



WETWINE

Interreg



Sudoe



WETWINE

European Regional Development Fund

N° 3 - MAYO 2019



¿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	Necesidades hídricas del viñedo.....	4
AIMEN	Validación del sistema WETWINE en Bodegas Santiago Ruiz.....	10
FEUGA	Biomasa-AP: Proyecto para la valorización de subproductos vitícolas mediante la optimización de la explotación y el uso de la biomasa procedente de restos de poda.....	16
ADVID	Onde começa a primavera? Como usar bioindicadores para comprender o <i>terroir</i>	21
DGAG	Cómo evaluar el estado nutricional del viñedo.....	25
UPC	Beneficios ambientales de los sistemas de humedales construidos para el tratamiento de efluentes vitivinícolas: reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.....	31
IFV	Procédés de traitements des effluents de cave adaptés au secteur des vins biologiques: état des lieux et perspectives	37



¿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 Sudoe, 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.agrigan@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

Necesidades hídricas del viñedo

Yolanda Bouzas Cid¹, José Manuel Mirás Avalos²

¹Estación de Viticultura e Enoloxía de Galicia (EVEGA-AGACAL).
Ponte San Clodio s/n, 32427 Leiro, Ourense, España.

²Departamento de Riego. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC).
Campus Universitario, 30100 Espinardo, Murcia, España.

Resumen

El agua juega un papel esencial en la respuesta agronómica del viñedo y, por consiguiente, en la calidad de los vinos producidos. En consecuencia, conocer los requerimientos hídricos de la vid es importante para entender su comportamiento vegetativo/reproductivo y para el manejo racional y eficiente del riego, teniendo en cuenta los objetivos finales perseguidos. En este artículo se expondrá brevemente cómo un déficit o un exceso de agua podría afectar a la producción y calidad de la cosecha, qué métodos disponemos para determinar las necesidades hídricas de la viña, y cómo establecer una estrategia de riego en función del objetivo final establecido.

Introducción

El agua es un factor determinante para la vida vegetal ya que interviene en numerosos procesos fisiológicos como la fotosíntesis o la transpiración. Por tanto, resulta de especial

relevancia conocer las necesidades de agua de los cultivos, que se pueden definir de un modo sencillo como la cantidad de agua que consume una planta para realizar fotosíntesis, traducido en una producción de biomasa. Las respuestas de las plantas a un déficit o un exceso de agua son complejas, implicando adaptaciones y/o efectos perjudiciales. Además, en condiciones de campo, estas respuestas pueden verse modificadas por los efectos sinérgicos o antagónicos producidos por otros tipos de estrés (Chaves *et al.*, 2002). Evidentemente, la vid no es una excepción a esta regla; de hecho, el agua es, quizá, el factor más importante para el rendimiento de un viñedo y, por tanto, afecta en gran medida a la calidad de los vinos producidos.

La vid es un cultivo tolerante a la sequía, siendo capaz de sobrevivir en condiciones de muy baja disponibilidad de agua en el suelo (Williams y Matthews, 1990), gracias a su sistema radicular que le permite explorar capas

profundas, necesitando relativamente poca cantidad de agua para generar un kilo de materia seca. A pesar de ello, las necesidades hídricas potenciales de la vid son elevadas (Williams y Ayars, 2005). En líneas generales, la sensibilidad de la viña al déficit hídrico está ligada a factores propios de la parcela (mesoclima, naturaleza y capacidad de almacenamiento de agua del suelo), factores genéticos (portainjertos, variedad) y agronómicos (sistema de conducción) (Spring y Zufferey, 2011). Por otra parte, el cambio climático está alterando la distribución temporal de las precipitaciones, aumentando las temperaturas medias e incrementando la frecuencia e intensidad de períodos de sequía y olas de calor, provocando una creciente preocupación en las regiones vitivinícolas (Fraga, Malheiro, Moutinho-Pereira and Santos, 2013). Esto puede modificar la tipicidad del producto final y los viticultores se ven obligados a buscar métodos que permitan paliar los efectos negativos de este cambio climático; entre ellos, el riego. El presente artículo tiene como objetivo explicar, de una manera concisa, los aspectos más importantes a considerar respecto a las necesidades hídricas de un viñedo.

Requerimientos hídricos del viñedo

Las necesidades hídricas de un viñedo representan el agua transpirada por las cepas y cualquier otra planta presente (por ejemplo cubiertas vegetales) a la que se suma la evaporada directamente desde el suelo, es lo que se conoce como evapotranspiración del cultivo (ET_c). Esta ET_c se puede calcular como el producto de la evapotranspiración de un cultivo de referencia, ET_o , estimada a partir de variables meteorológicas, por el coeficiente de cultivo K_c , específico del cultivo, e incluso la variedad y que varía con el estado fenológico de la planta (Allen *et al.*, 1998).

Algunos procesos fisiológicos de la vid son muy sensibles al estrés hídrico, como el crecimiento vegetativo o la división celular en la baya, mientras que otros son menos sensibles, como la síntesis de aromas. En líneas genera-

les, las necesidades hídricas de la vid aumentan desde la brotación hasta el envero (Figura 1), lo que se debe tener en cuenta a la hora de establecer el K_c para esta especie. Otros aspectos a considerar son el tamaño, el vigor y la edad de la cepa.

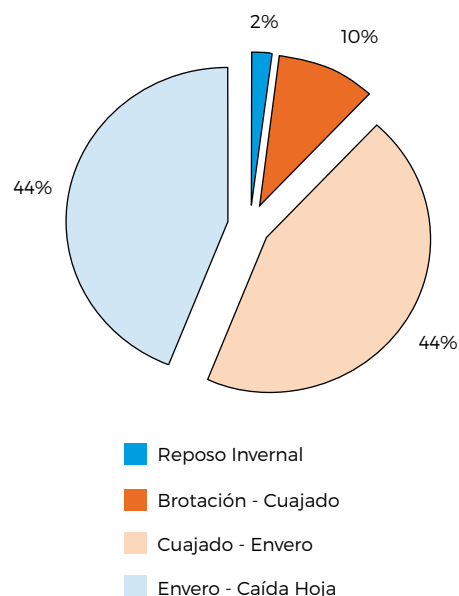


Figura 1. Porcentaje de necesidades de agua de la vid según la fase del ciclo de desarrollo durante una campaña.

Efectos del estrés hídrico sobre la vid

Una sequía gradual de intensidad limitada durante el período de maduración no afecta significativamente a la fotosíntesis, favorece la acumulación de azúcares y de compuestos fenólicos, acentuado por una disminución del tamaño de las bayas, en detrimento del crecimiento vegetativo (Deloire *et al.*, 2004). Por el contrario, si el déficit hídrico es más intenso el racimo deja de acumular compuestos asociados a la calidad y se reduce la producción; si el déficit hídrico es excesivo, se provoca una disfunción de la planta que puede causar la mortalidad de las yemas si estas restricciones se suceden durante varios años.

La sensibilidad de la vid al estrés hídrico depende del estado fenológico. Así, entre brotación y floración, un estrés hídrico produce una importante reducción del crecimiento ve-

getativo, provocando que el dosel vegetal no sea completo y se reduzca la capacidad de la cepa para cuajar frutos. Este estrés es difícil que ocurra en un clima Atlántico o Mediterráneo pero es muy perjudicial y debería evitarse.

Entre cuajado y envero, un estrés hídrico moderado puede resultar beneficioso ya que es una buena herramienta para controlar el vigor de las cepas y reducir el tamaño de la baya: mayor proporción de hollejo frente a la pulpa. Ayuda a controlar la producción y la demanda de fotoasimilados durante la maduración y puede incrementar la síntesis de antocianos durante la posterior maduración de la uva. Este tipo de estrés se puede conseguir mediante el empleo de cubiertas vegetales pero debe evitarse que su intensidad sea excesiva.

Entre envero y maduración es recomendable que las cepas tengan un estado hídrico adecuado, ya que un estrés hídrico en esta fase no ayuda a controlar el vigor de las cepas, es poco efectivo para reducir el tamaño de la baya, reduce la fotosíntesis y puede retrasar la síntesis de aromas.

Efectos del exceso de agua en la vid

No sólo el déficit de agua causa desequilibrios en la fisiología de la vid, un exceso de agua también puede resultar perjudicial (Jackson y Lombard, 1993). Por ejemplo, durante la brotación se puede producir una falta de oxígeno causada por un encharcamiento del terreno, lo que lleva a una reducción en la longitud de los brotes, hojas amarilleadas e incluso muerte del brote. A largo plazo, se retrasa el envero y la maduración. El exceso de agua durante la floración provoca un vigor excesivo de los pámpanos, deficiencias en el cuajado y corrimiento de racimos. Si esta elevada

disponibilidad de agua se produce durante el envero, el tamaño de la uva aumenta, se reduce el contenido en azúcares e incrementa el de ácidos.

¿Cómo se puede determinar el estado hídrico de la vid?

De lo anteriormente señalado, con objeto de realizar un manejo más eficiente del agua en el viñedo, conviene conocer su estado hídrico de manera eficaz. Para ello, existen numerosos métodos (van Leeuwen *et al.*, 2009): i) monitorización del agua en el suelo mediante tensiómetros u otros sensores, ii) modelización del balance hídrico (por medio del cálculo de la ET_0 y su multiplicación por un K_c adecuado), o iii) emplear indicadores fisiológicos entre los que destaca el potencial hídrico foliar.

Las medidas de este indicador se realizan con una cámara de presión en la que se coloca una hoja previamente separada de la planta por el peciolo (Figura 2). Se va añadiendo gas dentro de la cámara hasta que se produce una salida de savia por el peciolo y, en ese momento se anota la presión observada. Existen varias modalidades de medida del potencial hídrico foliar: antes del amanecer, al mediodía y de tallo (normalmente determinado al mediodía). Por diferentes motivos, se considera que la medida de potencial de tallo al mediodía es la más



Figura 2. Cámara de presión para la medida de potencial hídrico foliar.

adecuada para determinar el estado hídrico de la vid (Choné *et al.*, 2001). En la Tabla 1 se muestran los umbrales de potencial hídrico de tallo a mediodía a partir de los cuales se considera que existe un estrés hídrico (adaptado de van Leeuwen *et al.*, 2009). La información obtenida a partir de estas determinaciones, junto con la registrada por las estaciones meteorológicas (que ofrecen valores de ET_0), resultan de especial relevancia para la gestión del riego de manera eficiente en un viñedo.

Manejo del estado hídrico del viñedo: el riego

Existen diferentes sistemas de riego: por superficie (riego a manta), por aspersión, localizado,

etc. El riego localizado (Figura 3) es el más utilizado actualmente en los viñedos españoles desde el levantamiento, en 1996, de la prohibición de regar el viñedo de vinificación. Este sistema de riego consiste en la aplicación de agua en la superficie o bajo el suelo utilizando tuberías a presión y emisores de agua. Su principal ventaja es que permite controlar eficientemente tanto la cantidad de agua como el momento de aplicación (Fernández Gómez *et al.*, 2010).

En España se han realizado numerosos estudios relacionados con el riego en viñedo con el fin de conocer el efecto que ejerce esta práctica sobre la producción y la calidad de la uva bajo diferentes condiciones edafocli-

Tabla 1. Umbrales de potencial hídrico de tallo a mediodía para cada situación de estrés hídrico.

Estado hídrico	Potencial hídrico de tallo a mediodía (MPa)
Ausencia de estrés	> -0,6
Estrés hídrico ligero	-0,6 a -0,9
Estrés hídrico moderado	-0,9 a -1,1
Estrés hídrico de moderado a severo	-1,1 a -1,4
Estrés hídrico severo	< -1,4



Figura 3. Sistema de riego localizado en un viñedo.

máticas, lo que ha llevado a la obtención de resultados contradictorios. Se han estudiado principalmente variedades tintas como Tempranillo o Monastrell en regiones del Este y Sur peninsular con un clima semiárido (Intrigliolo *et al.*, 2012; Romero *et al.*, 2013), si bien recientemente se ha incrementado el interés por la respuesta de variedades blancas al riego en regiones más húmedas como Galicia (Trigo-Córdoba *et al.*, 2015; Cancela *et al.*, 2016).

Estos estudios, junto con otros realizados en otros países (Williams y Ayars, 2005; Ojeda, 2008; Uriarte *et al.*, 2014) ha permitido generar un elevado volumen de información de gran interés para el manejo del riego en el viñedo, conociendo de antemano el objetivo final del viñedo ya que no es lo mismo obtener un vino joven que uno para reserva. En uno u otro supuesto se deberán generar déficits de mayor o menor intensidad en una determinada fase del ciclo de cultivo (Figura 4).

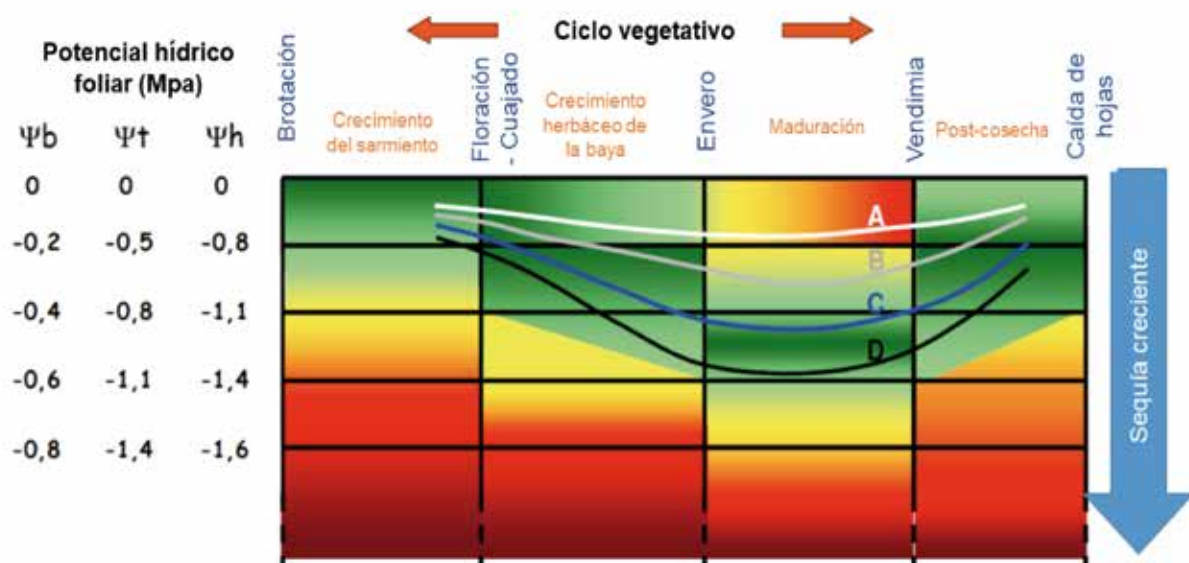


Figura 4. Diferentes estrategias de riego posibles para controlar el estado hídrico del viñedo en función de la fase del ciclo fenológico y del tipo de producto buscado: (A) Mosto concentrado, zumo de uva, vino de mesa y viñedos jóvenes en formación; (B) Vinos ligeros, afrutados; (C) Vinos jóvenes de calidad, equilibrados pero con predominancia de la fruta sobre la estructura; y (D) vinos de calidad, concentrados, equilibrados y aptos para el envejecimiento (figura adaptada de Ojeda, 2008). Abreviaturas: Ψ_b = potencial hídrico foliar antes del amanecer; Ψ_t = potencial hídrico de tallo a mediodía y Ψ_h = potencial hídrico foliar a mediodía.

