



WETWINE

Interreg
Sudoe



WETWINE

European Regional Development Fund

N° 1 - DICEMBRE 2017



¿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

INGACAL	Entrevista a Alfonso Ribas Álvarez, secretario técnico del Instituto Galego da Calidade Alimentaria (INGACAL).....	4
AIMEN	Sistema WETWINE para la valorización de corrientes residuales en bodegas.....	8
FEUGA	Humedales construidos y compostaje: biotecnologías que acercan la economía circular a la viticultura.....	12
ADVID	As adegas e o ambiente: gestão e tratamento de água e efluentes vinícolas na Região Demarcada do Douro.....	18
DGAC	Aprovechamiento agronómico de los lodos de depuradora en La Rioja.....	24
UPC	Evaluating environmental benefits of constructed wetland systems for winery wastewater treatment.....	32



¿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

Instituto Galego da Calidade Alimentaria (INGACAL). Galicia, España / ingacal@xunta.es

Coordinador técnico

Asociación de Investigación Metalúrgica del Noroeste (AIMEN). Galicia, España / gpfont@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. Gobierno de La Rioja. 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



ENTREVISTA

Alfonso Ribas Álvarez

Secretario técnico del
Instituto Galego da Calidade Alimentaria
(INGACAL)

Beneficiario principal – jefe de fila
del Proyecto WETWINE

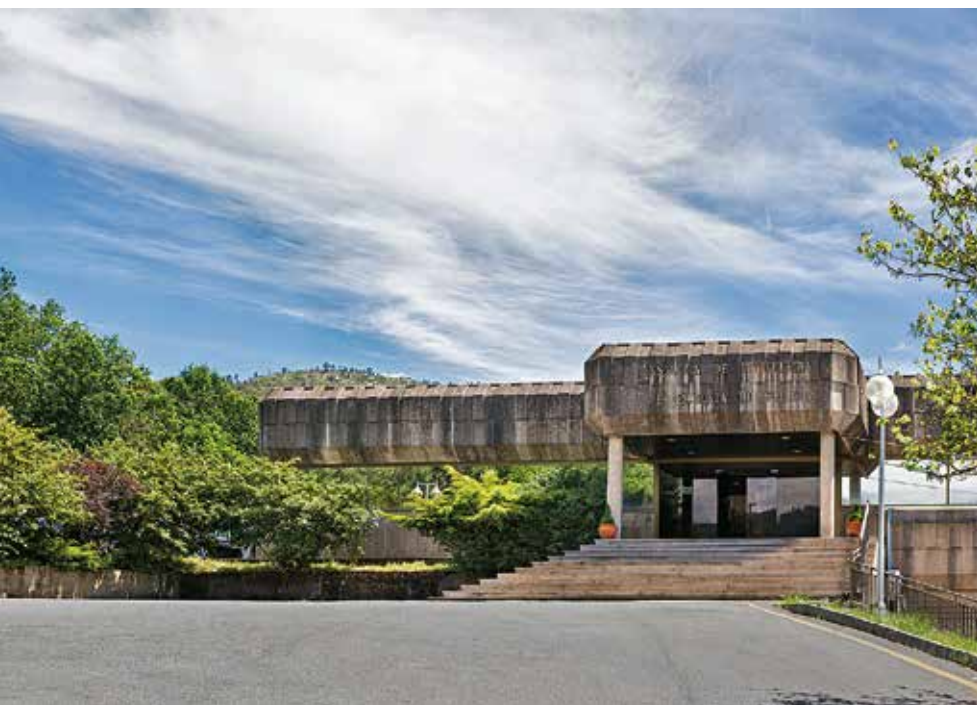


¿Qué es el Proyecto WETWINE? El Proyecto WETWINE es un proyecto de cooperación transnacional que se centra en la conservación y protección del patrimonio natural del sector vitivinícola en la zona del Sudoeste de Europa que incluye los 3 países (Francia, Portugal y España). El Instituto Galego de Calidade Alimentaria (Ingacal), entidad adscrita a la Consellería do Medio Rural (Xunta de Galicia), es el encargado de coordinar el proyecto.

¿Donde surge el interés de INGACAL en liderar proyectos de esta índole? Entre los objetivos del INGACAL destaca ser el agente catalizador de la investigación y el desarrollo tecnológico del sector alimentario en Galicia,

además de la promoción y la protección de la calidad diferencial de los productos gallegos acogidos a los distintos indicativos de calidad.

