliminado en su mayoría el gravillín.

- **SPCH fresco.** Compost utilizado en producción de Champiñón, sin plásticos ni procesados adicionales.
- **SPCH recompostado:** El SPCH fresco se somete a un recompostaje previo, en condiciones aeróbicas (descomposición y maduración, con volteos periódicos y control de temperatura, humedad y oxígeno).

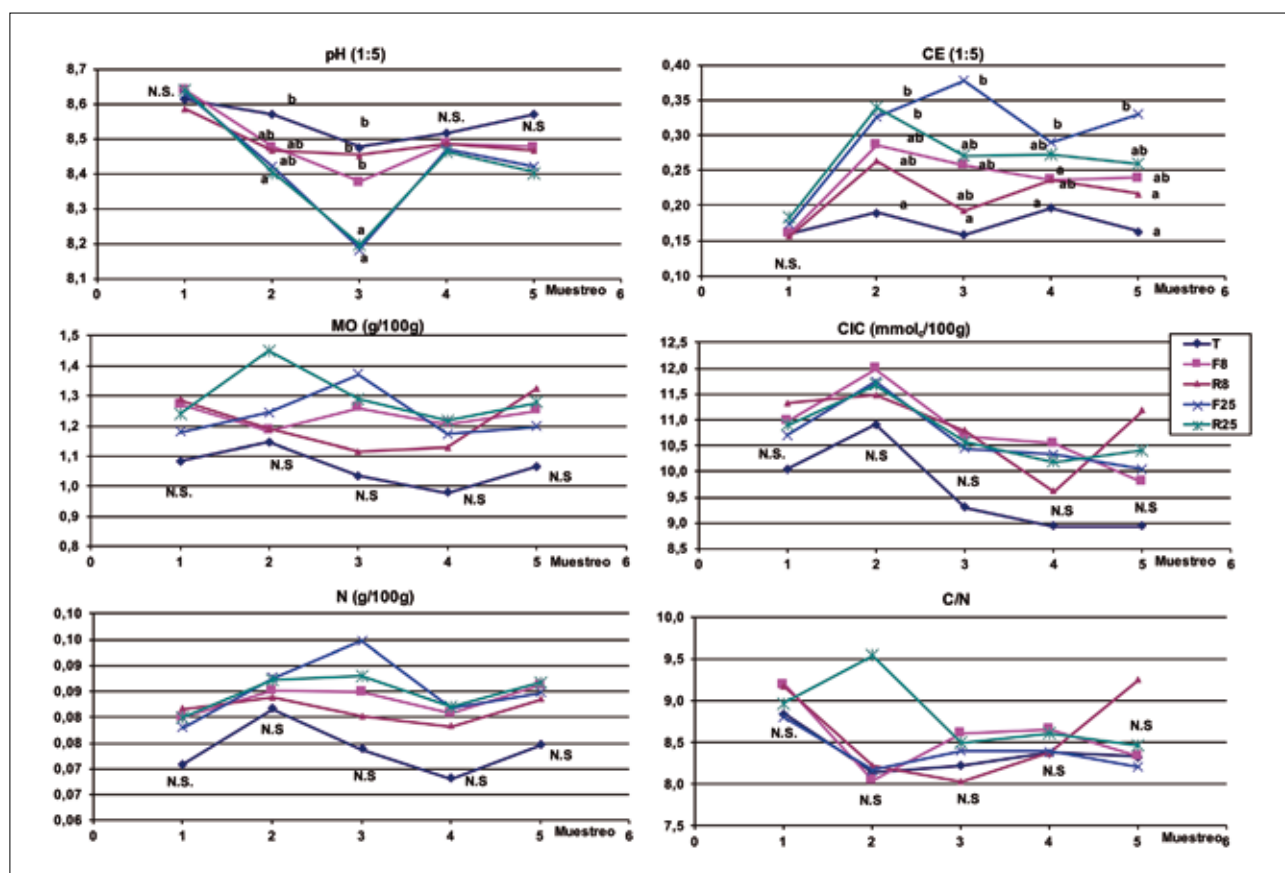


Figura 1. Propiedades físico-químicas del horizonte superficial del suelo. Letras diferentes entre tratamientos para cada muestreo indican diferencias significativas (Duncan, $p < 0.05$). N.S.: no significativo.

Los SPCH se repartieron homogéneamente por la superficie de ensayo y se realizó seguidamente una labor para incorporarlos en los 15 cm superficiales.

Muestreos

Se recogieron muestras de suelo para su análisis, a 0-30 y 30-60 cm de profundidad, a una distancia de 70-80 cm respecto a la línea de plantación, en dos momentos del ciclo: antes de la aplicación de los SPCH (muestreos 1, 3 y 5) y tras la vendimia (muestreos 2 y 4).

Se determinó la densidad aparente (1.72 g/cm^3), pH, conductividad eléctrica (C.E.), materia orgánica, así como los nutrientes extraíbles según los métodos habituales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados, tras cinco muestreos llevados a cabo en el plazo de 22 meses, indican que la

aplicación anual no provocó grandes modificaciones de las propiedades físico-químicas del suelo. El contenido en materia orgánica, la relación carbono/nitrógeno y la capacidad de intercambio catiónico no se vieron modificadas por los aportes de SPCH, ni siquiera en las dosis más altas (Figura 3). En este sentido, las mejoras en estos parámetros no eran previsibles a corto plazo, más si cabe si se considera que las dosis empleadas no son elevadas, ni siquiera en los tratamientos de mayor aporte.

Se detectó, sin embargo, un descenso de pH en el horizonte superficial del suelo en los tratamientos de mayor aporte respecto a los tratamientos Testigo, R08 y F08 (Figura 3), lo que puede considerarse positivo cuando se trata de suelos calizos con un elevado pH, ya que el alto contenido en carbonatos reduce la disponibilidad de numerosos nutrientes como: fósforo, hierro, manganeso, cobre, zinc y boro. Es de destacar que el efecto sobre el pH es transitorio, producido seguramente por