En resumen, a la hora de implantar un sistema de riego en un viñedo es necesario tener en cuenta los siguientes criterios:

- Conocimiento del ciclo fenológico de la variedad de vid en la zona donde se encuentra situado, así como del clima y del tipo de suelo. Se pueden establecer, de manera general, dos períodos: pre y post-envero.
- El período más sensible a la falta de agua en el viñedo es el comprendido entre floración y final de cuajado.
- No es recomendable cubrir al máximo las necesidades de agua del viñedo ya

que tendríamos problemas de exceso de vigor y de producción, generando un estado de desequilibrio que puede ocasionar problemas a medio plazo. Por eso, se debe tender a riegos deficitarios en busca de una mejora en la calidad de la uva.

- Dependiendo de los objetivos productivos que se pretendan alcanzar se debe incidir en un período u otro a la hora de provocar déficits de agua, siendo recomendable no provocar estrés en el pre-envero cuando se desee primar la producción pero sí cuando se pretenda primar la calidad.

Referencias bibliográficas

- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper no 56. Roma, Italia.
- CANCELA, J.J., TRIGO-CÓRDOBA, E., MARTÍNEZ, E.M., REY, B.J., BOUZAS-CID, Y., FANDIÑO, M., MIRÁS-AVALOS, J.M. 2016. Effects of climate variability on irrigation scheduling in white varieties of *Vitis vinifera* (L.) of NW Spain. *Agricultural Water Management*, 170, 99-109.
- CHAVES, M.M., PEREIRA, J.S., MAROCO, J., RODRÍGUEZ, M.L., RICARDO, C.P.P., OSÓRIO, M.L., CARVALHO, I., FARIA, T., PINHEIRO, C. 2002. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. *Annals of Botany*, 89, 907-916.
- CHONÉ, X., VAN LEEUWEN, C., DUBOURDIEU, D., GAUDILLIÈRE, J.-P. 2001. Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Annals of Botany*, 87, 477-483.
- DELOIRE, A., CARBONNEAU, A., WANG, Z., OJEDA, H. 2004. Vine and Water, a short review. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 38, 1-13.
- FERNÁNDEZ GÓMEZ, R., ÁVILA ALABARCES, R., LÓPEZ RODRÍGUEZ, M., GAVILÁN ZAFRA, P., OYONARTE GUTIÉRREZ, N.A. 2010. Manual de riego para agricultores. Modulo 1. Fundamentos de riego. IFAPA. Consejería de Agricultura y Pesca. ISBN 978-84-8474-133-6.
- FRAGA, H., MALHEIRO, A.C., MOUTINHO-PEREIRA, J., SANTOS, J.A. 2013. Future scenarios for viticultural zoning in Europe: ensemble projections and uncertainties. *International Journal of Biometeorology*, 57, 909-925.
- INTRIGLIOLO, D.S., PÉREZ, D., RISCO, D., YEVES, A., CASTEL, J.R. 2012. Yield components and grape composition responses to seasonal water deficits in Tempranillo grapevines. *Irrigation Science*, 30, 339-349.
- JACKSON, D.I., LOMBARD, P.B. 1993. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality - A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 44, 409-430.
- OJEDA, H. 2008. L'Irrigation de precision en fonction des particularités et les objectifs du vignoble. *Cahier Technique Revue Française d'oenologie*, 229, 1-8.
- ROMERO, P., GIL MUÑOZ, R., DEL AMOR, F.M., VALDÉS, E., FERNÁNDEZ, R.M., MARTÍNEZ CUTILLAS, A. 2013. Regulated deficit irrigation based upon optimum water status improves phenolic composition in Monastrell grapes and wines. *Agricultural Water Management*, 121, 85-101.
- SPRING, J.L., ZUFFEREY, V. 2011. Irrigation: comportement de la vigne et qualité des vins de cépages blancs dans le Valais central. *Revue Suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 43(3), 162-171.
- TRIGO-CÓRDOBA, E., BOUZAS-CID, Y., ORRIOLS-FERNÁNDEZ, I., MIRÁS-AVALOS, J.M. 2015. Effects of deficit irrigation on the performance of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. 'Godello' and 'Treixadura' in Ribeiro, NW Spain. *Agricultural Water Management*, 161, 20-30.
- URIARTE HERNÁNDEZ, D., MANCHA RAMÍREZ, L.A., GÓMEZ ROMÁN, O., PRIETO LOSADA, M.H. 2014. Manual práctico de riego para vid de vinificación. CICYTEX, Gobierno de Extremadura. 16 páginas.
- VAN LEEUWEN, C., TRÉGOAT, O., CHONÉ, X., BOIS, B., PERNET, D., GAUDILLÈRE, J.-P. 2009. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 43, 121-134.
- WILLIAMS, L.E., MATTHEWS, M.A. 1990. Grapevine. En: Stewart, B.A., Nielsen, D.R. (Eds.) Irrigation of agricultural crops. Agronomy monograph no. 30. ASA-CSSA-SSSA, Madison, pp 1019-1055.
- WILLIAMS, L.E., AYARS, J.E. 2005. Grapevine water use and the crop coefficient are linear functions of the shaded area measured beneath the canopy. *Agricultural Forest Meteorology*, 135, 201-211.

Validación del sistema WETWINE en Bodegas Santiago Ruiz

**Pena Rois, Rocío; Álvarez Rodríguez, Juan Antonio; Gómez Cuervo, Santiago;
Pascual Formoso, Ana; Villar Sola, Paula; Herrero Castilla, Luz**

Centro Tecnológico AIMEN, Polígono Industrial de Cataboi SUR PPI-2 (Sector 2),
36418 Porriño - Pontevedra.

Durante los tres años del proyecto WETWINE, se ha validado la tecnología anaerobia y humedales construidos en la planta demostración situada en Bodegas Santiago Ruiz (España). Los resultados obtenidos confirman la validez del sistema de tratamiento propuesto para el sector vitivinícola, con capacidad para adaptarse a las variaciones en la producción de las aguas residuales según la operación de la bodega, obteniéndose agua con calidad suficiente para riego y un abono orgánico con potencial para utilizarse en el viñedo.

En números anteriores de la revista, se describió ampliamente la tecnología anaerobia y humedales construidos en el proyecto WETWINE y las ventajas ambientales que supone frente a los tratamientos convencionales. También se destacó el potencial uso del agua tratada para riego, así como del biosólido obtenido como abono orgánico para viñedos, tal y como han demostrado ensayos agronómicos realizados.

En este artículo se aborda la validación del sistema WETWINE en la planta demostración construida en Bodegas Santiago Ruiz en el marco del proyecto. Bodegas Santiago Ruiz (Figura 1) está situada en el municipio de O Rosal en la provincia de Pontevedra (noroeste de España). Esta bodega produce en torno a 400.000 L/año de vino blanco y tiene una superficie de viñedo de 35 ha.

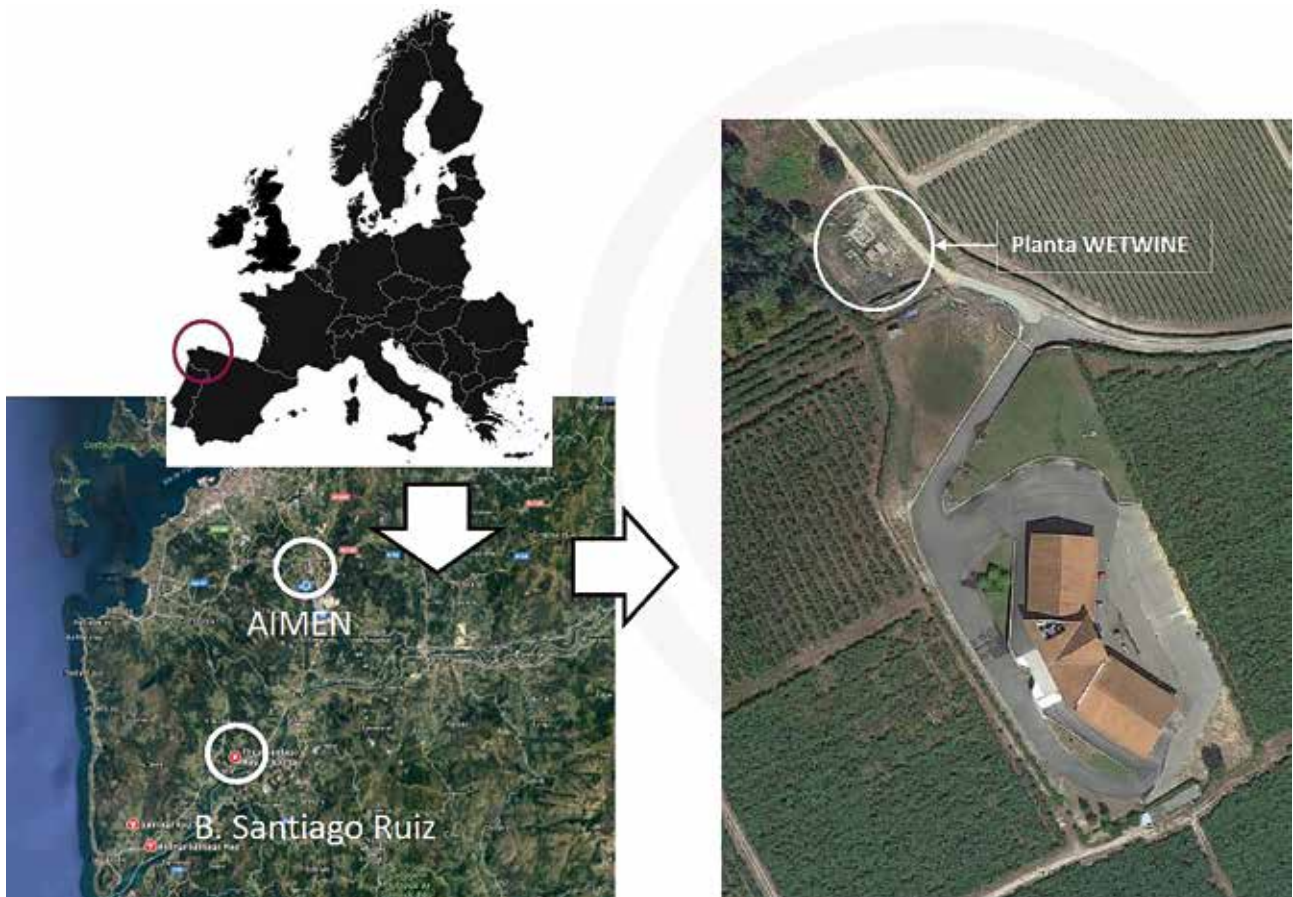


Figura 1. Emplazamiento de la planta WETWINE en Bodegas Santiago Ruiz.

El sistema de valorización WETWINE se basa en una combinación de sistema hidrolítico anaerobio y humedales construidos de flujo subsuperficial (HCSS) (Figura 2).

La primera etapa consiste en un reactor anaeróbico HUSB (hydrolytic upflow sludge blanket - reactor hidrolítico de lodos de flujo ascendente) como pretratamiento para eliminar los sólidos y disolver la materia orgánica.

El efluente del reactor HUSB se trata en una combinación de humedales construidos de flujo vertical y horizontal. La primera parte del tratamiento consiste en dos celdas de humedales construidos verticales de 15 m² cada una, que se alimentan de forma alternativa cada 3 días. A continuación, el agua pasa a una celda de humedal construido horizontal (área total de 30 m²), que completa el tratamiento, obteniendo agua con calidad para ser reutilizada.

Los humedales construidos están plantados con vegetación típica de zonas húmedas, en este caso se ha usado el carrizo (*Phragmites australis*) (Figura 3).

La fase sólida del efluente del reactor HUSB se trata en un humedal de tratamiento

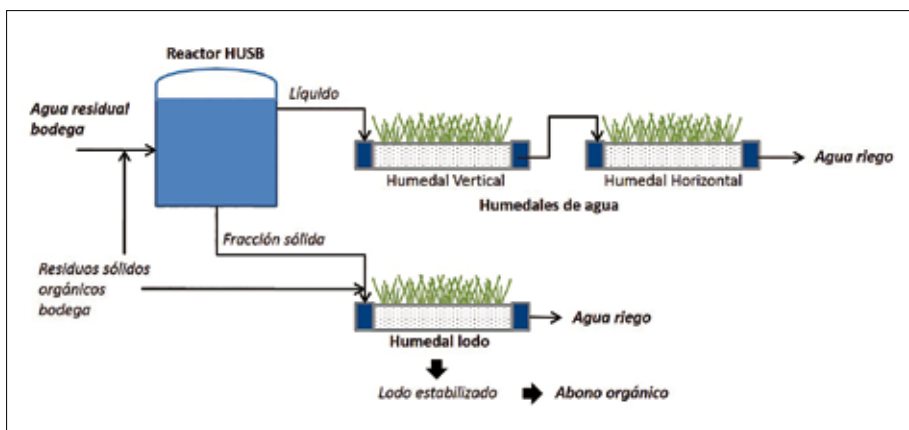


Figura 2. Esquema de la planta WETWINE.

de lodos para deshidratar y mineralizar los lodos anaeróbicos y posteriormente formular un abono orgánico. En la planta WETWINE hay 4 celdas

40 m³. Desde abril a septiembre 2018 la planta fue alimentada con aguas con baja carga orgánica. Las eficiencias de eliminación y robustez del sistema de tratamiento fueron corroborados en la temporada de vendimia y descanso posterior.