Paralelamente complementa su función a través del impulso del desarrollo rural, la investigación agrícola, ganadera y alimentaria y la transferencia tecnológica los sectores implicados, la dinamización de iniciativas que supongan nuevas orientaciones productivas y la adecuación a las exigencias de nuevos mercados. INGACAL actúa también como promotor y protector de la calidad diferencial de los productos gallegos acogidos a los distintos merchanos de calidad y colabora en el funcionamiento de los Consellos Reguladores en la gestión, control y certificación de la producciones gallegas protegidas.



Estación de Viticultura y Enología de Galicia (EVEGA) - INGACAL

¿Dónde y cuándo surge el Proyecto WETWINE?

La estrecha colaboración entre entidades del sector en proyectos previos, las sinergias gestadas entre entidades privadas - grupos de investigación con líneas de trabajo comunes y la detección de entidades de gran valía y experiencia en el sector del vino interesadas en formar parte de esta iniciativa, que finalmente se adhesionaron y forman parte del consorcio, sirvieron de germen creador del Proyecto WETWINE.

Proyectos anteriores como son WineTech y WineTech+ en los que INGACAL actuó como Jefe de Fila, ambos financiados en convocatorias anteriores de Interreg SUDOE (Fondos FEDER) y el establecimiento de la Oficina de Proyectos Europeos en el marco del Proyecto Vitis Europa (Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad - Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013 - 2016), iniciativa que impulsa la especialización e internacionalización investigadora con el fin de promover la creación de consorcios de investigadores y empresas competitivos capaces de concurrir a convocatorias europeas sirvieron de eje vertebrador de WETWINE.

¿Qué entidades forman parte del Consorcio WETWINE?

Entidades de reconocido prestigio trabajan mano a mano con INGACAL en el día a día del Proyecto WETWINE en los diversos grupos de tareas, entre ellas, la Asociación de Investigación Metalúrgica del Noroeste (AIMEN) que comparte con INGACAL el liderazgo en el área técnica del Proyecto WETWINE, la Fundación Empresa-Universidad Gallega (FEUGA), la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente de La Rioja (Gob. de La Rioja), la Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duiense (ADVID), el Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV), y el Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Además forman parte del proyecto entidades colaboradoras asociadas como son la Bodega Santiago Ruiz situada en O Rosal (Pontevedra) que albergará la instalación de la Planta Piloto del Proyecto y las bodegas Real Companhia Vella, S.A. y Murças, S.A. que prestarán sus instalaciones para las tareas agronómicas del proyecto.

¿Quién financia el Proyecto WETWINE? ¿Cuáles su duración?

El Proyecto WETWINE está cofinanciado al 75% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Interreg SUDOE que forma parte del objetivo europeo de cooperación territorial para el período 2014 - 2020. Para un período total de 36 meses, el Proyecto WETWINE ya está en funcionamiento desde el 1 de Julio de 2016 y se prevee la finalización de las actividades vinculadas a él el día 30 de Junio de 2019, esperando que el desarrollo de esta iniciativa consiga dar soluciones a la gestión de efluen-



Viñedos experimentales de la Estación de Viticultura y Enología de Galicia (EVEGA) en Leiro (Ourense) - INGACAL.

tes de bodegas y de ella partan nuevas áreas de estudio que mejoren y ayuden a la adaptación de las empresas de dentro y fuera del área SUDOE a mejorar su competitividad y a la adaptación al cambio climático.

¿Qué es el Programa Interreg SUDOE? El Programa Interreg SUDOE es una iniciativa comunitaria de apoyo regional del sudoeste europeo con el objetivo de resolver problemas comunes a las regiones del entorno SUDOE que adolecen de inversión en investigación y desarrollo, a la vez que destacan en la baja

competitividad de la pequeña y mediana empresa que se comprueba se ve afectada por el cambio climático y los riesgos ambientales.

El Programa Interreg SUDOE financia proyectos de cooperación territorial en el área SUDOE enmarcados en cinco áreas estratégicas: Innovación e Investigación, Competitividad de la PYMES, Economía baja en carbono, Lucha contra el cambio climático y Medioambiente y Eficiencia de Recursos donde se enclava este Proyecto.

La Secretaría Conjunta del Programa Interreg SUDOE, que trabaja paralelamente con la Autoridad de Gestión del Programa Interreg SUDOE, atiende y resuelve todas las cuestiones relacionadas con el Programa Interreg SUDOE desde su sede situada en Santander.



Producción de planta (EVEGA).

¿Cuáles son los objetivos del Proyecto WETWINE? Como bien indica su nombre el *Proyecto WETWINE: Proyecto de cooperación transnacional para promover la conservación y la protección del patrimonio natural del sector vitivinícola en la zona SUDOE* fue concebido como una iniciativa conjunta para resolver problemas comunes a las distintas áreas en el territorio SUDOE como son la protección del medioambiente afectado por los efluentes que genera la actividad vitivinícola transformándolos y acondicionándolos consiguiendo reducir y/o eliminar su impacto en el entorno natural.