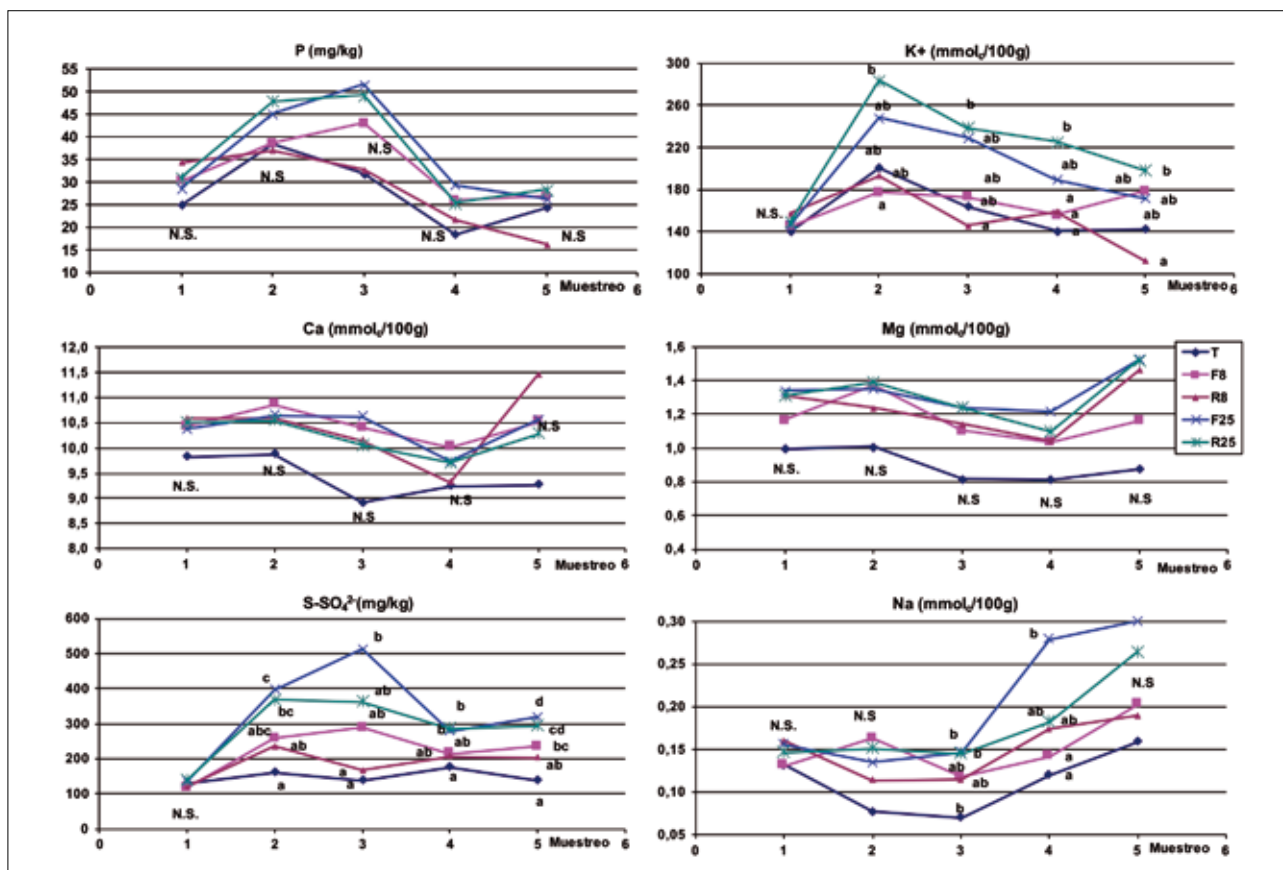


Figura 2. Niveles de macronutrientes en horizonte superficial (0-30 cm). Letras diferentes entre tratamientos para cada muestreo indican diferencias significativas (Duncan, $p < 0.05$). N.S.: no significativo.

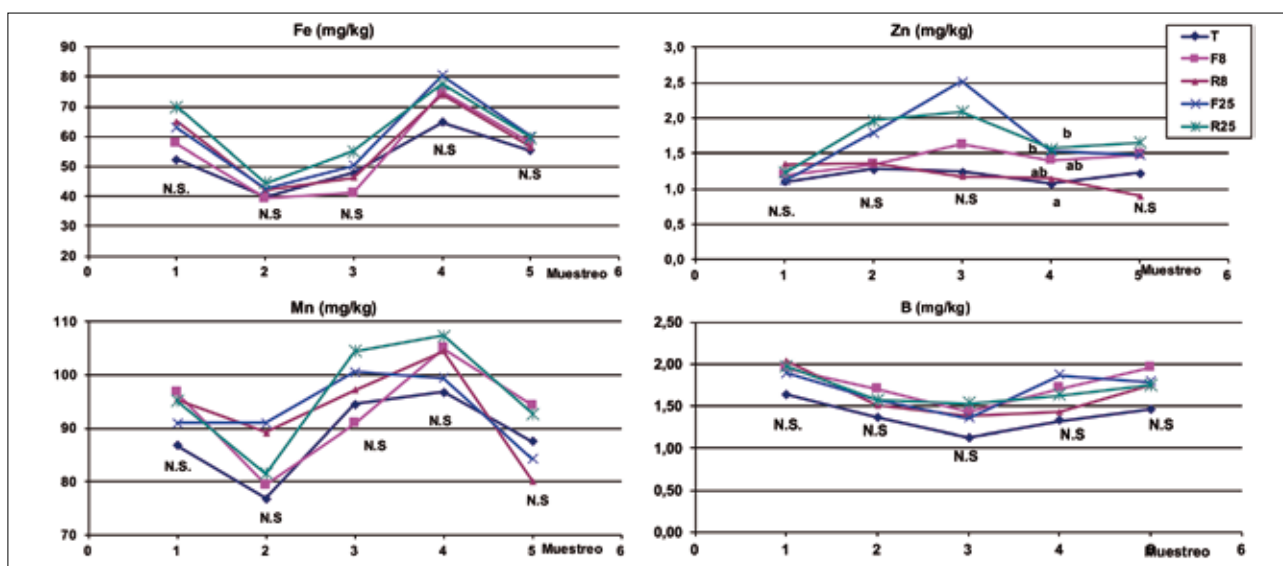


Figura 3. Niveles de micronutrientes en horizonte superficial (0-30 cm). Letras diferentes entre tratamientos para cada muestreo indican diferencias significativas (Duncan, $p < 0.05$). N.S.: no significativo.

la acidificación resultante en los meses en los que los procesos de mineralización de la materia orgánica se ven favorecidos. Sin embargo, a partir del cuarto muestreo, las diferencias entre tratamientos desaparecen cuando el poder

tampón de los carbonatos del suelo restituye el pH del suelo a sus valores naturales.