Figura 3. Vista general de la planta WETWINE.

de 15 m² de humedales de tratamiento de lodo. Dos celdas se plantaron con carrizo y las otras dos con iris amarillo (*Iris pseudacorus*) (Figura 3).

En Bodegas Santiago Ruiz, durante la vendimia se producen un caudal de agua residual medio de 5 m³/d y de alta carga orgánica (5-10 g DQO/L). Como es habitual en las bodegas, estas aguas tienen un pH ácido (4-5). Para este estudio, se ha considerado que el periodo de vendimia dura 3 meses, de septiembre a noviembre, ya que se consideran también las aguas residuales producidas durante la vinificación. Fuera de la vendimia, la bodega produce un caudal mucho menor y con una carga orgánica baja (0,5-1 m³/d y 0,1 g DQO/L).

Durante la primera anualidad del proyecto WETWINE se diseñó y construyó la planta y se llevó a cabo su puesta en marcha. A continuación, ésta fue optimizada y validada con aguas a alta carga (aguas de vendimia y vinificaciones) durante 7 meses (septiembre 2017 a marzo 2018), aprovechando que la bodega dispone de un tanque de almacenamiento de

Resultados en época de vendimia

La puesta en marcha del sistema coincidió con el verano de 2017 que fue cálido y seco, lo que dificultó el crecimiento de la vegetación.

Durante la vendimia de 2017, se alimentó sólo una parte del caudal de aguas residuales producidas en la bodega. El flujo de entrada se estableció alrededor de 1 m³/d, para

mantener la carga orgánica de humedales verticales en torno a 200 g DQO/m²d, aunque algunos días fue mayor, debido a puntas de carga por labores de limpieza en la bodega (Figura 4). Los rendimientos de depuración obtenidos durante la primera vendimia fueron del 75% de DQO (materia orgánica) y de 90% de sólidos en suspensión.

Se observó una baja hidrólisis de materia orgánica en el reactor HUSB y únicamente se eliminó el 30% de los sólidos de entrada. La baja eficiencia del reactor HUSB se debió más probablemente a un bajo pH, lo que dio lugar a un bajo desarrollo de biomasa en el reactor, y una alta velocidad de flujo ascendente. Por ello durante la vendimia de 2018 se modificó la entrada al reactor HUSB y se añadió carbonato cálcico de forma puntual para aumentar el pH en el reactor. Esto permitió mejorar el rendimiento, obteniéndose una eliminación de sólidos por encima del 90%, y una reducción de DQO de 30%, lo que indica una solubilización de la materia orgánica. La eliminación de la

materia orgánica mayormente se produjo en los humedales verticales (por encima del 80% de DQO). (Figura 5).

La acidez del agua residual (pH inferior a 5) y las bajas concentraciones de nutrientes (nitrógeno, 50 mg N_{total} /L y fósforo, 10 mg P_{total} /L) en las aguas residuales de entrada, lo que dificultaron el crecimiento de la vegetación en los humedales. A pesar de todo, no se observó una inhibición significativa de los microorganismos en los humedales, produciéndose procesos de nitrificación-desnitrificación que dieron lugar a una eliminación del 60% de N_{total} . La eliminación de P_{total} fue del 30%.

Resultados en primavera-verano

De abril a septiembre de 2018 se validó el sistema a baja carga. Para ello se alimentó la planta con el total del agua residual producida en la bodega (de 1.000 a 2.500 L/d según la disponibilidad) lo que supuso una carga a los humedales media de 50 kg DQO/ m²d.

La carga orgánica a la entrada estuvo en concentraciones de 800 mg DQO/L, y los sólidos alrededor de 75 mg SST/L, (Figura 6). Durante esta etapa se observó un importante efecto de evapotranspiración del agua en los humedales construidos debido a las relativamente altas temperaturas de este periodo del año, siendo de hasta el 25% del agua alimentada.

Si comparamos los valores medios de concentración a la salida de la planta WETWINE durante la primavera-verano de 2018, con los parámetros habituales de vertido

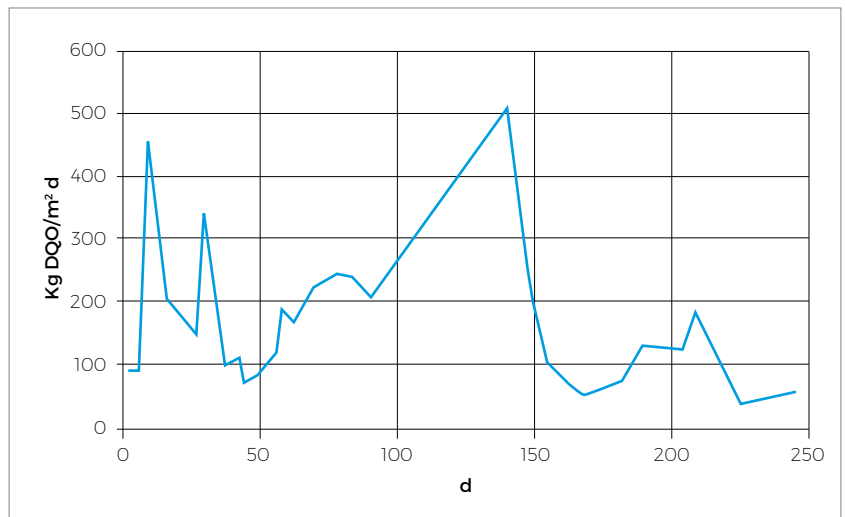


Figura 4. Carga orgánica alimentada a los humedales verticales de planta WETWINE durante la vendimia de 2017.

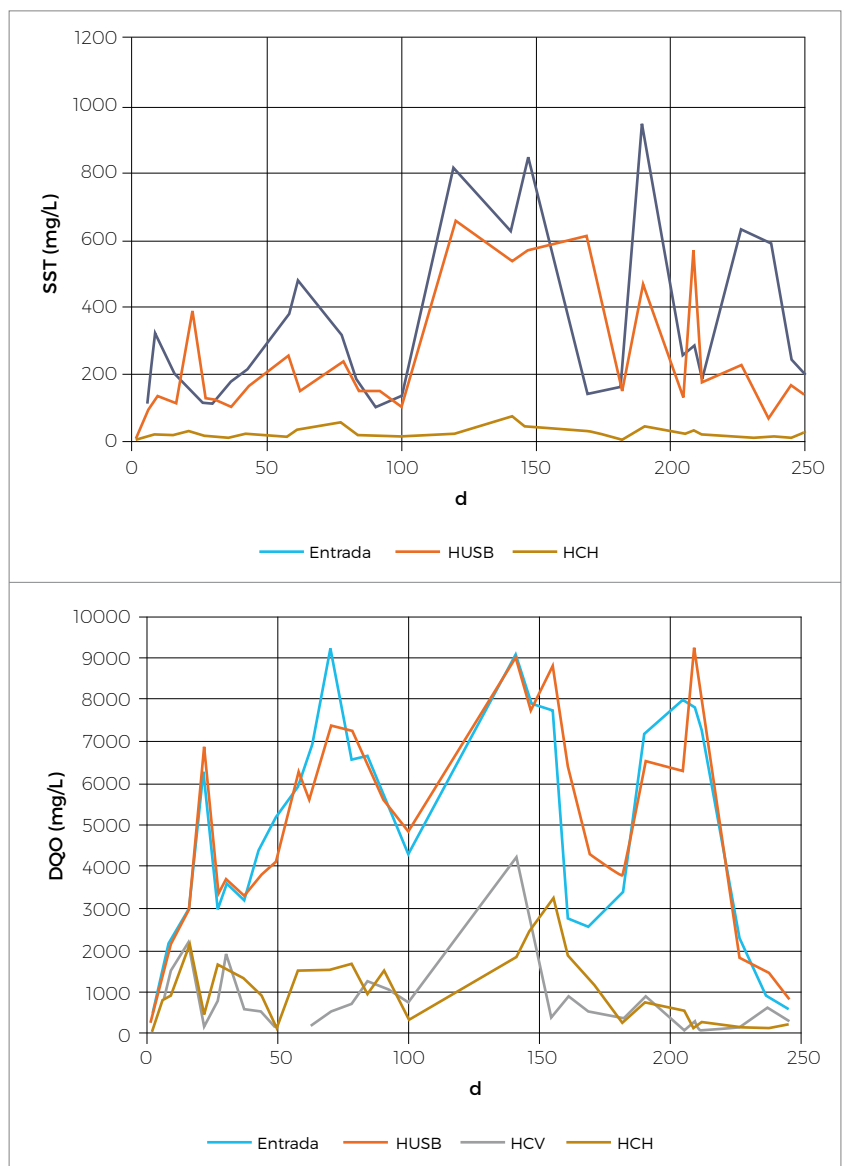


Figura 5. Sólidos en suspensión totales (SST, arriba) y Demanda Química de Oxígeno (DQO, abajo) durante la operación en la vendimia de 2017. HUSB: salida HUSB; HCV: salida del humedal construido vertical; HCH: salida del humedal horizontal y efluente de la planta.

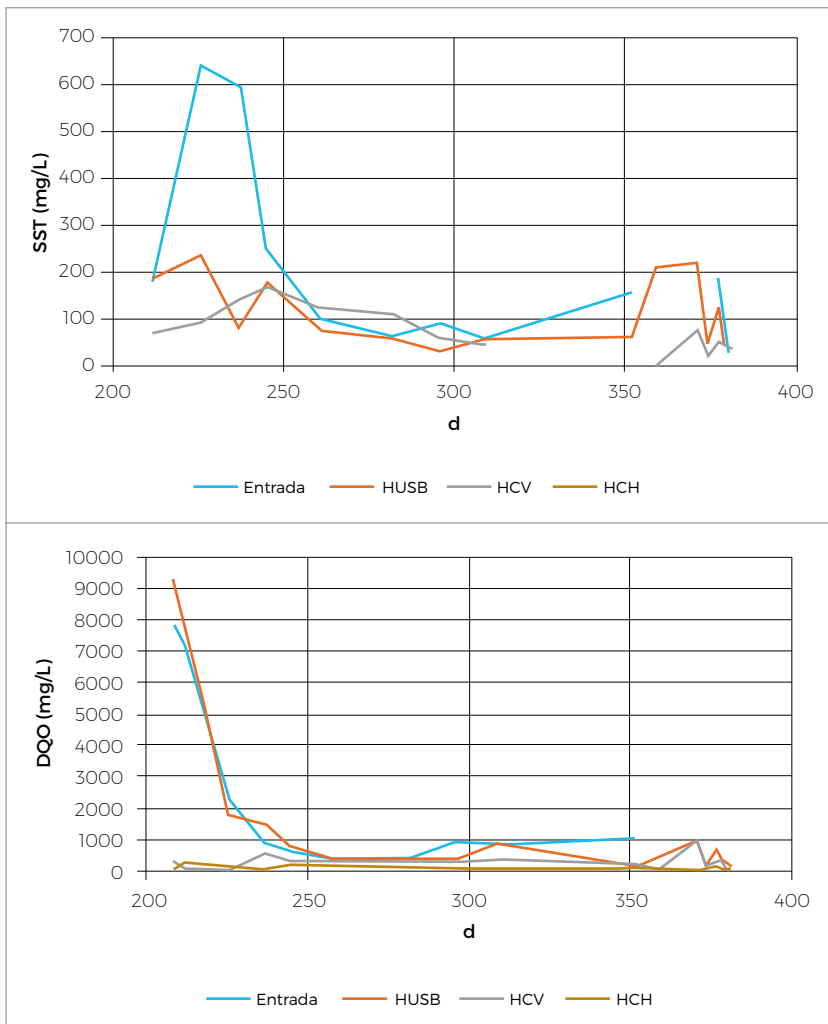


Figura 6. Concentración de sólidos en suspensión totales (SST, arriba) de DQO (abajo) en diferentes puntos de la planta WETWINE durante primavera-verano 2018.

a cauce en España, se observa que todos los parámetros cumplen ampliamente la normativa (Tabla 1).

Es en este periodo del año donde es particularmente favorable cumplir los límites de

calidad de agua para riego, ya que es cuando ocurren episodios de sequía en los que sería de especial interés utilizar el agua regenerada en el viñedo.

Si tenemos en cuenta los criterios del Real Decreto 1620/2007 para la reutilización de las aguas regeneradas para riego se observa que el efluente final de la planta WETWINE cumple con los principales parámetros físicos químicos (Tabla 2). Únicamente, la concentración de cloruros está por encima del límite ya que no son recomendables concentraciones superiores a 5 mg/L. Adicionalmente, sería necesario conocer si la concentración de patógenos está por debajo del límite recogido en la legislación, tarea pendiente para 2019.

Resultados de los humedales de tratamiento de lodo

Durante la vendimia de 2018, cada 2 semanas se alimentaron los humedales de biosólidos procedentes de la parte baja del reactor

HUSB para eliminar los sólidos acumulados con una concentración media de sólidos totales de 14 g de ST/L. Además, se alimentaron lodos anaeróbicos de una bodega cercana (64 g ST/L) para conseguir suficiente material para

Tabla 1. Comparación de la salida WETWINE con los valores límites típicos para permisos de vertido a cauce en España. * Valor DBO5 calculado a partir de la DQO.

	Salida WETWINE	Vertido a cauce
pH	7	Comprendido entre 5,5 y 9,6
Sólidos en suspensión (mg/L)	19	150
DBO5 (mg/L)	31*	60
DQO (mg/L)	126	200
Fosforo total (mg/L)	6,6	20
Amonio (mg/L)	16,7	50
Nitratos (mg/L)	0,38	12

Tabla 2. Comparación de la salida WETWINE con los valores recomendados para agua de riego.