A través de varias acciones, el Proyecto WETWINE persigue la consecución de varios objetivos:

- la generación de un *fertilizante orgánico* adaptado y testado en las distintas Denominaciones de Origen del Espacio SUDOE,
- la *adaptación de las aguas resultantes del proceso de elaboración del vino* a los cánones de vertido,
- la puesta a disposición de las bodegas interesadas de la *herramienta informática del sistema WETWINE* que servirá de gestor y controlador del sistema.

También se establecerá un protocolo de buenas prácticas a través del *Manual de Buenas Prácticas*, que describirá el uso y el mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas y lodos estableciendo las directrices para una futura revisión de las políticas públicas de medioambiente y desarrollo rural fundamentadas en la experiencia resultante del Sistema WETWINE.

Son otros objetivos del Proyecto: la edición de la *Revista WETWINE*, que está en este momento en sus manos, las visitas a bodegas donde se explicará *in situ* el sistema de tratamiento y los eventos de difusión del proyecto.

¿Qué es el Sistema WETWINE? El Sistema WETWINE se basa en la transformación y valorización de los efluentes de la actividad de las bodegas combinando el uso de digestores

anaerobios y humedales de tratamiento a través de los que circulan las aguas residuales del proceso de elaboración del vino.

El sistema consta de un tanque – digestor anaerobio que recibe las aguas industriales de la bodega, mediante procesos anaerobios y decantación se transforman dejando el residuo sólido en él, residuo que se pasa a otro humedal en paralelo donde se re seca y posteriormente se acondiciona para ser aprovechado como fertilizante. La parte líquida del efluente se hace circular por sendos humedales verticales y horizontales entre la vegetación elegida, en este caso de origen autóctono *Plagmatites*



Viñedos experimentales de la Estación Experimental de Viticultura y Enología de Ribadumia (Pontevedra) INGACAL.

australis, conocida vulgarmente como “Carrizos”; una vez que las raíces ejerzan su función depuradora y a través de distintos tipos de procesos las aguas obtenidas estarán adaptadas a los cánones de vertido a cauce, para riego o reutilización en el proceso productivo, consiguiendo cerrar el ciclo y disminuyendo el impacto de la actividad vitivinícola en el medioambiente.



Sistema WETWINE para la valorización de corrientes de agua residual en bodegas

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

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

El sistema WETWINE aporta una alternativa a los problemas de tratamiento de aguas residuales y residuos de la industria vitivinícola. Este sistema se basa en una combinación de la tecnología de digestión anaerobia con humedales construidos de tratamiento de agua y de lodo, obteniéndose como subproductos agua para riego y un abono de potencial uso en los viñedos.

Las bodegas tienen notables implicaciones medioambientales, principalmente por el consumo de agua en las operaciones de limpieza y los vertidos líquidos que se generan durante las fases de elaboración del vino. El principal

problema se debe a la variabilidad de vertidos en cuanto a su composición y caudal a lo largo del año. El caudal y la carga contaminante de las aguas residuales varían en función de la actividad que se realiza en cada momento en