Tal y como se puede ver en la Tabla 2, la carga de elementos minerales que acompaña a los SPCH es en algunos casos elevada, lo que

Tabla 2. Nutrientes aportados por los SPCH aplicados (kg/ha)

1ª aplicación (año 1)											
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	Na	Fe	Mn	Cu	Zn
F08	133	129	164	1448	81	149	16	12	1,7	0,5	1,3
R08	112	110	183	1852	324	142	17	50	2,4	0,6	1,2
F25	398	387	491	4344	244	446	48	36	5,2	1,6	4,0
R25	335	329	550	5557	972	427	50	150	7,1	1,7	3,5
2ª aplicación (año 2)											
F08	232	172	299	812	127	233	33	14	2,9	0,5	2,1
R08	128	117	219	2018	129	158	14	36	2,0	0,4	1,3
F25	732	543	944	2563	402	734	104	45	9,1	1,5	6,5
R25	400	367	685	6302	402	494	43	113	6,4	1,2	4,1

podría suponer que las aplicaciones anuales, en dichas cantidades, podrían llegar a tener un efecto de sobre-fertilización y convertirse en un riesgo potencial de salinización. En este sentido, los valores de conductividad eléctrica (C.E.) se mantuvieron, en todos los tratamientos, en niveles aceptables para el cultivo de la vid (Figura 3), presentando los tratamientos con mayores aportes (R25 y F25), cinco meses después de las dos aplicaciones de SPCH (muestreos 2 y 4), mayor C.E. respecto al Testigo, diferencias que sólo se mantuvieron para el tratamiento F25 en el momento del aporte de la siguiente aplicación (muestreos 3 y 5). Por tanto, y a pesar de que los niveles de C.E. son aceptables, estos resultados nos estarían indicando que los aportes más elevados de SPCH podrían producir, como resultado de sucesivas aplicaciones, una acumulación excesiva de sales y un riesgo evidente de pérdidas por lavado hacia horizontes del suelo más profundos y a los acuíferos.

Además, el aporte de nutrientes debido a los SPCH se debe valorar también desde el punto de vista de necesidades del cultivo, a través de las extracciones medias anuales en las condiciones normales de producción de la vid. Diversos autores,

y teniendo en cuenta unos rendimientos entre 7.000 y 15.000 kg/ha, consideran que las extracciones medias del suelo oscilarían entre 54-73 kg/ha de N, 17-21 kg/ha de P₂O₅, 70-84 kg/ha de K₂O, 75 kg/ha de CaO y 13 kg/ha de MgO (Marocke *et al.*, 1976; Schaller, 1982; García-Escudero *et al.*, 1995).

Como se puede ver en la Tabla 2, los aportes de N son superiores a las extracciones previstas, incluso para los tratamientos de menor dosis (F08 y R08). De igual modo, las cantidades aportadas de fósforo, potasio, calcio y magnesio superan ampliamente la previsión de consumo de nutrientes. Los tratamientos R25 y F25, que corresponderían a aplicaciones más cercanas a las de una en-



Fresco.

mienda orgánica, superan en mucho las necesidades en macronutrientes por parte de la vid, aunque únicamente teniendo en cuenta, eso sí, las cantidades netas y no el ritmo de liberación.

Respecto al efecto de los SPCH en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, en la Figura 2 se muestra que los nutrientes más afectados serían el azufre y el sodio, observándose incrementos sustanciales en la disponibilidad de ambos en el horizonte superficial en los tratamientos de mayor aporte de SPCH, siendo más claras las diferencias del tratamiento F25 respecto al testigo. El incremento del contenido en sulfatos en el suelo, como consecuencia de aplicaciones sucesivas de SPCH, se ve confirmado en el quinto muestreo donde, tras 22 meses de ensayo, el tratamiento F08 también se diferencia del testigo. El sulfato, al igual que el calcio, está relacionado con el contenido en yeso que acompaña a los SPCH. Sin embargo, el alto contenido de calcio que presentan los suelos con carbonatos evita detectar diferencias en el suelo para este nutriente.

Con respecto al sodio, tanto en el tercer y cuarto muestreo se puede observar su incremento en el suelo para los tratamientos con alto aporte de SPCH (Figura 2), especialmente para el F25, como consecuencia del mayor contenido en dicho nutriente que acompañaba al sustrato utilizado en el segundo año de ensayo (Tabla 2). El sodio es un elemento

no deseable en las aportaciones al suelo, por lo que se debe evitar que los SPCH contengan este elemento en exceso. Aunque los niveles de sodio en superficie no son preocupantes, el sodio es un elemento fácilmente lavable, y más aun en presencia de sulfatos, por lo que la lixiviación hacia horizontes más profundos o incluso hacia los acuíferos podría llegar a presentar un problema. En este sentido, la acumulación en 30-60 cm de sodio y sulfatos, así como el aumento de la conductividad eléctrica a dicha profundidad, se detectó ya para el tratamiento F25 en el quinto muestreo (datos no mostrados).

En cuanto a nutrientes más relacionados con el abonado, tan solo se observó el efecto de los aportes de SPCH en el potasio y el zinc. En el cuarto muestreo, momento en el que ya se ha aplicado SPCH en dos ocasiones y siendo el muestreo más cercano a la segunda de ellas, el tratamiento R25 presentó mayor disponibilidad de potasio respecto al Testigo. En el caso del Zn, estas diferencias también se extienden al tratamiento F25, debido también al contenido en este nutriente de los SPCH (Tabla 2). Dado el alto contenido en nutrientes de los SPCH, es posible que la liberación de estos se vea supeditada al ritmo de mineralización de la materia orgánica, por lo que, en este sentido, los SPCH podrían liberar nutrientes en campañas posteriores.

Finalmente, y aunque no se muestran datos en este trabajo, se debe comentar que el estado nutricional y el vigor de la planta, así como los parámetros de calidad del mosto, apenas se vieron influenciados por los aportes de SPCH durante los dos años de ensayo. En este sentido, se debe considerar que en cultivos leñosos como la vid, donde la planta acumula reservas para su utilización en años posteriores, los efectos del abonado a menudo tardan varios ciclos de cultivo en detectarse.



Recompostado.

CONCLUSIONES

La aplicación de SPCH en las cantidades más altas reduce temporalmente el pH del suelo, revertiéndose el efecto tras unos meses. Asimismo, algunos nutrientes ven incrementada su disponibilidad, aunque en general parece que la liberación de nutrientes por los SPCH no es suficientemente alta como para mostrar diferencias frente al testigo tras dos años de aplicaciones de SPCH.

Por otro lado, la aplicación continuada de SPCH puede acarrear algunos efectos indeseables, como aumentar la conductividad eléctrica o el contenido en sodio en el suelo. Debido

a ello, se debe tomar la precaución de evitar aplicar grandes cantidades todos los años de SPCH, algo innecesario para el mantenimiento del viñedo desde el punto de vista nutricional, dado los bajos requerimientos nutricionales de este cultivo. Es recomendable, por tanto, controlar y evitar aplicar SPCH con alto contenido en sodio de origen.