	Salida WETWINE	Recomendado	Comentarios
Conductividad	0,6 dS/m	< 3 dS/m	RD 1620/2007
Sólidos totales	19 mg/L	<35 mg/L	RD 1620/2007
Sodio	20 mg/L		
Potasio	225 mg/L		
Calcio	37 mg/L		
Magnesio	5 mg/L		
RAS	0,04 meq/L	<6 meq/L	$RAS = Na/\sqrt{((Ca+Mg)/2)}$
Cloruros	8 mg/L	<5 mg/L	
Sulfatos	5,2 mg/L		
SP	10 mg/L	<15 mg/L	$SP = Cl + \frac{1}{2} SO_2$

realizar los ensayos agronómicos planteados en el proyecto WETWINE. Los humedales de lodos producen una baja cantidad de biosólido, aproximadamente de 0,7 kg/m² (Figura 7).

Conclusiones

Como conclusión, el sistema WETWINE demostró que los humedales construidos pueden ser empleados para el tratamiento de aguas residuales de bodegas de vino, en un contexto de economía circular. El sistema propuesto de tecnología anaerobia y humedales construidos podría ser adecuado para tratar aguas residuales con diferencias en composición y caudal durante el año, tal y como es habitual en bodegas.

Durante el proyecto se obtuvieron resultados favorables tanto en época de vendimia y vinificación, como fuera de temporada. Se observó una eficiencia global de tratamiento en WETWINE del 90% de la DQO y SST. De antemano, el agua de salida es susceptible de poder reutilizarse como agua de riego. En cuanto al biosólido estabilizado, se ha producido una cantidad de momento insuficiente para pensar en cubrir las necesidades de abono de un viñedo, pero los ensayos agronómicos muestran su idoneidad para este fin (ver artículos en otros números de esta revista).



Figura 7. Humedales de tratamiento de lodo en WETWINE. Celda plantada con *Phragmites australis* (arriba) y *Iris pseudacorus* (abajo).

Biomasa-AP: Proyecto para la valorización de subproductos vitícolas mediante la optimización de la explotación y el uso de la biomasa procedente de restos de poda

Gonzalo Piñeiro¹, Leticia Pérez², Anxela Montero³

¹Axencia da Industria Forestal -CIS Madeira, ²EnergyLab, ³Fundación Empresa-Universidad Gallega
amontero@feuga.es

Diferentes estudios demuestran que la biomasa resultante de las podas del viñedo, así como de otros restos agroforestales (kiwi, aprovechamientos forestales y matorrales...), son un recurso con gran potencial para su aprovechamiento energético. En la eurrregión de Galicia - Norte de Portugal esta biomasa no está siendo ni aprovechada ni valorizada, aún a pesar de presentar una alta disponibilidad, por

lo que habitualmente los productores se ven obligados a quemarla para evitar su acumulación.

En este contexto nace el proyecto transfronterizo Biomasa-AP, cuyo objetivo principal es optimizar la explotación y el uso de la biomasa procedente de los restos de poda del viñedo y de otras producciones agroforestales. El proyecto mejora las capacidades de los cen-

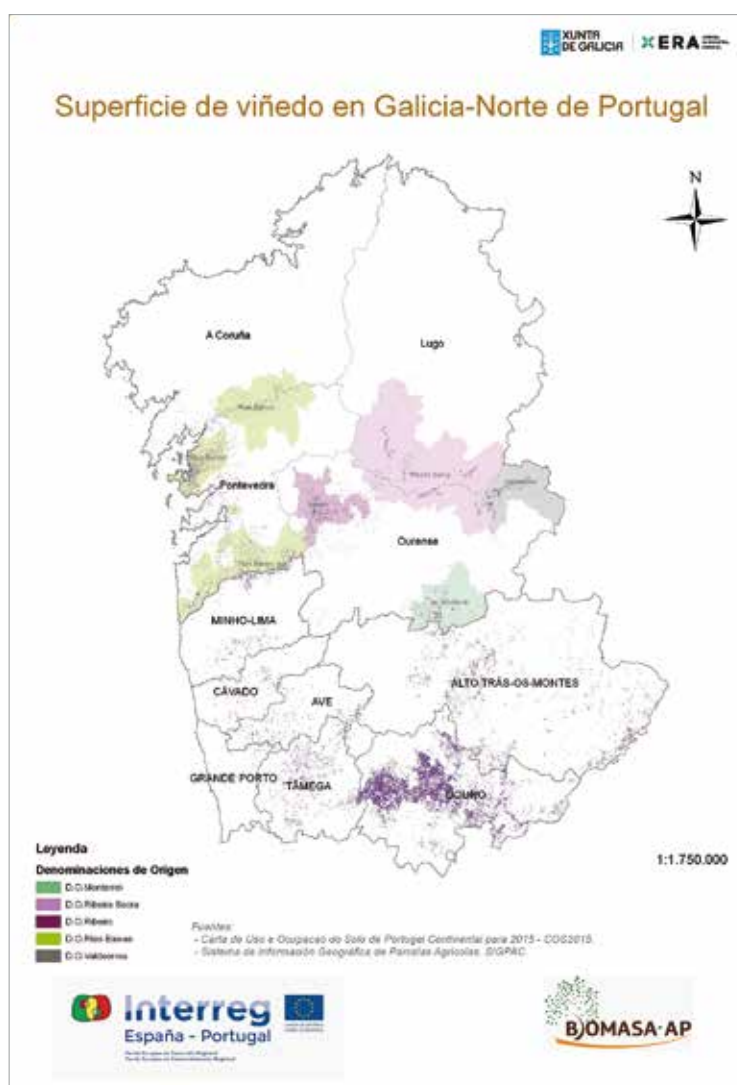
tros de I+D de las regiones de Galicia y Norte de Portugal que trabajan en la implantación de sistemas de recogida de biomasa y en la obtención y comercialización de nuevos biocombustibles. Los resultados del proyecto permiten la disminución de los costes de gestión de la biomasa agroforestal (entre la que se encuentran los restos de poda del viñedo) y por lo tanto mejorará la competitividad de estos sectores. Biomasa-AP desarrolla diferentes actividades relativas a la selección y recogida de la biomasa, al diseño de nuevos biocombustibles sólidos y el desarrollo de mejoras tecnológicas en su aprovechamiento energético.

En el caso particular del sector vitivinícola, el proyecto tiene como objetivo la disminución de los costes de gestión y tratamiento de los sarmientos generados durante los trabajos anuales de poda.

Actualmente no hay estudios que permitan evaluar de una forma rigurosa el potencial económico y las ventajas medioambientales derivadas del aprovechamiento energético de los restos de poda, así como su incidencia en otros efectos asociados como pueden ser el manejo de las enfermedades producidas por hongos de madera, otros problemas fitosanitarios del viñedo y otros aspectos relacionados con la fertilidad de los suelos.

En la eurorregión hay algo más de 108.000 ha de viñedo. Entre esta superficie, existen áreas donde es imposible mecanizar la recogida de los restos de poda debido a diferentes aspectos limitantes como: accesibilidad, sistema cultivo o anchura de las calles; por ello, se han estimado factores de corrección para cada una de las áreas vitivinícolas tanto de Galicia como de Portugal. En base a esto, se considera una superficie potencial de aproximadamente 55.000 ha.

Sin embargo, existen otros factores que en algunas situaciones podrían hacer inviable la mecanización, como puede ser: superficie de parcela, uso de pre-podadoras o la utilización de otros sistemas de tratamiento de biomasa. Teniendo en cuenta estos condicionantes, la superficie potencialmente mecanizable en la recogida de los restos de poda vitícolas en la eurorregión disminuye en torno a las 38.000 ha.



Distribución de la superficie de viñedo en la eurorregión Galicia – Norte de Portugal.

Considerando que de una ha de viñedo se podrían obtener en torno a 2 t de biomasa verde procedente de los restos de poda, en la eurorregión habría disponibles unas 75.000 t anuales de biomasa verde procedentes del sector vitivinícola, que equivaldría energética-

mente a unos 17.000 TEP (toneladas equivalentes de petróleo).

En cuanto a la gestión actual de la biomasa vitivinícola, en la eurorregión Galicia – Norte de Portugal no existe una estrategia común de cómo realizar la recogida y el tratamiento de los residuos de poda del viñedo, y en pocas ocasiones se plantean estrategias para su posterior aprovechamiento.

Como prácticas habituales, podemos encontrar diferentes formas de gestión de los restos de poda: desde su trituración en superficie o incorporándolo al suelo mediante laboreo, a su retirada de la parcela por medios manuales o mecanizados para su posterior quema. En cualquiera de ellas, la gestión de los restos de poda supone un alto coste para el viticultor o la bodega, simplemente para su eliminación sin realizar ningún aprovechamiento.

El proyecto Biomasa-AP, ha realizado diversas pruebas de recogida mecanizada de los restos de poda con maquinaria equipada con dos tecnologías diferentes de recolección y triturado. El objetivo es evaluar su viabilidad técnica y económica para las bodegas y viticultores de la eurorregión.

Los diferentes equipos testados se basan en un primer rodillo cargador de púas que va recogiendo los sarmientos del suelo y los introduce en una cámara donde el material es triturado. Este material se acumula en un depósito para su transporte y descarga en la zona de acopio. La principal diferencia entre los equipos probados son los diferentes sistemas de trituración: mientras uno de ellos dispone de martillos libres, el otro equipa un sistema de dientes fijos y contra-cuchilla.



Recogida de sarmientos.



Equipo de dientes fijos y contra-cuchilla.



Almacenamiento de biomasa recogida.

El análisis de ambos equipos se ha centrado tanto en aspectos productivos y de costes como en las características granulométricas del material triturado, ya que existe una gran diferencia en este aspecto.

Es interesante destacar que para optimizar la recogida de los sarmientos es necesario que los restos de poda se acumulen entre las filas, bien en toda su longitud o en pequeños montones. En el caso de utilizar equipos de pre-poda, la recogida del sarmiento es prácticamente inviable ya que la pequeña longitud del sar-



Equipo de martillos libres.

miento no permite al rodillo cargador de los equipos recoger eficazmente el material.

Siguientes acciones del proyecto se centran en el diseño, preparación y optimización de nuevos biocombustibles sólidos y el desarrollo de tecnologías de aprovechamiento energético de la biomasa vitivinícola. Para ello, una vez recogidos los restos de poda, se realizan diversos estudios y ensayos para su caracterización, así como una evaluación de su pretratamiento, densificación e incorporación de aditivos con el objetivo de mejorar las calidades de estos nuevos combustibles.

Para ello se trabaja con la biomasa procedente de los restos de poda únicamente y

mezclada con los otros tipos de biomasa objeto de estudio del proyecto (kiwi, aprovechamientos forestales y matorral), obteniendo diferentes biocombustibles sólidos densificados (*pellets* y briquetas).

Biomasa-AP contempla además la incorporación en el proceso de diferentes aditivos tales como caolín, dolomita, caliza e hidróxido de calcio. Pequeñas proporciones de aditivo (2% y 5%) son añadidos durante el proceso de densificado, analizando posteriormente el comportamiento de los diferentes combustibles y optimizando así la calidad final. El objetivo es disminuir la emisión de partículas a la atmósfera durante la combustión así como aumentar la durabilidad de los nuevos biocombustibles.

Finalmente, se ensayarán tres tipos de biocombustibles (*pellets*, briquetas y material no densificable), con distintas salidas comerciales.

Asimismo, el proyecto Biomasa-AP también se centra en el desarrollo y optimización de diferentes tecnologías de aprovechamiento energético de estos biocombustibles, buscando la mejora de los rendimientos y la reducción de las emisiones de los equipos empleados. También está previsto la elaboración de estudios de viabilidad técnico-económica, de impacto en el medio, que recogerán la viabilidad y potencial de implantación de las nuevas



Muestras de diferentes biomásas recogidas en el proyecto.

tecnologías propuestas de aprovechamiento de biomasa.

Biomasa-AP también ha creado entre sus actividades de impacto y transferencia una red transfronteriza que permite poner en contacto a expertos y todos los agentes interesados en la producción y uso de biomasa, favoreciendo el intercambio de conocimiento y *networking* para la identificación de nuevas oportunidades y la generación de nuevos proyectos.

En esta red pueden participar los diferentes stakeholders involucrados en el aprovechamiento y valorización de la biomasa agroforestal: viticultores, bodegueros, agricultores, empresas forestales, empresas de servicios o relacionadas con la recogida y tratamiento de biomasa, fabricantes de tecnologías energéticas, así como asociaciones, centros de investigación, administración o cualquier otro agente implicado en la cadena de valor de la biomasa.

Como resultados destacables del proyecto Biomasa-AP, se espera obtener nuevos biocombustibles sólidos (briquetas y *pellets*) más eficientes, económicos y sostenibles, que permitan la disminución de los costes de gestión de residuos agrícolas y forestales gracias a la mejora en los sistemas de recogida y a su valorización energética.

Biomasa-AP está cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional a través del Programa Interreg V-A España-Portugal (POCTEP) 2014 – 2020. El proyecto está liderado por la Fundación Centro Tecnológico de eficiencia e sostenibilidad energética (EnergyLab), y en él participan un total de 9 beneficiarios, 4 de ellos de Portugal y 5 de Galicia, entre los que se encuentra la Fundación – Empresa Universidad Gallega (FEUGA), como agente experto en transferencia y comunicación.

FEUGA cuenta con más de 30 años de experiencia en el fomento de la transferen-

cia de tecnología entre las universidades, la industria y la sociedad, y de ellos, más de 13 años en el ámbito de la innovación vitivinícola. En este sentido desde el 2006 al 2009, FEUGA promovió un “Área de Innovación del sector vitivinícola” en el que participaron las tres universidades gallegas, el gobierno regional (autoridades públicas con competencias en innovación, investigación y agroalimentación) las cinco denominaciones de origen gallegas así como entidades privadas de financiación; desarrollando, probando y validando una metodología para el fomento de la innovación colaborativa en el sector vitivinícola en Galicia.

Entre el 2009 y el 2014, FEUGA transfirió esta experiencia regional y la metodología de innovación testada en el sector vitivinícola a otras 9 regiones de diferentes países europeos con el proyecto WINETech, financiado por el Programa Interreg Sudoe. En este nuevo proyecto transnacional, FEUGA desarrolló herramientas y actividades que permitieron priorizar y catalogar las demandas y necesidades de investigación del sector vitivinícola europeo.