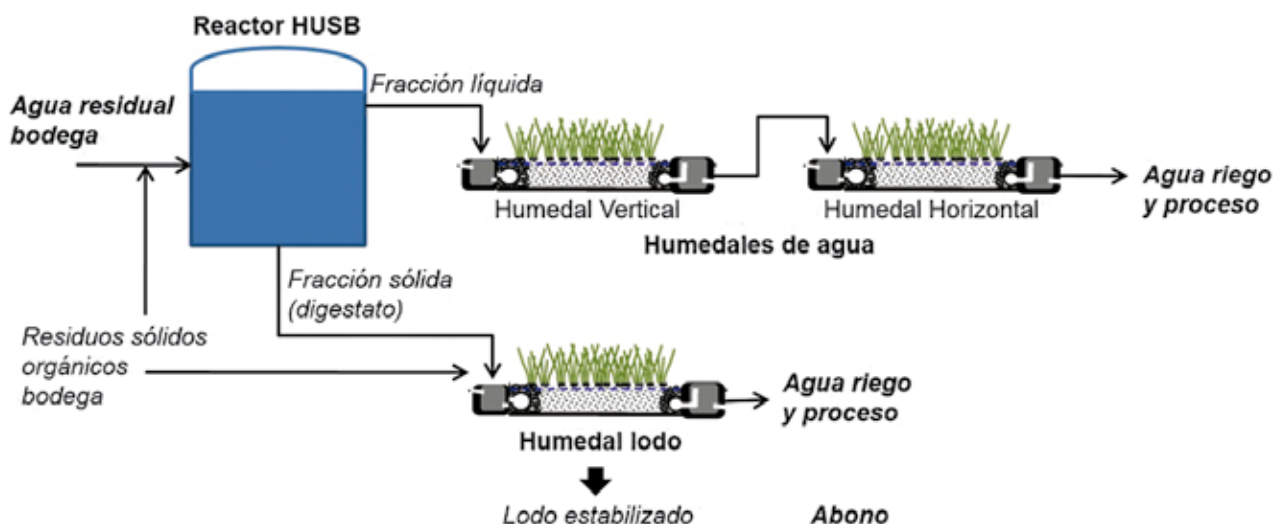


Figura 1. Esquema del sistema WETWINE.

la bodega (recepción de vendimia, estrujado, despalillado, fermentación, prensado, embotellado...), de la tecnología usada, del tipo de vino y otros productos derivados (vinos especiales y licores), así como de la gestión y la prevención de la contaminación.

El proyecto WETWINE tiene como objetivo desarrollar y probar en condiciones reales un sistema de valorización de efluentes vitivinícolas basado en tecnologías naturales de bajo coste, que pueda ser aplicado en cualquier bodega del espacio SUDOE (España, Portugal, Sur de Francia, Gibraltar y Andorra). Tras el tratamiento, el agua podrá ser reutilizada en la propia bodega para tareas de limpieza y en regadío, mientras que el lodo producido en el sistema será transformado en un abono para uso agronómico en viñedos.

El sistema WETWINE resulta de la acción combinada de dos tecnologías de tratamiento de aguas residuales, la digestión anaerobia hidrolítica y los humedales construidos horizontales y verticales, que de forma individual no son capaces de eliminar los contaminantes presentes en los efluentes de forma que se cumplan los requisitos legales de vertido. También incorpora humedales para la estabilización y secado de los lodos generados (Figura 1). En el sistema WETWINE, también será posible tratar otros residuos or-

gánicos de la bodega con un alto contenido en humedad.

En este proyecto se utilizará un digestor anaerobio hidrolítico (reactor HUSB -*hydrolytic upflow sludge blanket*). El objetivo de la etapa hidrolítica en el sistema WETWINE es eliminar los sólidos y la materia orgánica, a diferencia de los reactores anaerobios convencionales donde su principal objetivo es producir biogás. Se trata de un sistema de tratamiento biológico de alta carga en el que se consiguen buenos rendimientos de depuración (50-80%) a bajos tiempos de retención (4-8 h)¹.

Los *humedales* construidos son balsas poco profundas (0,4 -1 m), en las que el agua residual circula a través de un medio filtrante dotado de especies vegetales. Son sistemas sencillos de mantener y operar, pero tienen el inconveniente de que exigen una gran superficie útil.

Un humedal construido consta de material aislante, lecho de grava, vegetación compuesta por macrófitos, tales como carrizo (*Phragmites australis*), espadaña (*Typha latifolia*) o juncos (*Juncus*), y los sistemas de distribución de influente y efluente (Figura 2). Los humedales

1. Álvarez J. A., Ruíz I. and Soto M. (2008). Anaerobic digesters as a pretreatment for constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 33, 54-67.

de tratamiento de flujo subsuperficial se dividen en horizontales o verticales, según sea la dirección del flujo de agua a través del lecho de grava. Normalmente, el lecho de grava está permanentemente saturado de agua en los horizontales, mientras que en los verticales no está saturado permitiendo una mayor transferencia de aire al ir dosificando el agua verticalmente favoreciendo las condiciones aerobias^{2,3}.

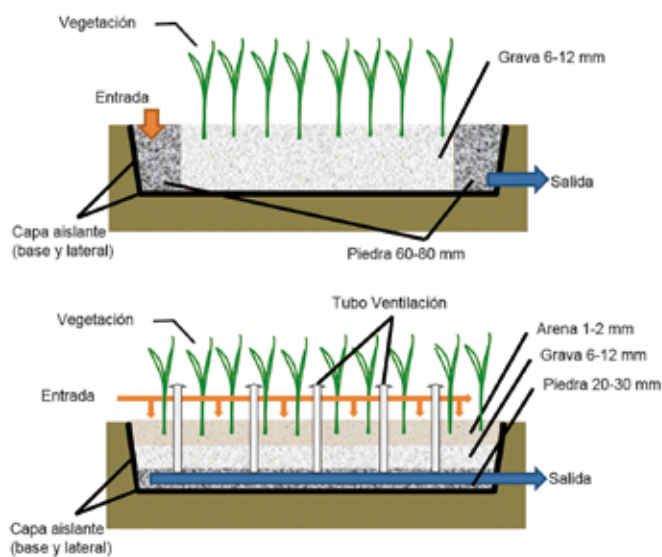


Figura 2. Esquema de un humedal horizontal (arriba) y vertical (abajo) de tratamiento de agua.