Por lo tanto, con los datos obtenidos tras dos años de aplicación, se podría desestimar las cantidades más altas para aplicaciones anuales y se sugiere aplicar cantidades más bajas, o elegir planes de aplicación de Sustrato Postcultivo de hongos bianuales para aplicaciones más elevadas.

Agradecimientos

A M^a Carmen Arroyo y el personal del Laboratorio Regional de la C.A.R., a Susana Grijalba de la planta de compostaje de Pradejón, al personal del Viticultura y Enología del S.I.V. y al personal del CTICH.

Este trabajo fue financiado por la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural de La Rioja (Proyecto R-04-07), por la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación (M.E.C.)-Fondos PROFIT (CIT-310200-2007-63) y por la Agencia de Desarrollo Económico de La Rioja (I+D 2006-I-ID-0053). Participación del Fondo Social Europeo y el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.

Referencias

- GARCÍA-ESCUADERO, E., ZABALLA, O., ARROYO, M.C. y MEDRANO, H. 1995. Influence de l'irrigation sur la production de matiere seche et sur l'exportation de macroelements dans cv. Tempranillo. 8as Jornadas Groupe Europeén des Systemes de Conduite de la Vigne. Vairao (Portugal), Vol. 1: 379-383
- MAROCKE, M.; BALTHAZARD, J. y CORREGE, G. 1976. Exportations en éléments fertilisants des principaux cépages cultivés en Alsace. C.R. Ac. Agric, Vol. 6: 420-429
- NENDEL, C. y REUTER, S. 2007. Soil biology and nitrogen dynamics of vineyard soils as affected by a mature biowaste compost application. Compost Science & Utilization, Vol. 15: 70-77
- PINAMONTI, F. 1998. Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine. Nutrient Cycling in Agroecosystems, Vol. 51: 239-248
- SCHALLER, K. 1982. Düngung im Weinbau unter dem Gesichtspunkt möglicher Umweltbelastung und optimaler Ernährung der Reben. Deutscher Weinbau, Vol. 37: 1110-1122

Beneficios ambientales de los sistemas de humedales contruidos para el tratamiento de efluentes vitivinícolas. Resultados del proyecto WETWINE

Marianna Garfí, Laura Flores, Joan García

GEMMA - Grupo de Ingeniería y Microbiología del Medio Ambiente, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universitat Politècnica de Catalunya – BarcelonaTech (UPC), C. Jordi Girona, 1-3, Building D1, Barcelona, E-08034, España (marianna.garfi@upc.edu)

Introducción

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una metodología estandarizada que cuantifica y evalúa los impactos ambientales asociados a un producto, tecnología o proceso a lo largo de su ciclo de vida. El ACV identifica y cuantifica tanto el uso de materias primas y energía como las emisiones al medio (emisiones al aire, agua, suelo), para determinar los impactos ambientales potenciales. Esta metodología considera el ciclo de vida completo del producto, tecnología o proceso, teniendo en cuenta las etapas de extracción y procesado

de materias primas, producción, transporte y distribución, uso, reutilización y mantenimiento, reciclado y disposición final (ISO 14040/2006 y 14044/2006). El ACV es una herramienta importante y necesaria para la toma de decisión y permite llevar a la práctica estrategias de reducción de los impactos ambientales para mejorar la sostenibilidad de las actividades humanas.

En el marco del proyecto WETWINE se ha desarrollado un ACV para evaluar el impacto ambiental generado por el sistema WETWINE (sistema de humedales contruidos) y compararlo con el impacto ambiental de las tecnologías

convencionales y las estrategias de gestión de los efluentes vitivinícolas utilizadas actualmente en las bodegas para poder medir los beneficios ambientales de la tecnología propuesta.



Sistema Wetwine: humedales implementados en la bodega Santiago Ruiz (Galicia).

Materiales y métodos

Para el desarrollo del presente estudio se han comparado 3 escenarios de gestión de efluentes vitivinícolas:

- Escenario 1: gestión por terceros empleada por una bodega situada en Galicia (España). Las aguas residuales son acumuladas en una fosa séptica y son transportadas y tratadas por una empresa externa. Se trata del escenario previo a la implementación del sistema WETWINE (escenario 2).
- Escenario 2: sistema WETWINE implementado en una bodega ubicada en Galicia (España). Consiste en un reactor anaerobio hidrolítico de flujo ascendente, dos humedales verticales en paralelo y un humedal horizontal. Los lodos del reactor hidrolítico son

tratados en un humedal de tratamiento de lodos. En el presente estudio se considera que las aguas tratadas son vertidas al medio acuático (escenario conservativo) aunque en futuro se pretende reutilizarlas para el riego. Los lodos tratados son reutilizados como fertilizante o abono en el mismo viñedo.

- Escenario 3: sistema convencional de lodos activados implementado en una bodega ubicada en Galicia (España). El sistema incluye un pretratamiento, un reactor de lodos activados aireado y un decantador secundario. El agua tratada es conducida al alcantarillado donde será tratada adicionalmente por una planta depuradora municipal para así cumplir con los límites de vertido establecidos en la legislación. Los lodos son acumulados en un depósito y gestionados por terceros.

Las características de las bodegas consideradas se describen en la Tabla 1.

Para el desarrollo del ACV la unidad funcional escogida fue 1 m³ de agua tratada, de esta manera, los resultados obtenidos se refieren al impacto generado por el tratamiento de 1 m³ de agua. Los límites del sistema considerados se describen en la Tabla 2. Los datos empleados para elaborar el inventario se obtuvieron



Vista general de los humedales.

Tabla 1. Características de las bodegas y de los escenarios considerados para el presente estudio

	Bodega del escenario 1	Bodega del escenario 2	Bodega del escenario 3
Ubicación	Galicia, España		
Superficie de viñedo (ha)	33,5		55
Duración de la vendimia (días)	26		15
Producción de vino (L/año)	368.000		3.850.000
Consumo de agua por litro de vino (Lagua/Lvino)	3,5		1,3
Caudal de aguas residuales tratado total (m³/año)	1.400		4.833
Caudal en vendimia (m³/época vendimia)	620		2.416
Caudal durante el resto del año (m³/resto del año)	780		2.416
Gestión de afluentes vitivinícolas	Gestión por terceros	Humedales construidos (sistema WETWINE)	Sistema convencional (lodos activados)