Esta línea de trabajo nos ha permitido poner en marcha diversos proyectos Europeos atendiendo a las necesidades de innovación del sector vitivinícola: WINETWORK (H2020, 2014 - <http://www.winetwork.eu>), TROPICSAFE (H2020, 2016 - <http://www.tropicsafe.eu/>), PATHOGEN (Erasmus+, 2015 - <http://www.pathogen-project.eu/>) y WETWINE (SUDOE, 2016 - <http://wetwine.eu/>), además de promover diferentes Grupos Operativos tanto a nivel regional como supra-autonómicos directamente vinculados al sector.

Para saber más acerca del proyecto Biomasa-AP en el que FEUGA participa y sobre la Red transfronteriza de biomasa que coordina, puedes acceder: <http://biomasa-ap.com/> y <https://redtransfronterizabiomasa.com/>.

Onde começa a primavera? Como usar bioindicadores para compreender o *terroir*

Oliveira, Nuno¹; Antunes, Sandra¹; Moreira da Silva, José Luís²

¹Gestão de Ecossistemas, Esporão SA

²Gestão Vitivinícola, Quinta dos Murças, SA

Pontos-Chave

Existem componentes biológicas que ajudam a explicar a diversidade de *terroirs* em paisagens heterogéneas; a avaliação da biodiversidade das comunidades florísticas e da sua fenologia pode dar indicações muito relevantes para a gestão do *terroir* e das práticas de gestão de solos, enrelvamentos e paisagem enquadrante da vinha.

Introdução

A Quinta dos Murças está situada no Douro (norte de Portugal), entre a fronteira da sub-região do Baixo e do Cima-Corgo, na margem direita do rio Douro, entre a Régua e o Pinhão, desde 1714. Com 3,2Km de margem de rio e exposição maioritariamente a sul, a Quinta dos Murças tem uma área total de 155hta dos quais 48hta são de vinhas com castas autóctones e onde, em 1947, foi plantada a primeira vinha vertical do Douro. Além das vinhas, as oliveiras, laranjeiras, amendoeiras e a mata mediterrânica ajudam a potenciar a biodiversidade existente promovendo o equilíbrio do ecossistema. A Quinta dos Murças é um lugar único caracterizado pela diversidade dos seus 8 *terroirs*, devidamente identificados, marcados por diferentes altitudes, exposições solares, solos xistosos diferentes entre si e vinhas maioritariamente verticais. A combinação do clima extremo, característico do vale do Douro, o modo de produção Biológico, a agricultura de máxima precisão e os diferentes processos de vinificação que privilegiam o carácter original dos frutos, dão origem a vinhos de *terroir*, concentrados, mas elegantes e de grande frescura

ta dos Murças Reserva, Quinta dos Murças Margem, Quinta dos Murças VV47, Quinta dos Murças Ânfora, Quinta dos Murças Porto Tawny 10 anos, Quinta dos Murças Porto Vintage e o azeite virgem extra Quinta dos Murças.

De forma a procurar melhor compreender a complexidade desta paisagem e as suas expressões de *terroir*, foi iniciado um trabalho de avaliação da biodiversidade funcional e a sua ligação com a paisagem, como p.e. na regulação dos inimigos naturais, polinizadores e do microbioma do solo e da planta, assim como dos serviços do ecossistema de amenidade microclimática, transferência de nutrientes entre zonas naturais e de produção e conservação de espécies e habitats com alto valor ecológico. A análise de bioindicadores de estado ecológico das vinhas das zonas de matos, taludes e bosques ocorreu no sentido de procurar relações entre estes e as expressões finais do *terroir*, sendo o indicador escolhido a diversidade florística. Mais do que um elenco de flora, procuraram-se indicações que como a diversidade e a estrutura das comunidades vegetais pudessem contribuir para as diferenças entre os distintos *terroirs*.



Figura 1. As vinhas e os *Terroirs* de Murças

Na Quinta do Murças são produzidos os vinhos: Assobio DOC Douro e a gama Quinta dos Murças – Quinta dos Murças Minas, Quin-

A Componente Biológica do *Terroir*

Mesmo durante o repouso vegetativo de inverno, há mais actividade debaixo do solo do que acima deste. Nada que se veja a olho nu, mas os microrganismos e pequenos invertebrados do solo rearranjam a rede de raízes e hifas de fungos e massas microbianas, numa operação de 'manutenção' da *Wood Wide Web* (Helgason *et al.*,

1998; Rhodes, 2017; Holden *et al.*, 2019), uma intrincada forma de *internet* natural que liga plantas e fungos de forma a criar ecos-

sistemas mais resilientes a riscos e ameaças como geadas, secas, perda de nutrientes, pragas e doenças, invasões de espécies exóticas, entre outras. Algumas das pequenas sementes de plantas autóctones anuais largadas durante o Verão recebem micro estímulos para se prepararem para germinar com os primeiros dias amenos de Fevereiro e Março. Desta forma, darão início ao processo de restauro dos matos, enrelvamentos e taludes que irão ajudar à regulação de água, nutrientes e de organismos auxiliares da vinha e do olival. As manchas de bosques de matagal com pinheiros, zambujeiros, cornalheiras, medronheiros, estevas, urzes e giestas que compõem os elementos mais naturais da paisagem de Murças 'escondem' cogumelos e plantas silvestres, o lado mais visível da "internet" natural, que nos dão valiosas informações sobre a componente biológica dos *terroirs*.

A Questão Principal

Mas numa Quinta com quatro diferentes tipos de exposição solar e, conseqüentemente, quatro tipos de microclimas e rodeada de várias formas de matos e bosques com grande diversidade florística, coloca-se uma pergunta muito pertinente: qual a ordem com que se inicia o desenvolvimento fenológico das comunidades de flora e, de forma análoga, do novo ciclo fenológico da vinha ou, de forma mais prosaica, **onde começa a Primavera?** Isso fará toda a diferença, porque vai criar um mosaico de vitalidade e de desenvolvimento da vinha que implicará que até as mesmas castas possam ter comportamentos e respostas metabólicas distintas, conforme esta tripla combinação entre solos, biodiversidade e microclima. A leitura fina

de bioindicadores como as plantas e o microbioma, poderá vir a possibilitar uma gestão da assinatura pretendida para cada um dos 50 talhões de vinha.

Principais Resultados

Na prospeção feita ao nível de toda a quinta, foram reconhecidas 152 espécies de flora, distribuídas em 8 comunidades distintas correspondentes aos 4 *terroirs* analisados, com destaque para oito endemismos Ibéricos, a Abrótea-da-primavera (*Asphodelus serotinus*), o Ranúnculo-das-paredes (*Ranunculus ollisiponensis*), as Bocas-de-lobo (*Antirrhinum graniticum*), o Samacalo-peludo (*Anarrhinum duriminium*), a Giesta-branca (*Cytisus multiflorus*), o Eríssimo (*Erysimum linifolium*), a Centáurea aristada (*Centaurea aristata*) e o *Conopodium subcarneum*, uma espécie aparentada com a salsa e a cenoura-brava (Fig. 2). Foram também identificadas oito espécies exóticas, que incluem desde mimosas a canas, que serão alvo de ações específicas de eliminação progressiva e de restauro ecológico com recurso a plantas nativas.

Em termos ecológicos, áreas mais naturalizadas apresentam maior diversidade, nomeadamente a zona da vinha do Assobio, incluindo a ribeira e a respectiva vegetação ripícola e a vinha de Vale Figueira, no seguimento da ribeira do Assobio e rodeada por áreas de matos mais

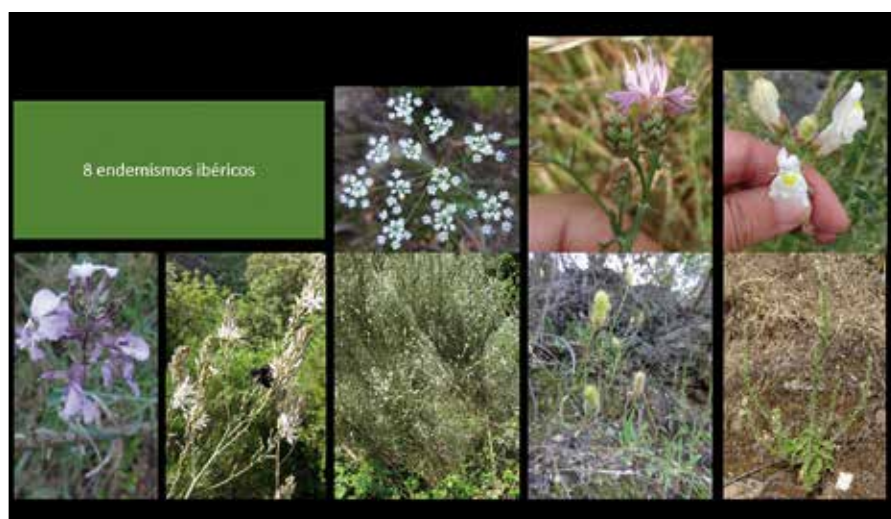


Figura 2. Flora Endémica presente na Quinta dos Murças

próximos do rio Douro e bem desenvolvidos, o que vem confirmar o papel das ribeiras no continuum ecológico.



Figura 3. Ordem da floração ou 'onde chega primeiro a Primavera': 1 – Vinha do Rio, Margem, 2 – Minas, 3 – Controlo, matos junto ao Douro, 4 – Vale Figueira, Margem, 5 – VV 47 e bosque de cumeeada, 6 – Controlo, pomares de laranjeiras, 7 – Assobio, 8 – Controlo, bosque de encosta do Minas.

Mas afinal, onde começa a primavera (e o que isso implica)?

Num contexto de grandes variações de altitude e exposição solar numa área restrita as diferenças existentes a nível fenológico das espécies bioindicadoras dão pistas importantes sobre a componente ecológica do *terroir*. Perceber onde a floração ocorre primeiro permite atribuir prioridades de actuação num cenário de recursos limitados. Assim, as zonas com orientação predominante a sul e comunidades mais ruderais apresentam desenvolvimento mais rápido da vegetação, são os locais

onde a Primavera "chega primeiro". No caso de Murças, estas condições dão-se primariamente nas vinhas junto ao Rio, no Vale Figueira, que definem o *terroir* do 'Margem', quase uma semana antes das vinhas do *terroir* 'Minas' mais próximas do rio Douro, e tardiamente, a primavera às vinhas dos *terroirs* 'VV 47' e 'Assobio', onde as diferenças na floração das espécies indicadoras foram de quase duas semanas relativamente às vinhas do 'Margem' (Fig. 3).

Este nível de conhecimento da fenologia e composição das comunidades florísticas é fundamental para o planeamento e gestão das práticas de enrelvamentos e cortes de vegetação, quer nas entrelinhas e taludes como nas zonas de mato e bosque adjacentes, de forma a promover os serviços de controlo de pragas e doenças e fornecimento de polinizadores e nutrientes das comunidades de flora em favor das vinhas, e assim fomentar condições fitossanitárias e de resiliência ecológica mais favoráveis para o seu bom desenvolvimento ao longo da primavera e verão, de modo a diminuir o risco ecológico em Modo de Produção Biológica e em cenário de alterações climáticas.

Referências sobre a Wood Wide Web

- HELGASON, T., DANIELL, T. J., HUSBAND, R., FITTER, A. H., & YOUNG, J. P. W. (1998). Ploughing up the wood-wide web? *Nature*, 394(6692), 431.
- HOLDEN, JOE, *et al.* (2019). The role of hedgerows in soil functioning within agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 273: 1-12.
- RHODES, C. J. (2017). The whispering world of plants: 'The Wood Wide Web'. *Science progress*, 100(3), 331-337.



Gobierno
de La Rioja

Cómo evaluar el estado nutricional del viñedo

Enrique García-Escudero; Ignacio Martín

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

El viñedo es un cultivo con necesidades moderadas de elementos minerales, con un ritmo de absorción regular a lo largo de todo su ciclo vegetativo y una demanda de estos elementos más concentrada en el periodo que va de desborre a floración y sobre todo a partir del cuajado, coincidiendo con la fase de crecimiento activo y del desarrollo de la baya en su Fase I (intensa multiplicación celular). En este contexto, y en un marco de sostenibilidad y de fertilización racional, las estrategias de abonado deben asegurar un aporte regular y moderado, no solo a nivel de una determinada campaña sino a lo largo de la vida productiva del viñedo, actitud que se va perdiendo en muchos viticultores desanimados por no observar con claridad una respuesta de sus planes de abonado.

En este sentido, destacar que son múltiples los factores que determinan la nutrición de la vid, tanto del medio (suelo y clima), como biológicos (variedad y portainjerto) o del manejo del cultivo (riego, sistema de conducción, mantenimiento del suelo...), factores que

condicionan el desarrollo del sistema radicular (absorción y capacidad de exploración del suelo) y su productividad (exportaciones de elementos). Tal circunstancia, unida a su condición de cultivo de secano en muchos casos y de planta leñosa (reservas) con capacidad de desarrollar un importante sistema radicular, susceptible de mejorar la explotación y explotación del suelo, determinan un cierto grado de complejidad a la hora de fijar estrategias de abonado, incrementada por situaciones habituales de falta de estudios al respecto, de empirismo y de modas.

Con esta perspectiva, adquiere una relevancia importante el conocimiento del estado nutricional de nuestro viñedo, que nos permite detectar desequilibrios nutricionales y evaluar si la absorción de nutrientes se realiza con normalidad y en qué medida las limitaciones afectan al normal desarrollo de la cepa, así como contribuir al establecimiento de una estrategia más racional del abonado que nos ayude a alcanzar los objetivos de rendimiento, de calidad y de respeto medioambiental que



Ensayo de enmienda orgánica



Carencia de potasio

han de asociarse a un nivel adecuado de nutrición para un viñedo concreto. La Viticultura de Precisión, como sistema de gestión del viñedo que asume la variabilidad espacial del mismo, utiliza todo tipo de herramientas para establecer un manejo diferenciado del viñedo, y en el caso que nos ocupa, establecer estrategias de abonado selectivo.