Los humedales de tratamiento de lodo son una nueva tecnología de bajo coste, simple y robusta para la estabilización del lodo producido en el reactor anaerobio.

Los humedales de tratamiento de lodo son tratamientos extensivos basados en los humedales construidos convencionales⁴, que logran la sequedad y mineralización del lodo (Figura 3). Consiste en un lecho de una profundidad de 80-100 cm relleno con grava y plantado con macrófitos. El lodo se esparce y se

almacena en la superficie del lecho, donde la mayoría del agua se elimina por evapotranspiración de las plantas y por drenaje a través del lecho filtrante, dejando un sólido concentrado y mineralizado en la superficie. Cuando se alcanza la capacidad máxima de almacenaje (cada 5 – 10 años), después de un periodo de reposo, el sólido seco se retira para iniciar otro ciclo de operación⁵. Este sólido tiene unas propiedades que hacen que pueda ser utilizado como un abono por su alto contenido en materia orgánica.

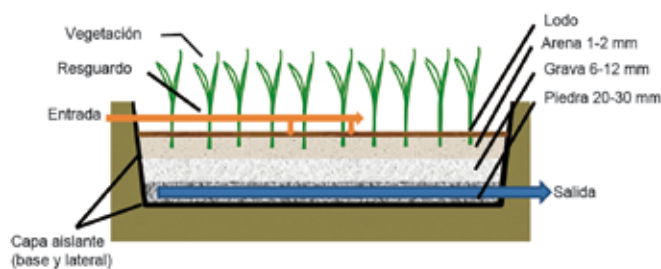


Figura 3. Esquema de un humedal de tratamiento de lodo.

Por tanto, las principales ventajas del sistema WETWINE frente a los tratamientos convencionales son:

- Adaptación a los cambios del agua residual producida (tanto en caudal como en composición)
- Bajo coste de operación
- Bajo impacto ambiental
- Producción de agua con calidad suficiente para regadío y abono que pueden ser utilizados en el cultivo de la vid.

La combinación de un sistema anaerobio hidrolítico con un humedal vertical y otro horizontal facilita la eliminación de los principales contaminantes presente en las aguas residuales de las bodegas. El sistema anaerobio elimina la mayor parte de los sólidos en suspensión y la materia orgánica, mientras que en el hu-

2. Brix, H. and Arias, C.A. (2005). The use of vertical flow constructed wetlands for on-site treatment of domestic wastewater: New Danish guidelines. *Ecological Engineering*, 25, 491-500.

3. Vymazal, J. (2010). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. *Water* 2, 3, 530-549.

4. Brix, H. (2017). Sludge Dewatering and Mineralization in Sludge Treatment Reed Beds. *Water*, 9, 160-172.

5. Uggetti, E., Ferrer, I., Molist, J., Garcia, J. (2011). Technical, economic and environmental assessment of sludge treatment wetlands. *Water Research*, 45(2), 573-582.



Figura 4: Emplazamiento de la planta WETWINE en la Bodega Santiago Ruiz.

medal vertical y horizontal se realiza la eliminación de nitrógeno mediante los mecanismos de nitrificación (con oxígeno en el humedal vertical) y desnitrificación (condiciones anóxicas en el humedal horizontal). La eliminación de sólidos en el sistema anaerobio contribuye a reducir los problemas de colmatación en el humedal (por la deposición de sólidos en el lecho de grava), uno de los principales problemas que reducen su tiempo de operación, permitiendo aplicar mayores cargas orgánicas, reduciendo el área necesaria para su instalación y alcanzando un efluente de mayor calidad⁶.

Para validar el concepto de tratamiento WETWINE en un entorno real, se ha instalado una planta a escala piloto en la Bodega Santiago Ruiz (Figura 4) situada en el municipio de O Rosal en la provincia de Pontevedra (España). Esta bodega produce en torno a 400.000 L/año de vino blanco y tiene una superficie de viñedo de 35 ha.

El objetivo del proyecto será operar esta planta durante varias temporadas/campañas con el agua residual que se produce en la bo-

dega. Como ya se ha comentado, uno de los principales problemas de los sistemas de tratamiento de aguas es que no son capaces de adaptarse a las variaciones en los efluentes producidos en las bodegas, según la época del año. Por tanto, un objetivo específico del proyecto será estudiar cómo el sistema WETWINE es capaz de adaptarse a estos cambios, obteniendo un agua a la salida con calidad suficiente para riego del viñedo, (Figura 5). Para ello se plantearán diferentes estra-

tegias de operación en función de las características del agua de entrada, variando parámetros de operación como tiempos de retención o caudales de recirculación, entre otros. Por otra parte, se harán ensayos agronómicos del lodo estabilizado en el humedal para validar su uso como abono.