Tabla 2. Límites del sistema considerados para el presente estudio

Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Materiales y energía para la construcción y operación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales (materiales de construcción, electricidad, químicos)		
Gestión de las aguas residuales por terceros (incluye transporte y tratamiento en una depuradora convencional) Vertido al medio acuático de las aguas tratadas (emisiones al agua)	Aplicación del lodo como fertilizante o abono (incluye emisiones al suelo y al aire y el fertilizante convencional evitado) Vertido al medio acuático de las aguas tratadas (emisiones al agua)	Gestión de lodos por terceros (incluye transporte e incineración) Tratamiento adicional en una planta depuradora municipal
	Emisiones directas de gases de efecto invernadero debidas a la operación del sistema (emisiones al aire)	Vertido al medio acuático de las aguas tratadas (emisiones al agua)
		Emisiones directas de gases de efecto invernadero debidas a la operación del sistema (emisiones al aire)

Nota: escenario 1: gestión por terceros; escenario 2: sistema de humedales construidos (sistema WETWINE); escenario 3: sistema de lodos activados

a partir del proyecto constructivo del sistema WETWINE, de experimentos y medidas desarrollados in situ y de una serie de encuestas realizadas en las propias bodegas. Para el cálculo de los impactos ambientales se emplea-

ron el software SimaPro® 8 y la base de datos Ecoinvent 3. El método de cálculo utilizado fue el ReCiPe midpoint (H). Las categorías de impacto (indicadores ambientales) elegidas para el estudio fueron: cambio climático, ago-

tamiento de la capa de ozono, acidificación terrestre, eutrofización de aguas dulces, eutrofización marina, formación de oxidantes fotoquímicos, formación de materia particulada, agotamiento de recursos minerales y agotamiento de combustibles fósiles. Para una mejor interpretación de los resultados se han considerados los impactos generados durante la época de vendimia y durante el resto del año.

Resultados

Los resultados del estudio del ACV se representan en la Figura 3.

Los resultados muestran que el sistema WETWINE es la solución más favorable para el medio ambiente. Más detalladamente, los impactos ambientales asociados al escenario que gestiona sus aguas residuales por terceros (escenario 1), son entre 3 y 248 veces más altos que los impactos asociados al sistema WETWINE (escenario 2), dependiendo del indicador ambiental. Esto se debe principalmente al elevado impacto ambiental generado por el transporte de las aguas residuales y por el tratamiento de las mismas en una depuradora



convencional (escenario 1), donde el consumo de energía y de productos químicos es muy elevado comparado con los de la tecnología de humedales construidos.

Por otro lado, los impactos ambientales del sistema de lodos activados (escenario 3) son entre 2 y 14 veces más altos que los impactos asociados al sistema WETWINE (escenario 2), dependiendo del indicador ambiental. Esto se debe principalmente al elevado consumo de energía y químicos para el tratamiento de los

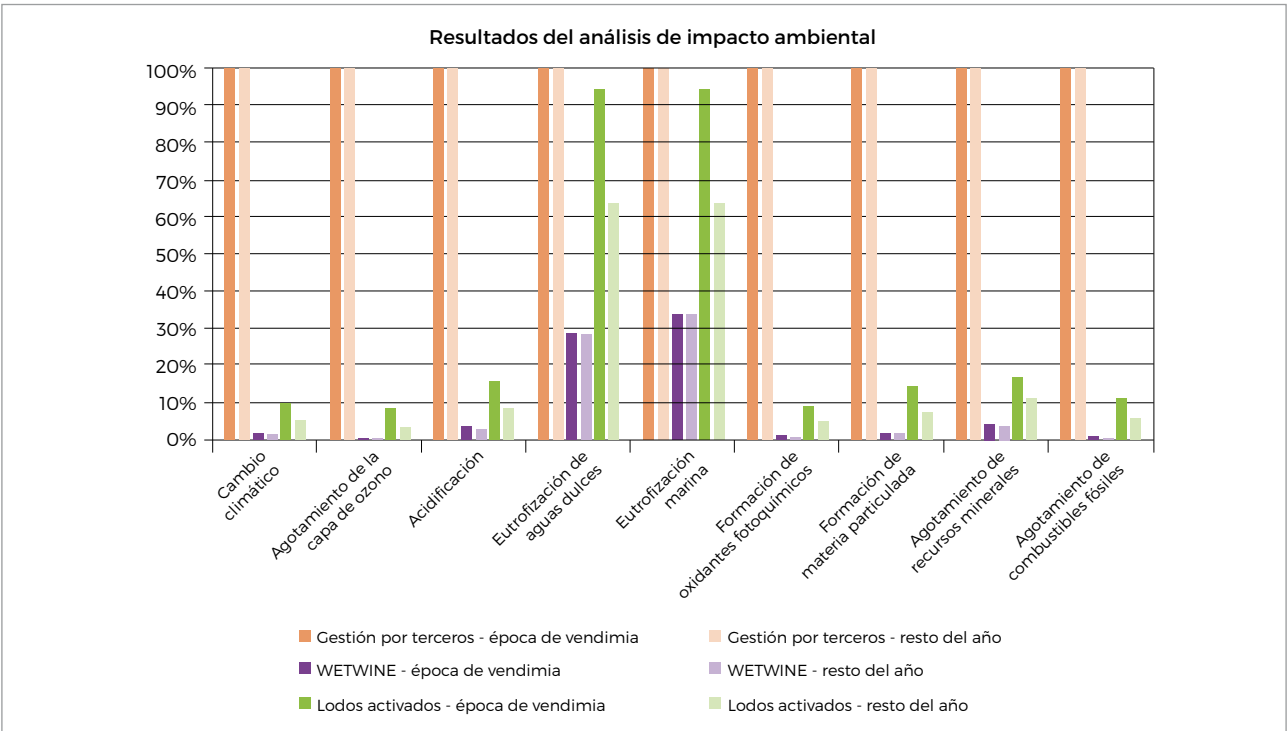


Figura 1. Resultados de la evaluación de impacto ambiental para los escenarios considerados (los impactos se muestran en una escala porcentual)



Humedal horizontal de la planta piloto Wetwine.

efluentes vitivinícolas en el caso de las tecnologías de lodos activados (escenario 3).

Además, comparando el escenario de humedales construidos (escenario 2) con el escenario previo a éste, donde las aguas residuales se gestionaban por terceros (escenario 1), se puede deducir que gracias a la implementación del sistema WETWINE las emisiones de CO₂ asociadas al tratamiento de los efluentes vitivinícolas disminuyen anualmente de 40.000 kg de CO₂ equivalente, reduciendo así el potencial de calentamiento global de hasta 50 veces.