La evaluación nutricional de un viñedo básicamente se puede llevar a cabo tanto por métodos indirectos, tales como la experimentación y las observaciones sobre el viñedo, como por métodos directos que hacen referencia fundamentalmente al análisis de suelo y al análisis vegetal y en este último caso, más concretamente el análisis foliar.

Experimentación

El diseño de ensayos de fertilización en situaciones de medio y culturales que se identifican con un determinado entorno vitícola y durante un largo periodo de tiempo, constituye una herramienta muy fiable que permite valorar las consecuencias del abonado en la expresión vegetativa y la calidad de la cosecha, contribuyendo a pilotar adecuadamente la fertilización, a asesorar a los técnicos y viticul-

tores locales e incluso a respaldar las pautas del diagnóstico foliar, si el análisis foliar resulta práctica habitual en la zona.

No obstante, las dificultades de tiempo y espacio, la escasez de ensayos al respecto y la falta de respuesta de algunos protocolos experimentales, suelen hacer poco viable este planteamiento de la experimentación como herramienta próxima para valorar el tema que nos ocupa, quedando por lo general asociado al ámbito de la investigación a largo plazo. Ahora bien, no por ello técnicos y viticultores deberían renunciar a su interés y curiosidad, dedicando una parte de su viñedo a una experimentación cercana, a pequeña escala, que sin duda se relaciona con el siguiente método de evaluación del nivel de nutrición de un viñedo: la observación.

Observación del viñedo

Bien sea desde la perspectiva agronómica, bien sea desde la observación visual, este método resulta bastante accesible y arroja mucha información. Así las cosas, la recopilación de las características de las parcelas y de su comportamiento en el tiempo, la evaluación de estado sanitario del viñedo, los análisis de la uva



Muestreo de suelo.

y del mosto o las estimaciones de su expresión vegetativa (rendimiento-vigor-arquitectura anual de vegetación), constituyen un bagaje sólido a la hora de la toma de decisiones en el marco de la fertilización. Especial importancia adquiere, en este sentido, las valoraciones que se establecen para dirigir la fertilización nitrogenada, bien sea a partir de la presión de botritis en la parcela (posible reflejo de exceso de N) o de la estimación del vigor actual y del vigor deseado, cuestión ésta que se puede abordar desde la observación, la determinación del peso de madera de poda y del sarmiento, o del reciente cálculo de índices de vigor mediante la utilización de la teledetección a través de sensores remotos, o de otras tecno-

logías basadas en la transmitancia, la fluorescencia o la reflectancia. El uso de estas metodologías permite establecer una cartografía diferenciada de nuestro viñedo en función del vigor y actuar de forma diferenciada en la práctica del abonado.

La observación visual de síntomas, asociados a determinados desequilibrios nutricionales, completa este apartado para lo cual se requiere de una sólida experiencia, habida cuenta de la probabilidad de equivocación en el diagnóstico.

El análisis del suelo

Aunque tradicionalmente ha sido el método por excelencia de valoración del nivel nutricional del viñedo, el análisis de suelo presenta limitaciones para su utilización que suelen estar ligadas a cuestiones más bien metodológicas y logísticas: representatividad del muestreo, dificultad de evaluar la fertilidad y características de horizontes profundos del suelo (en la práctica difícilmente se muestrea a más de 1 m de profundidad), falta de normalización de métodos analíticos según laboratorios o ausencia de

tablas de interpretación adaptadas a un entorno vitícola concreto. No obstante, alcanza especial relevancia en el momento de la plantación, máxime cuando se asocia a la realización de calcatas (estudio del perfil del suelo) en la fase previa de la plantación; y por otro lado, a lo largo de la vida productiva del viñedo, practicado con una frecuencia en el tiempo de unos cinco años, con objeto de comprobar cómo evoluciona en el suelo nuestra estrategia de abonado o bien para detectar anomalías que surgen o no fueron consideradas y detectadas con anterioridad.

Un apoyo reciente a este método, lo constituye la confección de una cartografía diferenciada sobre el viñedo en función de la es-

timación de la resistividad eléctrica del suelo, mediante el uso de sensores resistivos que realizan medidas en continuo gracias a la utilización de medios de tracción, dotados de GPS. La resistividad eléctrica está muy relacionada con la textura y profundidad del suelo, con la capacidad de retención de agua, con la materia orgánica y la salinidad, permitiendo identificar zonas de muestreo y de abonado selectivo.

El análisis foliar

En la actualidad, el análisis foliar constituye una adecuada herramienta para el fin que pretendemos. A través de este método, se entiende que la composición mineral de la hoja refleja adecuadamente el nivel de nutrición mineral, así como la facilidad o dificultad con la que un determinado elemento se está absorbiendo. Posteriormente, habrá de realizarse un diagnóstico foliar que consiste básicamente en comparar la concentración de nutrientes en los tejidos analizados con respecto a unos niveles considerados de referencia, obtenidos a partir de poblaciones de viñedo que se entienden representativos. Por lo general, estas tablas de referencia se elaboran a partir de la experimentación o de la realización de encuestas nutricionales, las cuales se llevan a

cabo en un elevado número de parcelas de viñedos representativos, y a lo largo de un periodo amplio de tiempo, en una región vitícola concreta. De ello se desprende el marcado carácter local de este tipo de referencias. A modo de ejemplo, en la Tabla 1 se aportan los valores medios de los principales macronutrientes en pecíolos muestreados durante en enero para las variedades Tempranillo y Garnacha Tinta en el ámbito de la DOCa. Rioja, estimados por el Servicio de Investigación Vitivinícola de La Rioja, adscrito al Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV).

La metodología del análisis foliar, y el posterior diagnóstico de los resultados, consiste básicamente en dar respuesta a tres preguntas:

1.- ¿Cuándo muestrear? Por regla general, se proponen dos momentos del ciclo de la vid: floración y envero. Si por cuestiones logísticas hemos de elegir uno de ellos, suele ser preferible el envero, fase en la que se refleja adecuadamente cómo ha evolucionado en el tiempo la nutrición y al tratarse del momento en el que la composición mineral resulta más estable, lo que nos asegura mayor seguridad y un mayor margen en el periodo de recogida de muestras.



Preparación de muestras para el análisis foliar.

2.- ¿Qué órgano muestrear? Se pueden muestrear y analizar tanto limbos como pecíolos. Los dos presentan interés, si bien dependiendo del elemento a analizar o del objetivo que se pretende, resulta más interesante uno u otro. Por ejemplo, el pecíolo muestra mayor interés cuando se presentan o sospechan problemas de desequilibrios nutricionales. En este sentido y como ejemplo de aplicación, destacar los problemas de antagonismo K-Mg y la gran utilidad de estimar en pecíolo el valor de la relación K/Mg que

arroja mucha información a la hora de detectar el problema o para dirigir el abonado de estos dos macroelementos.

3.- ¿De dónde muestrear? Aunque existe bastante diversidad de procedimiento, lo más frecuente suele ser el muestreo de hojas opuestas al primer racimo en el momento de la floración, y de las opuestas al racimo de rango dos durante el envero (o en este entorno), procurando elegir hojas sanas y de una edad fisiológica similar en cada momento.

Conviene tener en cuenta algunas sugerencias de índole práctico:

- Seleccionar e identificar unidades de muestreo homogéneas, fijando un itinerario y unas cepas, que se procuran mantener en el tiempo.

- El número de hojas a muestrear suele estar relacionado con el nivel de intensidad del muestreo y el tamaño de la hoja propia de cada variedad. Suele ser suficiente treinta hojas por unidad de muestreo, sanas, de pámpanos con racimos y tomando una hoja por cepa de diferentes exposiciones.
- Utilizar bolsas limpias, aireadas y bien identificadas, no dejando transcurrir más de 24 horas hasta su entrega en el laboratorio, manteniéndolas refrigeradas durante esta fase de espera.
- Comentar con el laboratorio todo tipo de información, sobre todo en lo que hace referencia al historial de aplicaciones foliares de elementos o productos fitosanitarios.

Consideraciones finales

1.- En la práctica, el análisis de suelo resulta dudoso para el N y el P, pero útil para K y Mg. Por su parte, el análisis foliar se considera útil para el N y P, y necesario para K y Mg (interesante para B, Mn y Zn). El comportamiento y la observación del viñedo se hacen necesarios para el N, K y Mg, pero inutilizable para el P que no presenta una sintomatología específica de carencia o exceso.

2.- La fertilización racional y sostenible del viñedo exige de la consideración de todas aquellas herramientas que nos permitan evaluar el nivel de nutrición de nuestro viñedo.

3.- No existe un método ideal. Es la consideración global e integrada de todos ellos la clave del éxito.



Medición de conductancia estomática.

Tabla 1. Valores medios de macroelementos (% sms) en peciols muestreados en envero

Elemento/Variedad	Tempranillo	Garnacha Tinta
N	0,47-0,51	0,64-0,70
P	0,10-0,13	0,17-0,22
K	1,14-1,68	1,73-2,64
Mg	0,78-0,95	1,03-1,43



Beneficios ambientales de los sistemas de humedales construidos para el tratamiento de efluentes vitivinícolas: reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero

Laura Flores^a, Joan García^a, Rocío Pena^b, Marianna Garfi^a

^aGEMMA - 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)

^bAIMEN Centro Tecnológico, Polígono Industrial de Cataboi SUR-PPI-2 (Sector) 2, Parcela 3, 36418 O Porriño, España

Introducción

Durante el año 2018, se han realizado 2 campañas de medición con el objetivo de estudiar las emisiones de gases de efecto invernadero en la planta piloto de humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales ubicada en la Bodega Santiago Ruiz en Tomiño (Pontevedra) (sistema WETWINE) y en una planta de lodos activados ubicada en Ribadavia (Ourense) para su comparación. Estas campañas se han llevado a cabo en los meses de

febrero/marzo y agosto/septiembre con una duración de un mes y medio aproximadamente cada una, teniendo en cuenta las épocas de vendimia y fuera de vendimia.

El aumento de las emisiones de gases de efecto invernaderos (como son el CO₂, CH₄, y N₂O) es un tema cada vez más preocupante ya que es la principal causa del cambio climático.

El objetivo de este estudio ha sido cuantificar las emisiones de los principales gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, y N₂O) en el sistema WETWINE y en un sistema de lodos ac-

tivado para evaluar los beneficios del sistema de humedales construidos para el tratamiento de los efluentes vitivinícolas con respecto a la lucha contra el cambio climático.

Materiales y métodos

Los sistemas de tratamiento de efluentes vitivinícolas donde se han realizado las mediciones son los siguientes:

- Sistema WETWINE: sistema implementado en una bodega ubicada en Galicia (España). Consiste en un reactor anaerobio hidrolítico de flujo ascendente, dos humedales verticales (HV) en paralelo y un humedal horizontal (HH). Los lodos del reactor hidrolítico son tratados en un humedal de tratamiento de lodos (HTL).
- Sistema convencional de lodos activados: sistema implementado en una bodega ubicada en Galicia (España). El sistema incluye un pretratamiento, un reactor de lodos activados aireado y un decantador secundario. Los lodos son acumulados en un depósito y gestionados por terceros.

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

Los parámetros que se han medido en ambos sistemas de tratamiento (WETWINE y lodos activados) han sido:

- CO₂ (rango 0-2.000 ppm)
- CH₄ (rango 0-100 ppm)
- N₂O (rango 0-5 ppm)
- Temperatura
- Presión

Para medir las emisiones de gases de efecto invernadero de los humedales construidos (HV, HH y HTL), se ha empleado una cámara/campana estática y cerrada (cubo de plástico de 70 L) y un equipo analizador de gases Gasmeter DX4015 distribuido por la empresa Anatrac. Para que las mediciones sean representativas, se ha muestreado en 2 o 3 puntos en cada humedal durante un tiempo determinado para tener en cuenta las variaciones espaciales de las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, en el caso del HV y HTL, se han realizado mediciones durante los períodos de alimentación y descanso.

Para medir las emisiones de gases de efecto invernadero en el reactor biológico de la

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

	Bodega del sistema WETWINE	Bodega del sistema de lodos activados
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 (L _{agua} /L _{vino})	3,5	1,3
Caudal de aguas residuales tratado total (m ³ /año)	1.400	4.833
Caudal en vendimia (m ³ /época vendimia)	620	2.416
Caudal durante el resto del año (m ³ /resto del año)	780	2.416
Gestión de afluentes vitivinícolas	Humedales construidos (sistema WETWINE)	Sistema convencional (lodos activados)

planta de lodos activados, se ha empleado el método de la cámara flotante. Un compartimento de unos 40 L se ha situado en la zona más aireada del reactor fijado mediante 4 cuerdas. Empleando la misma metodología, se han medido también las emisiones en el

decantador secundario y en el tanque de lodos del mismo sistema.

Los factores de emisiones se han calculado según los protocolos y las ecuaciones propuestas por la literatura (Chandran 2010; De la Varga *et al.* 2015, Mander *et al.*, 2014)



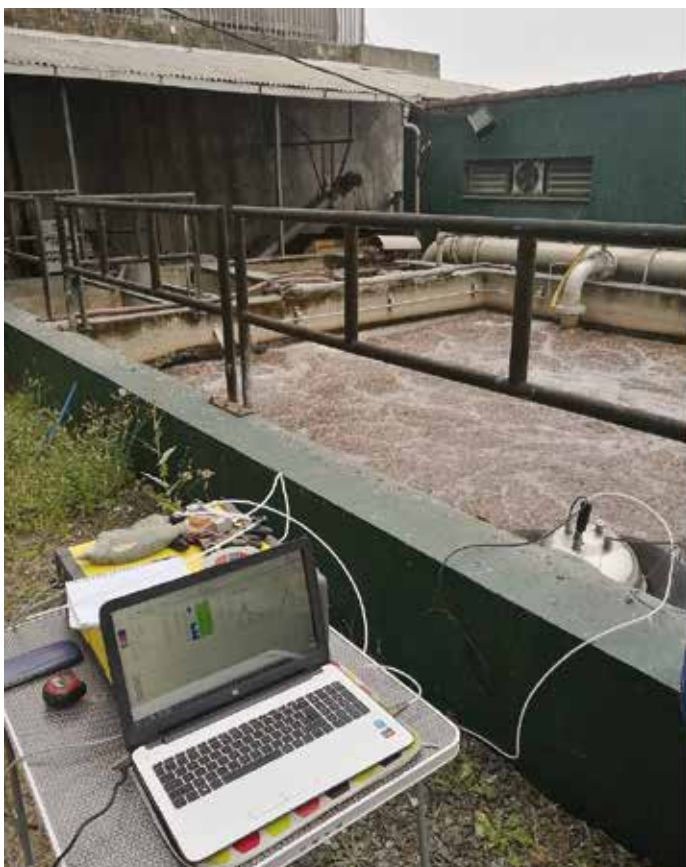
Planta piloto WETWINE. Montaje de los equipos para la medición de gases en un humedal vertical (HV). Vista general de la planta piloto.