Figura 5. Planta valorización WETWINE en Bodega Santiago Ruiz (España).

En los próximos números de la revista se presentarán los resultados obtenidos durante la operación de la planta WETWINE en diferentes épocas del año.

6. Ruiz I., M.A. Díaz, B. Crujeiras, J. García, M. Soto, (2010). Solids hydrolysis and accumulation in a hybrid anaerobic digester-constructed wetlands system. Ecological Engineering, 36 (8), 1007-1016.

Humedales construidos y compostaje: biotecnologías que acercan la economía circular a la viticultura

Manuel Soto. Catedrático de ingeniería química de la UDC y co-promotor de Sedaqua, Spin Off de la UDC.

David de la Varga. Doctor por la UDC y director técnico de Sedaqua (www.sedaqua.com).

La viticultura requiere muchos recursos que se emplean en las diferentes etapas de su complejo ciclo de vida, desde el cultivo del viñedo, pasando por la elaboración del vino y su comercialización y consumo. Agua, fertilizantes y enmiendas orgánicas son algunas de las materias primas que junto con un suelo fértil y la climatología adecuada permiten producir uva de calidad. Por otro lado, el mantenimiento del viñedo (podas de invierno y en verde) y la recogida y procesado de uva producen grandes volúmenes de aguas residuales y residuos orgánicos. Aprovechar los recursos que contienen estos residuos permite reducir el consumo de materias y acercar la viticultura a un modelo de economía circular. La fitoremediación o depuración mediante plantas acuáticas (zonas húmedas construidas) y el compostaje son dos herramientas que nos acercan la biotecnología para su aplicación in situ, minimizando los costes de transporte y tratamientos externos.

El tratamiento de efluentes vitivinícolas en humedales construidos.

La producción mundial de vino se estima en unos 250 millones de hectolitros anuales, situándose el 60% en Europa. La generación de aguas residuales constituye uno de los problemas ambientales más urgentes a nivel local (Masi *et al.*, 2015). Durante el procesamiento de la uva y la elaboración del vino se generan entre 0,4 y 4 litros de agua residual por litro de vino, con una carga orgánica de 5-10 g DQO (demanda química de oxígeno) por litro de vino. Esta carga orgánica incluye azúcares, alcoholes, ácidos, polifenoles, taninos y lignina, entre otros. En las bodegas se generan aguas residuales con una alta estacionalidad (el 60% de la carga orgánica aparece durante la vendimia y las semanas siguientes), alta concentración en materia orgánica (DQO, DBO5), partículas en suspensión (SS), y pH bajo (Tabla 1). El contenido en nutrientes es variable

damente en humedales construidos, incluyendo sistemas híbridos (Masi *et al.*, 2015).

En las dos últimas décadas, los humedales construidos ganaron aplicabilidad en una amplia gama de efluentes, incluyendo aquellos procedentes de la industria petroquímica, la industria alimentaria (procesado de carne, lácteos, frutas y otros vegetales), industrias forestales, industria vitivinícola y destilerías, textil, curtido, acuicultura, industrias de acabados metálicos o de minería, entre otros (de la Varga *et al.*, 2016). La aplicación en efluentes vitivinícolas se inició sobre el año 2000 (Masi *et al.*, 2015) y, ya en 2008, Galicia tuvo una de las primeras instalaciones aplicadas a nivel real (Serraño *et al.*, 2011).

En la Figura 1 se presentan dos ejemplos de instalaciones, si bien existen muchas otras configuraciones posibles (Masi *et al.*, 2015). Debido a la elevada carga de estos efluentes, es habitual el uso de sistemas en múltiples etapas que combinan humedales de flujo subsuperficial vertical y horizontal o superficial, pudiendo incluir áreas pensadas para la recreación paisajística y la vida de la fauna acuática.