Conclusiones

En conclusión, gracias a la implementación del sistema WETWINE es posible mejorar la sostenibilidad y disminuir la presión sobre el medio ambiente asociada con la gestión de residuos en las bodegas gracias al hecho de que este sistema es una solución que evita el transporte de dichos residuos y el consumo de productos químicos, reduce el consumo energético y las emisiones de vertidos peligrosos en el medio ambiente.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (programa Interreg - SUDOE, WETWINE SOE1/P5/E0300). Laura Flores agradece al Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD) (España) (beca FPU16/01491). Marianna Garfí agradece al Ministerio de Economía y Competitividad de España (Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica e Innovación 2013-2016, Subprograma Ramón y Cajal (RYC) 2016). Los autores agradecen el apoyo brindado por el consorcio WETWINE y las bodegas involucradas en este estudio.

Caracterización de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales vitivinícolas.

Sistema Wetwine: primeros resultados

Teodora de Pedro y Hernán Ojeda

Institut National de la Recherche Agronomique (INRA)

Los lodos, tanto urbanos como vitivinícolas, son el principal residuo orgánico producido en el tratamiento de aguas residuales. En general, su concentración de sólidos es de alrededor de 1% a 3%, dependiendo del tratamiento que se haga (De Maeseneer, 1997). Pero su manejo es muy complicado y representa entre el 20% y el 60% de los costos operacionales del tratamiento (Cleverson et al. 2007).

El destino de los lodos, luego la depuración del agua, puede ser la valorización en agricultura, la valorización energética, o el llenado de terrenos. La valorización en agricultura es preferida al llenado de terrenos, porque el recicla-

do de lodos asegura el retorno de compuestos orgánicos, nutrientes y microelementos a las parcelas, lo que facilita el reemplazo de los fertilizantes químicos (Oleszkiewicz y Mavinic, 2002; Consejo de la Unión Europea, 2009)

En los sistemas de depuración de aguas residuales, tanto de origen urbano como vitivinícola, que utiliza la tecnología de los humedales, se efectúa un pretratamiento y un tratamiento de lodos activados. El lodo es rociado en las celdas de humedales que contienen una capa drenante compuesta de grava y arena. Los lechos son plantados con carrizo o junco (*Phragmites australis*), u otra planta simi-

lar que puede ser autóctona y adaptada a las condiciones del lugar. Estos sistemas reproducen el proceso de limpiado que ocurre en los humedales naturales. El lodo es rociado en la superficie de los lechos plantados, y el agua se pierde por evapotranspiración y drenado. Las raíces de las plantas contribuyen al paso del oxígeno a través de las capas de lodo creando microespacios aerobios que promueven la mineralización y estabilización del lodo (Reed *et al.*, 1988). El complejo sistema radicular mantiene los poros y pequeños canales a través de las capas de lodo, lo que preserva el drenaje eficiente a través del humedal (Nielsen, 2003b). Cuando éste está seco, el movimiento de los tallos por el viento causa la rotura de la superficie y así mejora la aireación de las capas de lodo. Los cambios en su composición en el tiempo, es el resultado del secado (drenaje y evapotranspiración), y de la degradación de la materia orgánica (Nielsen, 2003b). El producto final resultante es utilizable para la aplicación en las parcelas promoviendo la reutilización/reciclado de los lodos, en oposición a su incineración o depósito en un campo.

Los lodos vitivinícolas son la parte sólida que sale del tratamiento de efluentes de las bodegas. El sistema WETWINE aparece como una tecnología alternativa para el tratamiento de lodos, que resuelve estos inconvenientes ya que es de bajo costo de instalación, con requerimientos energéticos bajos, de reducidos costos de mantenimiento, y produce un bajo impacto ambiental. Con la tecnología WETWINE, el agua residual de la bodega pasa por un digestor anaerobio hidrolítico, donde se produce una primera depuración. Luego, la parte líquida pasa a dos humedales (uno vertical y otro horizontal) donde el agua se filtra a través de un medio filtrante plantado con especies vegetales. La parte sólida, el lodo, pasa por un humedal también plantado con especies

vegetales donde se produce su estabilización (Figura nº 1) (para mayor detalle ver Pena *et al.*, 2017). En aras de la economía circular, se pretende reciclar el lodo a modo de fertilizante o abono para la viña, solucionando dos aspectos a la vez: la transformación de un residuo en subproducto utilizable como abono en la viña, y la posible mejora del suelo a través de esta práctica, ya que aporta todos los beneficios de un abono orgánico. De esta forma, se conserva y protege el patrimonio natural del sector vitivinícola.

El vertido de los lodos en terrenos agrícolas está regulado por la Directiva Europea de Lodos (Council of the European Union, 1986) que controla la aplicación en tierras del lodo proveniente de aguas residuales, en relación a la concentración de metales pesados. Una pro-



Figura 1. Humedales de la planta piloto de tratamiento de efluentes Wetwine, situada en Galicia, España.

puesta de regulación reciente es más restrictiva en término de metales pesados, y considera también los contaminantes e indicadores fecales microbianos (Environment DG, EU, 2000). Francia, que suscribe a las leyes europeas, fija las prescripciones técnicas aplicables al vertido de lodos en suelos agrícolas en la ley del 8 de enero de 1998 (Reglamentación de la preven-

ción de riesgos y la protección del medio ambiente, 1998).

El objetivo de este trabajo es hacer un estudio comparativo de las características de distintos lodos utilizables como abono, y de los fertilizantes orgánicos comerciales utilizados mayormente en las distintas regiones de SUDOE (Sur de Francia, España y Portugal).

Este estudio está realizado en el marco del Proyecto WETWINE, que promueve el uso racional de los recursos y su revalorización, limitando la generación de residuos, y la contaminación de suelos y aguas del sudoeste europeo (Programa SUDOE). Este proyecto da una solución económica e innovadora a la gestión de efluentes generados por la industria vitivinícola, y ha instalado recientemente un sistema piloto en una bodega localizada en Galicia, España.

Para validar un abono apto para el cultivo de la vid, producido a partir de residuos orgánicos (lodos) generados por un sistema de tratamiento de efluentes vitivinícolas, se realizó la caracterización físico-química de los mismos con el fin de anticipar sus prestaciones agronómicas y garantizar las pruebas de seguridad con respecto a la salud humana, animal y del medio ambiente.

Se realizó el análisis de los lodos vitivinícolas provenientes del sistema WETWINE, y de la bodega Dom Brial, y se los comparó con los resultados bibliográficos de lodos de plantas de tratamientos urbanos: Uggetti et al. 2009 y Uggetti et al. 2012. Estos autores realizaron estudios en 3 plantas de tratamiento en cada artículo: Seva, Sant Boi de Lluçanès y Alpens (3 pueblos de Cataluña) en 2009, y Seva (Cataluña), Greve y Hadsten (ambos pueblos de Dinamarca) en 2012. Se realizó una media de los 3 lugares para simplificar el análisis. A su vez, se los comparó con abonos orgánicos comerciales: ECOFEM utilizado en España, DUETTO en Portugal, ORGA 3 en Francia, y un humus de

lombriz, para ilustrar el potencial fertilizante de los lodos.