Planta piloto WETWINE. Montaje de la campana para la medición de gases en un humedal vertical (HV).



Planta piloto WETWINE. Montaje de la campana para la medición de gases en el humedal horizontal (HH).



Planta de lodos activados implementada en la bodega ubicada en Ribadavia.
Izquierda: medición de gases en el reactor biológico. Derecha: medición de gases en el tanque de lodos.

Resultados

Los resultados del estudio se muestran en la Figura 5 para los dos sistemas y para las dos épocas consideradas (vendimia y resto del año).

Estos muestran que las emisiones de gases de efecto invernadero del sistema WETWINE fueron siempre menores que las generadas por el sistema de lodos activados en los dos períodos considerados. Esto se debe principalmente:

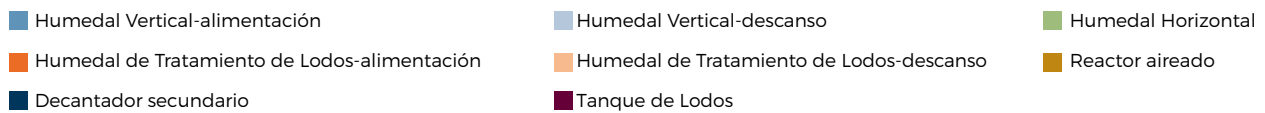
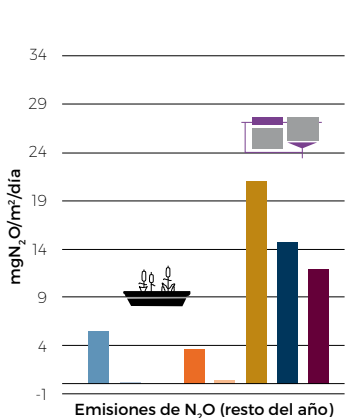
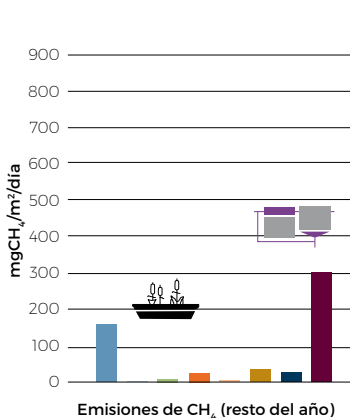
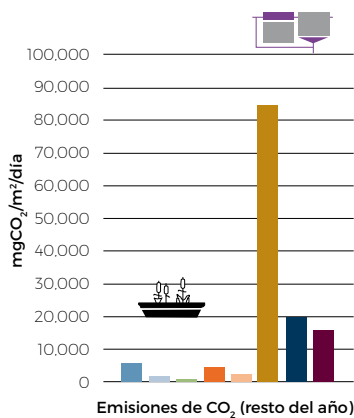
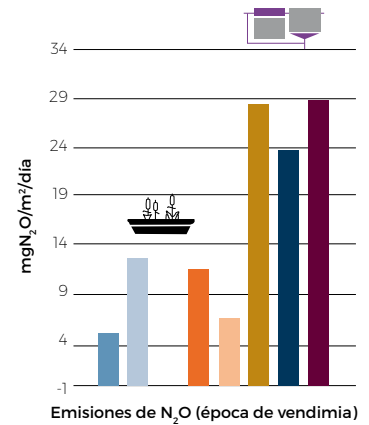
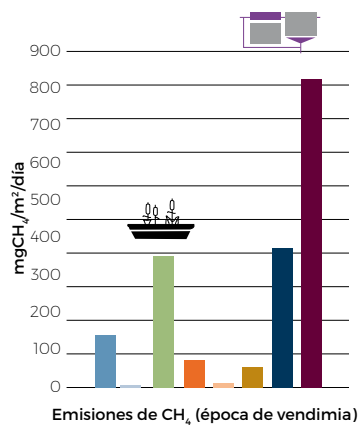
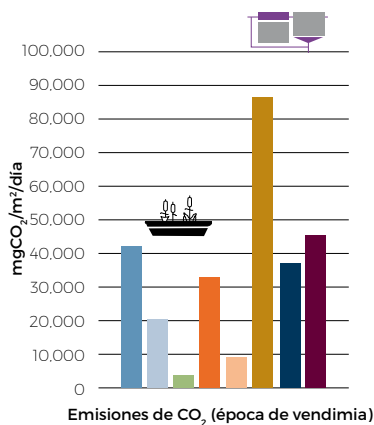
- a la aireación prolongada en el reactor biológico del sistema de lodos activados que favorece la degradación aerobia de la materia orgánica y, consecuentemente, aumenta las emisiones de CO_2 a la atmósfera;
- al consumo de productos químicos (urea) en el sistema de lodos activados,

que aumenta las concentraciones de Nitrógeno en el agua, y consecuentemente, las emisiones de N_2O a la atmósfera;

- a la elevada y prolongada concentración de lodo acumulado en el tanque del sistema de lodos activados, que aumenta las emisiones de CH_4 por la degradación anaerobia de la materia orgánica.

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 reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a la lucha contra el cambio climático.



Referencias

CHANDRAN, K., 2010. Protocol for the measurement of nitrous oxide fluxes from biological wastewater treatment plants. *Methods Enzymol.* 486, 369-385.

DE LA VARGA, D., RUIZ, I., ÁLVAREZ, J.A., SOTO, M., 2015. Methane and carbon dioxide emissions from constructed wetlands receiving anaerobically pretreated sewage. *Science Total Environ.* 538, 824-833.

MANDER, U., DOTRO, G., EBIE, Y., TOWPRAYOON, S., CHIEMCHAISRI, C., FURLAN NOGUEIRA, S., JAMSRANJAV, B., KASAK, K., TRUU, J., TOURNEBIZE, J., MITSCH, W.J., 2014. Greenhouse gas emission in constructed wetlands for wastewater treatment: A review. *Ecol. Eng.* 66, 19-35.

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), RYC-2016-20059). Los autores agradecen el apoyo brindado por el consorcio WETWINE y las bodegas involucradas en este estudio.



Procédés de traitements des effluents de cave adaptés au secteur des vins biologiques: état des lieux et perspectives

Joël Rochard¹

¹IFV (Institut Français de la Vigne et du Vin), 17 rue Jean Chandon Moët, 51200 Epernay, France

Introduction

Issues d'un mouvement idéologique né au début du 20^{ème} siècle, l'agriculture et la viticulture biologiques s'appuient sur un lien étroit entre agriculture et nature, privilégiant les équilibres biologiques entre la plante cultivée et son environnement, le respect des rythmes naturels et excluant les produits de synthèse. Au-delà des itinéraires viticoles et œnologiques, la viticulture biologique doit également s'intéresser aux différents aspects de la viticulture durable concernant notamment le traitement des effluents de cave, avec une approche écologique.

Les rejets issus des pressoirs et des caves sont susceptibles de perturber l'équilibre biologique des rivières en particulier pendant la période des vendanges. En effet, les éléments organiques issus des activités viticoles génèrent, dans un milieu aquatique, le développement de micro-organismes qui puisent l'oxygène dissous au détriment de la faune piscicole.

Les effluents de cave (0,5 à 5 litres/litre de vin) sont de nature organique (DCO de 5 à 30 g/litre) et sont rejetés majoritairement pendant la période de vendanges (2 à 8 semaines). Le traitement a généralement pour objectif, selon la réglementation locale, de ré-

duire la pollution à un niveau de 125 à 300 mg de DCO par litre.

Le traitement des effluents de cave réalisé individuellement ou collectivement, peut être envisagé avec plusieurs techniques : évaporation, épandage, dispositifs biologiques (Rochard, 2005; Rochard *et al.*, 2001).

Jusqu'à présent, les procédés de traitement les plus utilisés étaient basés sur des développements technologiques de procédés aérobie et dans une moindre mesure anaérobies. Les recherches actuelles ont pour objectif d'intégrer les orientations de développement durable dans le fonctionnement du dispositif de traitement. Le traitement des effluents doit intégrer différentes orientations: faible consommation d'énergie et limitation des déchets (boues) de plus en plus difficiles à gérer par voie agronomique. En complément, en liaison avec le concept d'éco-oenotourisme, une intégration harmonieuse de dispositif peut être envisagée, qui associe à la fois une limitation des nuisances olfactives et sonores, une valorisation paysagère et éventuellement de la biodiversité. Bien évidemment, la gestion optimale de l'eau en amont s'impose afin de faciliter le traitement et dans une perspective de raréfaction de la ressource dans de nombreuses régions en liaison avec les changements climatiques.

L'épuration par le sol est un mécanisme utilisé depuis longtemps, notamment la technique d'épandage des effluents. L'épandage des effluents de cave est souvent utilisé sur des terrains agricoles ou de manière plus intensive sur des zones plantées avec des espèces à fort potentiel de développement végétatif (saule, bambou, eucalyptus).

Une autre approche consiste à utiliser le principe d'épuration naturelle des zones humides lié à des plantes dotées d'un fort potentiel racinaire, adaptées à des alternances de conditions sèches et humides (Rochard, 2009). Certaines de ces plantes (roseaux/*Phragmites Australis*) assurent parallèlement un transfert

d'oxygène dans le sol par l'intermédiaire de la tige (Figure 1).

Les filtres plantés de roseaux (ou «constructed wetlands») se classent parmi les filières de

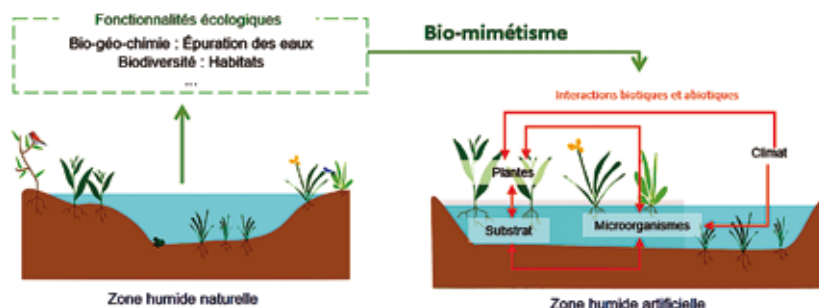


Figure 1. Comparaison d'une zone humide naturelle par rapport un dispositif artificiel (Source Blueset).

traitement biologique basées sur le principe de l'infiltration – percolation. Ce procédé reproduit la dynamique autorégulatrice d'un véritable écosystème: il comprend les interactions vivantes entre différentes espèces de bactéries, les racines des macrophytes, le substrat, l'air, le soleil, l'eau (Figure 2).

Les techniques de lits ou massifs plantés ont prouvé leur efficacité dans le domaine de

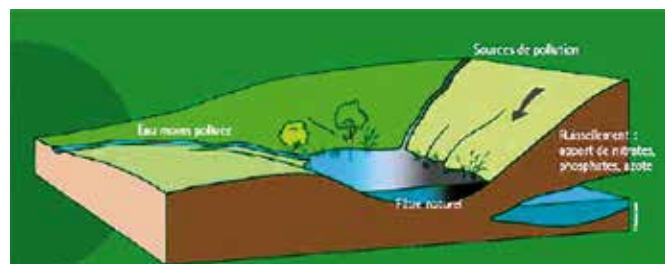


Figure 2. Rôle épurateur des zones humides. Source : Les zones humides un patrimoine à préserver agence de l'eau RMC/ Région Rhône-Alpes.

l'épuration des effluents d'origine domestique. Leur application aux effluents de cave a fait l'objet de différentes recherches depuis plusieurs années.

Principe du dispositif par lit planté de roseaux

Le processus reproduit d'une certaine manière le processus naturel d'épuration de l'eau dans les marais dans lesquels les eaux usées sont naturellement préfiltrées et débarrassées des particules solides, puis subissent des

traitements naturels physiques, chimiques et surtout biologiques favorisés par des plantes aquatiques ayant au final pour effet de dégrader les matières organiques, de transférer vers les feuilles les composés métalliques, de filtrer et de réduire sensiblement les germes pathogènes des eaux usées.

- Soit par **infiltration de l'eau verticale** dans des sols plantés de macrophytes et généralement drainés (filtre à flux vertical ou filtre vertical).
- Soit par circulation de l'eau dans la rhizosphère des macrophytes par cheminement horizontal sous la surface du sol (filtre horizontal).

Application a la filière vitivinicole

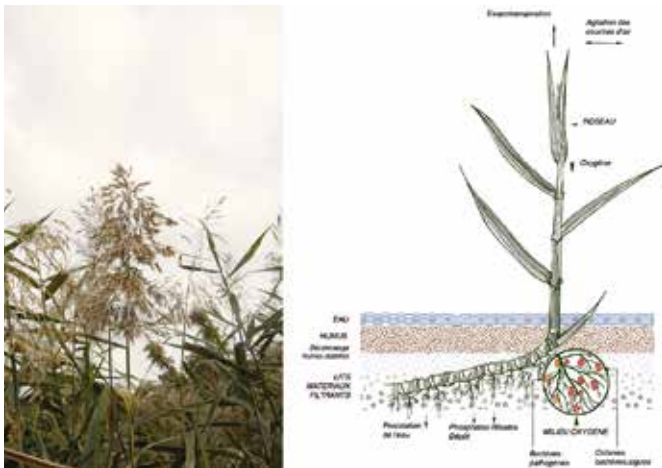
Traitement des boues de procédés biologiques issues des dispositifs d'épuration biologique

Les boues peuvent faire l'objet d'un traitement par l'intermédiaire d'un lit spécifique. Comparativement à un séchage sur lit de sable, les plantes permettent une dégradation et une stabilisation des boues qui réduit le volume final de produit et ses nuisances olfactives ; un phénomène probablement accentué par la présence du couvert végétal qui limite le déplacement d'air et la dispersion des odeurs.