Tabla 1. Características de las aguas residuales de bodega (Masi *et al.*, 2015)

Parámetro	Mínimo	Máximo	Media	Límite de vertido
DQO (mg/L)	340	49.103	14.570	120-160
DBO5 (mg/L)	181	22.418	7.071	20-40
SS (mg/L)	190	18.000	1.695	35-80
pH	3,5	7,9	4,9	6-8
Nitrógeno (mg N/L)	2,9	364	26	15-35

DQO: Demanda Química de Oxígeno, DBO5: Demanda Biológica de Oxígeno, SS: Sólidos en Suspensión

pero por lo general bajo. Los tratamientos convencionales como los lodos activados y otros sistemas presentan dificultades debido a la alta estacionalidad y elevada concentración de estos efluentes (Pretuccioli *et al.*, 2002), que por el contrario están siendo tratados adecua-

La instalación de Pazo de Señoráns. Esta instalación (Figura 1B) fue construida en 2008 dentro de un proyecto de investigación llevado a cabo por el Grupo de Ingeniería Química Ambiental (EnQA) de la Universidad de A Coruña y financiado por la Consellería de In-

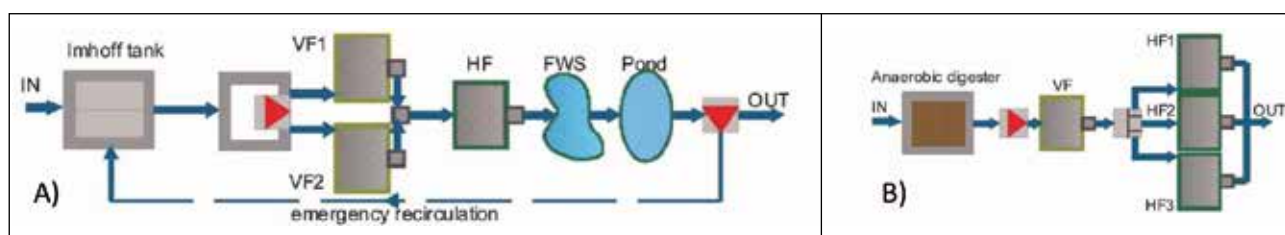


Figura 1. Ejemplos de instalaciones de depuración de aguas residuales vitivinícolas basadas en humedales construidos (Masi *et al.*, 2015): A) bodega Ornellaia, Bolgheri (Leghorn, Italia). B) bodega Pazo de Señoráns, Meis (Pontevedra, España). Esta última consta de un digestor anaerobio hidrolítico, un humedal de flujo vertical (VF) y por último un humedal de flujo horizontal (HF).

dustria e Innovación (Xunta de Galicia). En ese momento eran muy escasos los estudios científicos acerca de este tipo de tratamientos, así como las aplicaciones a escala real existentes. La acidez, el bajo contenido en nutrientes, la elevada concentración orgánica, la presencia de sustancias fitotóxicas y los riesgos de colmatación por sólidos en suspensión son las principales dificultades que presentaba el desarrollo de estas aplicaciones (Masi *et al.*, 2015).

De todas estas dificultades, la colmatación por sólidos se mostro como el principal problema en las instalación estudiadas hasta el momento. La instalación de Pazo de Señoráns solucionó esta problemática introduciendo un pre-tratamiento en cabecera consistente en un digestor anaerobio hidrolítico que tenía por objetivo hidrolizar y solubilizar la mayor parte de los sólidos en suspensión de tipo orgánico. El resultado fue muy positivo, pues el digestor anaerobio hidrolítico se mostro como un sistema muy sencillo, económico y eficaz en la reducción de la entrada de sólidos en suspensión a los humedales construidos. En las condiciones de aplicación, con un tiempo de retención hidráulica de 0,8 d, eliminó el 76% de los sólidos en suspensión sin generación de lodo que requiriese purga en el sistema.

Este tipo de digestores anaerobios hidrolíticos fueron desarrollados para el pre-tratamiento de aguas residuales urbanas, unos efluentes que pueden contener entre el 50 y el 70% de materia orgánica en forma particulada. El grupo de investigación EnQA jugó un papel importante en su desarrollo y posteriormente en su aplicación como pre-trata-

miento combinado con pos-tratamiento en humedales construidos de los efluentes urbanos (Álvarez *et al.* 2003, 2008a, 2008b). Son sistemas muy sencillos ya que consisten básicamente en un cilindro vacío, colocado de forma vertical, en el que el agua residual circula en sentido ascendente a través del manto de lodos que se forma por sedimentación, sufriendo un proceso de filtración e hidrólisis de la materia orgánica retenida. El tiempo de retención hidráulica de sólidos, la velocidad ascendente (y por tanto la relación altura/diámetro), la distribución del influente en la base del reactor, y la velocidad volumétrica de carga orgánica son las variables de mayor importancia a tener en cuenta en su diseño y operación, que a su vez está determinada por el tipo de agua residual, la concentración y la temperatura, ya que deben funcionar a temperatura ambiente. En el traslado de la experiencia previa en aguas residuales urbanas a efluentes vitivinícolas fue preciso prestar atención al efecto de la velocidad ascendente, ya que las partículas en suspensión de ambos efluentes muestran un comportamiento diferente entre sí (de la Varga *et al.* 2013a).