Cabe aclarar que los lodos de la bodega Dom Brial son de origen vitivinícola, y se obtuvieron mediante un sistema de evaporación favorecida mediante la proyección de los efluentes sobre paneles evaporadores (Figura 2), y almacenados en un volquete desde 2014. Los lodos urbanos se obtuvieron mediante un sistema de humedales, similares a los del sistema WETWINE.

Los primeros resultados comparativos muestran que los lodos en general son más húmedos que los abonos comerciales (Figura 3), pero los lodos de origen vitivinícolas tienen el doble de materia seca que los lodos urbanos, incluso del 60% para el caso del lodo Wetwine. En cuanto a la materia orgánica, los abonos comerciales tienen entre 55% y 60%, y los lodos alrededor de 40% (salvo el lodo Wetwine que presenta 11%). El carbono orgánico fluctúa entre 7% y 18% para los lodos de origen



Figura 2. Sistema de tratamiento de efluentes de tipo evaporación favorecida de la bodega Dom Brial situada en Baixas, Francia.

vitivinícola, el humus tiene 9,5%, y los abonos comerciales entre 30% y 35%.

Los lodos urbanos tienen un pH entre 6 y 7,4, el humus de lombriz también es bastante neutro (pH 7,6), y los abonos comerciales van de pH 6 (Orga3) a pH 9,3 (Ecofem). La relación C/N indica la potencialidad del suelo para transformar la materia orgánica en nitrógeno mineral. Valores de esta relación entre 10 y 12 muestran

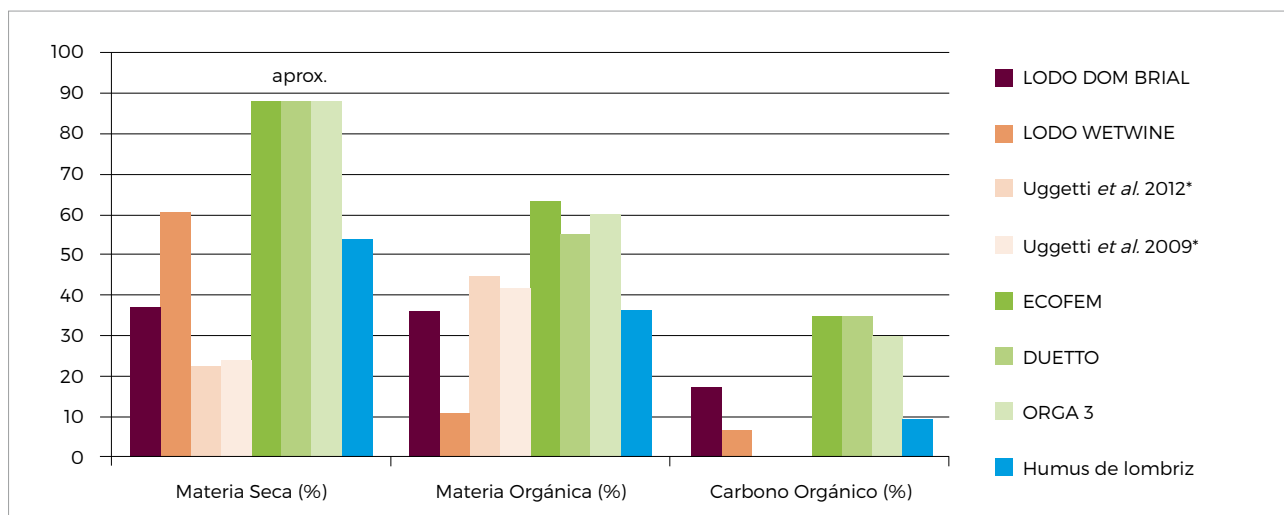


Figura 3. Comparación de parámetros físico-químicos de los lodos vitivinícolas, lodos urbanos (*), abonos comerciales, y humus de lombriz. Valores expresados en porcentaje de materia seca.

que se produce una correcta liberación del nitrógeno, mientras que valores por encima o por debajo de esta cifra muestran liberaciones escasas o excesivas. Los abonos comerciales Ecofem y Orga3, y el humus de lombriz, y los lodos vitivinícolas presentan valores entre 8,5 y 12, mientras que el abono comercial Duetto tiene una relación C/N de 7. El contenido de Nitrógeno total fluctúa entre 0,82% y 2,12% en los lodos de origen vitivinícola, entre 0,14% y 4% en los lodos urbanos, y entre 3% y 5% en los abonos comer-

ciales. El contenido de fósforo en los lodos urbanos es inferior a 0,2%, el de los lodos vitivinícolas y el humus es inferior a 2%, y el de los abonos comerciales varía entre 2% y 6%. Cabe destacar la alta proporción de calcio del lodo vitivinícola Dom Brial (14,23%), siendo muy superior a todos los otros abonos estudiados. Por el contrario el lodo Wetwine tiene <0,62% de calcio.

Los valores de los análisis de metales pesados (Tabla 1), en todos los casos confirman que cumplen con los estándares ambientales para