Les boues sont prélevées dans le bassin de stockage après traitement et vidange de l'eau épurée et déposées par couches successives en surface des lits, selon les cycles d'alimentation et de repos. Elles sont finalement extraites par curage et valorisées par épandage sur terres agricoles ou compostage (Figure 5)

Traitement des effluents par recirculation

Le potentiel de biodégradation limité d'un lit planté (environ 1g de DCO/l), peut être sur-



Figures 3. Inflorescence et vue en coupe d'un roseau (*Phragmites Australis*).

Les plantes aquatiques et particulièrement les roseaux (Figure 3) possèdent un tissu particulier permettant le transfert d'oxygène depuis les parties aériennes (tiges et feuilles), vers les parties souterraines: il est libéré au niveau des jeunes racines dans le film aqueux entourant le «chevelu racinaire» (Figure 4). Les bactéries épuratrices présentes à proximité de ces racines sont ainsi alimentées en oxygène.

L'exploitation des capacités épuratoires des massifs filtrants plantés peut être mise en œuvre de deux façons :

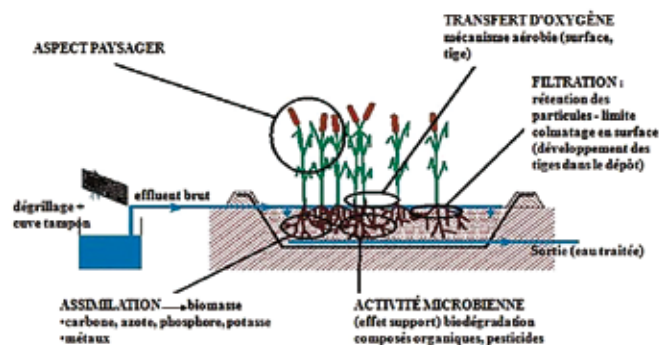


Figure 4. Principe d'un lit planté vertical (Rochard).



Figure 5. Exemple de traitement des boues par un dispositif de lits plantés dotés de système d'aération naturelle par le dispositif Sint au Château Mont Redon à Châteauneuf-du-Pape.

monté par une recirculation de l'effluent à partir d'un bassin tampon de stockage fermé sans aération (Figure 5). Ainsi, l'effluent est progressivement épuré au cours des percolations successives sur le dispositif (32m³ d'effluent pour une surface de 27 m² de lit planté de roseaux). Selon le niveau de DCO de départ, l'épuration peut être obtenue dans un délai de 4 à 6 semaines (Figures 6-7).

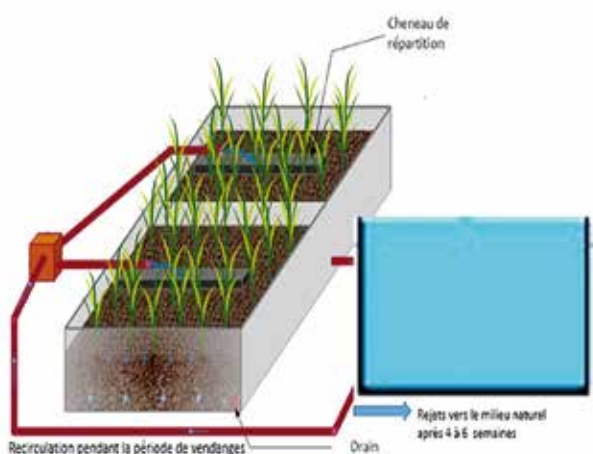


Figure 6. Dispositif de traitement des effluents sur lit planté avec période de recyclage pendant les vendanges (Schéma adapté de www.plantepure.fr).

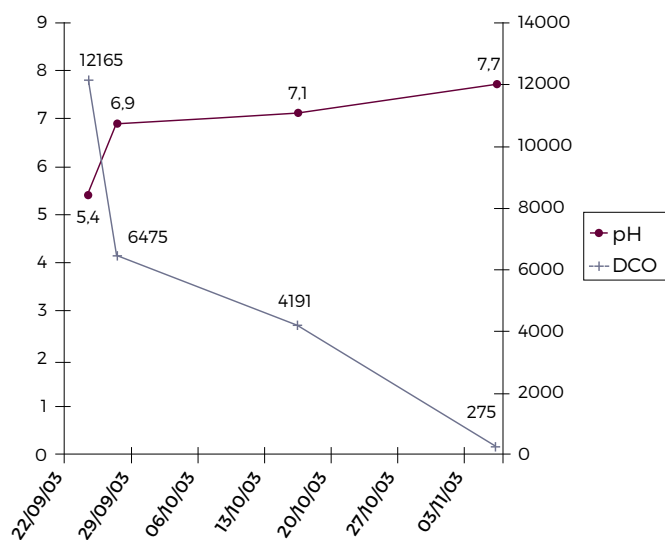


Figure 7. Cinétique d'épuration d'un dispositif de lit planté par recirculation (Source : Kerner et Rochard).

Traitement de finition

La plupart des dispositifs de lits plantés de roseaux assurent le traitement d'effluent dont la teneur en DCO est proche de 1g/l pour atteindre

les normes de rejets qui varient selon les régions de 125 à 300mg/l (Meunier *et al.*, 2009). Le lit planté est généralement disposé en aval d'un bassin aérobie ou éventuellement d'un dispositif anaérobie, associant selon les cas une épuration de 80 à 95% pour atteindre un niveau proche de 1 à 1,5g de DCO/l. Dans ce cas, parallèlement au traitement de finition, le lit planté peut assurer une dégradation des boues du dispositif biologique amont (figure 8 et 9).

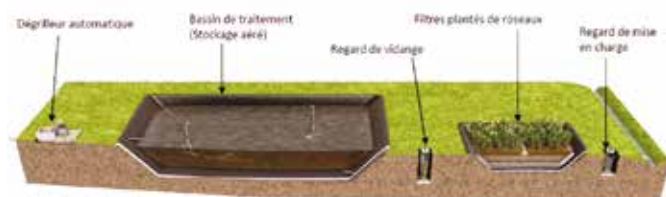


Figure 8. Schéma d'un traitement associant un premier étage par stockage aéré et une finition par filtres plantés de roseaux (Source : Agroenvironnement/ Syntea).



Figure 9. Exemple de traitement de finition par lit planté de roseaux après un premier étage aérobie à la Cave Spier en Afrique du Sud (Muldizi *et al.*, 2009).

Cette approche classique de traitement par lit planté en finition impose de maintenir un bassin d'aération en amont, consommateur d'énergie et source potentielle de nuisance olfactive et visuelle d'où la recherche de procédés susceptibles de traiter directement les effluents en associant bien évidemment des mesures en amont du processus d'élaboration pour limiter la charge et la concentration polluante.

Lit planté sur support de zéolithes

Une piste d'optimisation du procédé consiste à utiliser un matériau très adsorbant compa-

rativement au sable ou gravier des filtres traditionnels (Figure 10). Une expérimentation a été menée dans une cave de Barolo en Italie avec un filtre composé de zéolithe qui possède des propriétés intéressantes d'adsorption et d'échange cationique (Rochard *et al.*, 2009).



Figure 10. Une zéolithe, ou zéolite, est une roche formé d'un squelette microporeux d'aluminosilicate, dont les espaces vides permettent d'optimiser l'adsorption et les processus de biodégradation du système racinaire des roseaux (Source Zeofito®).

Les mesures réalisées ont montré la possibilité de traiter des effluents d'une teneur moyenne de 3g de DCO avec une concentration moyenne de l'effluent traité proche de 100 mg/litre (Figure 11).

À la suite de cette expérimentation de nombreuses caves, notamment en Italie, se

sont équipées de ce dispositif en traitement direct sans bassin d'aération avec au préalable un dispositif de dégrillage/filtration et selon les cas éventuellement à une neutralisation (Figure 12).



Figure 12. Traitement des effluents par lit planté de roseaux sur support de zéolithes avec le dispositif Zeofito® (cave Baroli dans le Piémont italien).

Lit planté intensifié par aération forcée

Le procédé Rhizosph'air® est un traitement végétalisé planté (roseaux, iris) et intensifié par aération forcée. Il vise à combiner, par insufflation d'air, la rusticité d'un premier étage de filtre alimenté en eaux brutes et une gestion intégrée des boues (Figure 13). Parallèlement, l'apport

d'oxygène permet d'adapter le traitement aux variations de charges et à différents niveaux de rejets. L'aération forcée fonctionne à basse pression (faible hauteur d'eau dans le filtre), ce qui conduit selon le concepteur à une faible consommation énergétique (inférieure à 0,3 kWh/m³ d'eaux traitées), comparativement aux procédés intensifs pour lesquels, pour un niveau de traitement équivalent, la consommation énergétique liée à l'aération est supérieure (généralement supérieure à 0,6 kWh/m³ d'eaux traitées).

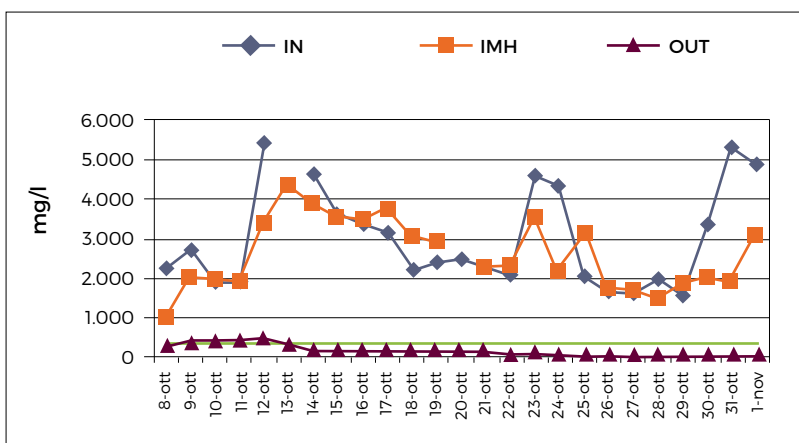


Figure 11. Teneur en DCO des effluents entrée après décantation (IMH) et sortie du dispositif avec massif de zéolithe Zeofito (traitement direct) (Rochard *et al.*, 2009).

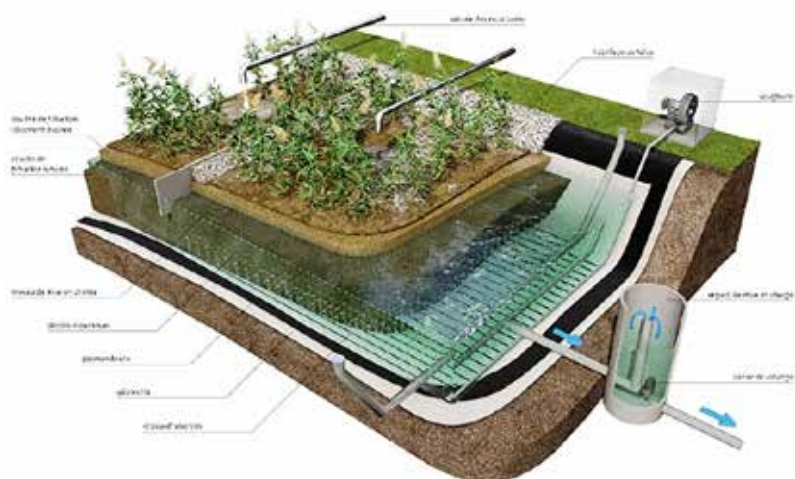


Figure 13. Schéma du traitement des effluents par aération forcée Rhizosph'air®.

Conclusion

Les lits plantés qui s'inspirent des écosystèmes de milieux humides, s'intègrent dans la diversité des dispositifs de traitement des effluents de cave et de pulvérisation.

La conception rustique, la simplicité de gestion, la faible consommation énergétique, la valorisation paysagère sont autant d'arguments qui intéressent les professionnels désireux de développer des démarches durables

vis-à-vis des effluents de cave. Au-delà de la dimension esthétique, il est possible d'envisager de recréer des zones humides artificielles qui valorisent la biodiversité locale. Le traitement de finition ou la gestion des boues des dispositifs issus du traitement des effluents domestiques est largement développé. Des développements plus novateurs (recyclage, traitement direct sur zéolithe, dispositif d'aération forcée) offrent des perspectives intéressantes pour l'avenir.

Comme tout système écologique, le choix de ce type de traitement impose une gestion optimale de l'eau et des sous-produits (bourbes, lies, solution détartrage, terres de filtration, etc.). Parallèlement, si le fonctionnement de ces systèmes est simple et rustique, la réalisation doit être confiée à des spécialistes, avec si possible une bonne expérience du secteur viticole, pour optimiser la conception et le dimensionnement (en intégrant notamment la pointe d'activité pendant les vendanges).

Références

- MEUNIER *et al.* (2009), *Treatment of winery effluent by a process combining an activated sludge reactor with reed bed filters*, winery waste and ecologic impacts management.
- MULDIZI, A.R. (2009), *Winery and distillery wastewater treatment by constructed wetland with shorter retention time*. 5th international specialized conference on sustainable viticulture : winery waste and ecologic impacts management.
- ROCHARD, J.; JOURJON, F.; RACAULT, Y. (2001), *Effluents vinicoles, gestion et traitements*. Editions Féret.
- ROCHARD, J. (2005), *Traité de viticulture et d'œnologie durables*. Editions Avenir œnologie.
- ROCHARD, J. (2009), Innovation environnementale dans la gestion des effluents de cave: application des lits plantés de roseaux? 32ème Congrès Mondial de la Vigne et du Vin, Zagreb, Croatie, 28 Juin- 3 juillet.
- ROCHARD, J.; OLDANO, A.; MARENCO, D. (2009), *Zeofito™, the active phytoremediation system*. 5th international specialized conference on sustainable viticulture: winery waste and ecologic impacts management.





WETWINE

AGACAL
AXENCIA GALEGA
DA CALIDADE ALIMENTARIA

aimen
CENTRO TECNOLÓGICO

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