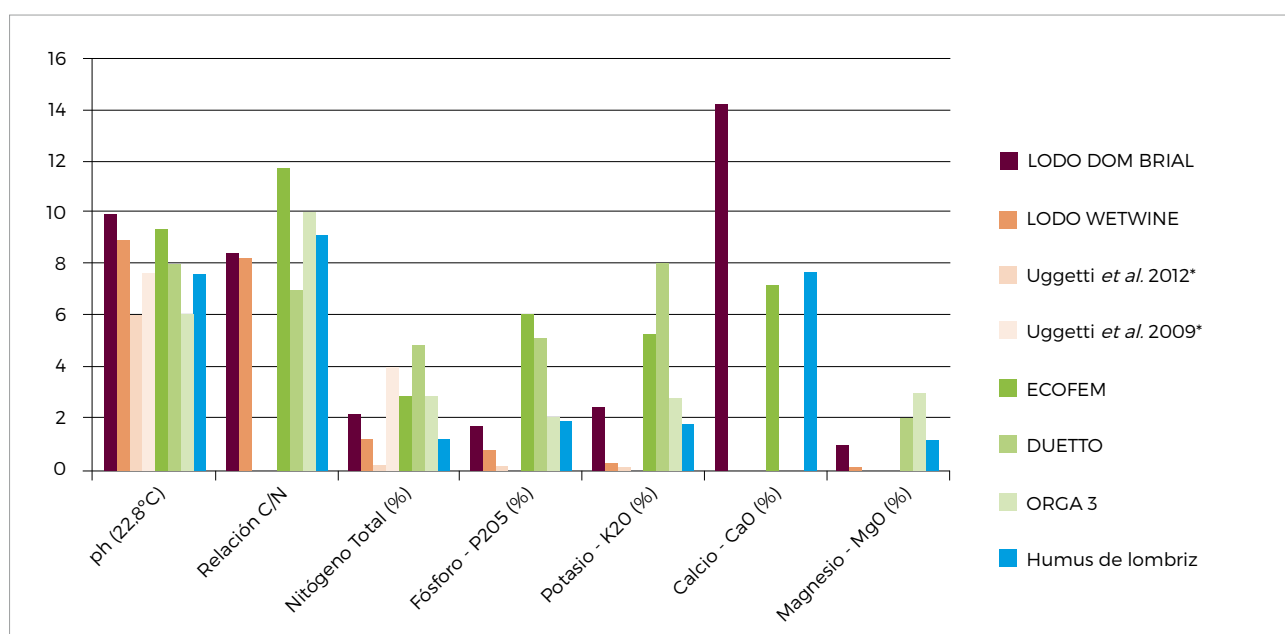


Figura 4. Comparación de propiedades físico químicas y macroelementos de los lodos vitivinícolas, lodos urbanos (*), abonos comerciales, y humus de lombriz. Valores expresados en porcentaje de materia seca.



Figura 5. Viñedo de la bodega Santiago Ruiz donde se puede observar la planta de tratamiento.

su aplicación en parcelas agrícolas (adoptado el 08/01/1998 por el ministerio del medio ambiente de Francia), ya que están muy por debajo de los umbrales límites según esta ley (Reglamentación de la prevención de riesgos y la protección del medio ambiente, 1998).

La calidad de los lodos vitivinícolas está estrechamente relacionada con su procedencia geográfica, el tipo de suelo del lugar, las prácticas que se realicen en el viñedo que da origen al vino (orgánico o tradicional), y el tipo de productos que se utilicen en la bodega.

Al mismo tiempo, en el marco del Proyecto Wetwine, se establecieron ensayos agronómicos, en forma paralela, en viñedos de diferentes denominaciones de origen de la región SUDOE. El objetivo es evaluar la utilización de estos lodos vitivinícolas en diferentes condiciones agroclimáticas con el fin de probar su eficiencia agronómica en comparación con abonos orgánicos comerciales usados habitualmente en los viñedos de esta región. Próximamente se presentarán los resultados de dos ciclos de ensayos.

Tabla 1: Elementos de trazas metálicas de los lodos vitivinícolas y urbanos, y valores límites según la ley vigente en Francia

	LODO DOMBRIAL	LODO WETWINE	Uggetti <i>et al.</i> 2012*	Uggetti <i>et al.</i> 2009*	Valores límites según la ley vigente en Francia
Cromo (mg/kg)	44	44	-	49	1 000
Cobre (mg/kg)	250	449	284	244	1 000
Nickel (mg/kg)	21	22	46	34	200
Zinc (mg/kg)	515	149	941	596	3 000
Mercurio (mg/kg)	0,15	<0,05	2,38	3,2	10
Cadmio (mg/kg)	<0,42	<0,41	0,93	0,7	10
Plomo (mg/kg)	21	22	65	54	800

Bibliografía:

- CLEVERSON, V. A., VON SPELING, M., FERNANDEZ, F., 2007. Sludge Treatment and Disposal. Biological Wastewater Treatment Series 6. IWA Publishing, London.
- CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA, 2009. Green Paper on the management of bio-waste in the European Union. In: 2953rd Environmental Council Meeting, 25 June 2009, Luxemburg.
- DE MAESENEER, J. L., 1997. Constructed wetland for sludge dewatering. *Water Sci. Technol.* 35 (5), 279-285.
- ENVIRONMENT DG, EU, 2000. Working document on sludge. <http://ec.europa.eu/environment/waste/sludge/>
- COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, 1986. Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sludge is use in agriculture. *Off. J. Eur. Union* L 181, 6-12.
- NIELSEN, S., 2003b. Sludge treatement in wetland systems. In: Dias, V., Vymazal, J. (Eds.), *The Use of Aquatique Macrophytes for Wastewater Treatement in Constructed Wetlands*. Instituto da Conservação da Natureza and Instituto da Agua, Lisbon, Portugal (8-10 May).
- OLESZKIEWICZ, J. A., MAVINIC, D.S., 2002. Wastewater biosolids: an overview of processing, treatment and management. *J. Environ. Eng. Sci.* 1, 75-88.
- PENA, R., PASCUAL, A., ÁLVAREZ J. A., VILLAR, P., HERRERO, L., 2017. Winery wastewater valorisation system based on constructed wetlands. Conference: Nature-Based Solutions 2017. At: Tallinn (Estonia).
- Reed, S. C., Crites, R.W., Middlebrooks, E.J. 1988. *Natural Systems for Waste Management and Treatment*. McGraw Hill Book Co. p. 261.
- Reglamentación de la prevención de riesgos y la protección del medio ambiente, 1998. https://aida.ineris.fr/consultation_document/5659
- UGGETTI, E., LLORENS, E., PEDESCOLL, A., FERRER, I., CASTELLNOU, R., GARCÍA, J., 2009. Sludge dewatering and stabilization in drying reed beds: Characterization of three full-scale systems in Catalonia, Spain. *Bioresource Technol.* 100, 3882-3890.
- UGGETTI, E., FERRER, I., NIELSEN S., ARIAS, C., BRIX., GARCÍA, J., 2012. Characteristics of biosolids from sludge treatment wetlands for agricultural reuse. *Ecological Engineering*. 40, 210-216.



WETWINE

Depósito Legal: LR-1413-2017

AGACAL
AXENCIA GALEGA
DA CALIDADE ALIMENTARIA

aimen
CENTRO TECNOLÓGICO

UPC UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Group of Environmental Engineering
and Microbiology

FEUGA
FUNDACIÓN EMPRESA - UNIVERSIDAD GALLEGA

 **ADVID**

 **Gobierno
de La Rioja**

 **IFV**
INSTITUT FRANÇAIS
DE LA VIGNE ET DU VIN

 **INRA**
SCIENCE & IMPACT

Web: www.wetwine.eu
Email: agacal@xunta.gal
Teléfono: +34 881 997 276