El proyecto de Pazo de Señoráns incluyó también el objetivo de comparar la capacidad de tratamiento de los humedales de flujo vertical y horizontal en este tipo de aguas residuales, un aspecto poco claro en la bibliografía publicada (Masi *et al.* 2015). Los resultados mostraron una clara superioridad de los humedales de flujo vertical (VF) para el tratamiento de este tipo de efluentes, ya que alcanzaron velocidades de carga eliminada de más de 10 veces a la de los humedales

de flujo horizontal (HF) y sin efecto negativo a elevadas velocidades de carga. Estudios de laboratorio permitieron contrastar que los humedales VF toleran bien los bajos pHs, en lo que se refiere a la eliminación de sólidos en suspensión y materia orgánica (DQO, DBO5), mientras que la caída de la eficacia en los humedales HF a velocidades de carga elevada (Figura 2) podrían deberse a la inhibición causada por los bajos pHs (de la Varga et al., 2013b).

la elevada concentración de estas aguas residuales. La integración paisajística en el medio rural (Figura 3) y los bajos costes de mantenimiento son los puntos fuertes de esta alternativa.

El compostaje de residuos orgánicos *in situ*.

En los últimos años se produjo un fuerte desarrollo e implantación del compostaje descentralizado y a pequeña escala. El auto-compostaje de los residuos domésticos a nivel da

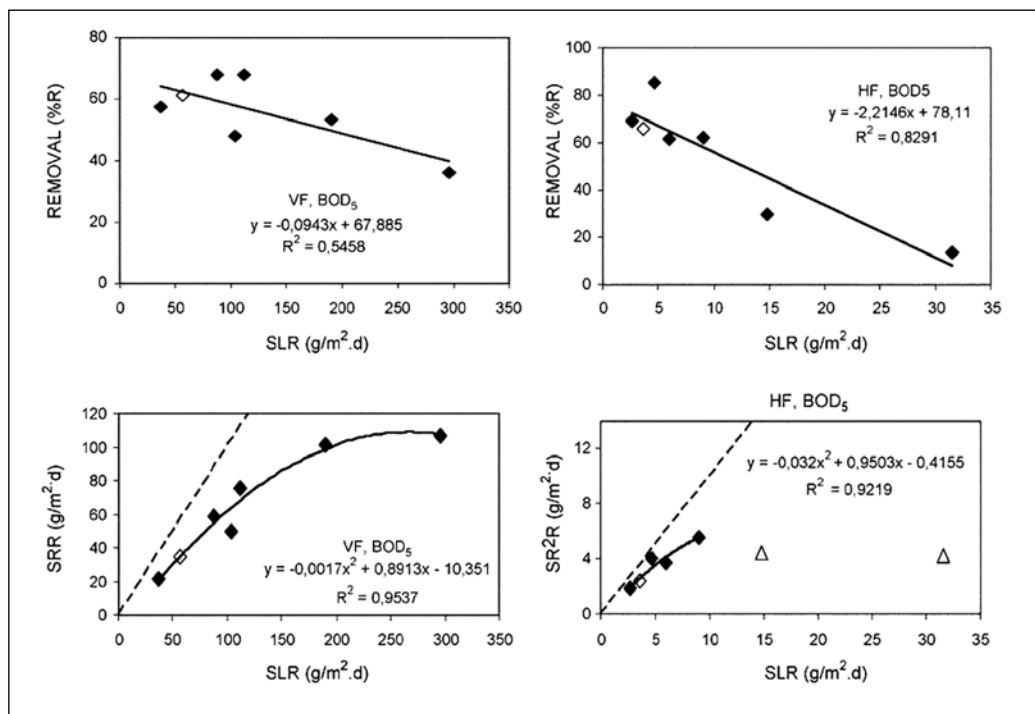


Figura 2. Velocidad de carga orgánica eliminada (g DBO₅/m².d) y porcentaje en cada etapa de la instalación de Pazo de Señoráns (VF: flujo vertical, HF: flujo horizontal) en función de la velocidad de carga superficial aplicada (SLR, en g DBO₅/m².d) (Serraño et al., 2011).flujo horizontal (HF).

Las conclusiones de este proyecto, que contó con un estudio continuado durante los primeros 3 años de funcionamiento, indican la idoneidad del digestor anaerobio hidrolítico en flujo ascendente como sistema de pre-tratamiento para evitar de forma eficaz la colmatación de los lechos filtrantes, y el potencial de los humedales de flujo vertical que superan velocidades de carga de 100 g DBO₅/m² con elevados porcentajes de depuración. El diseño de este tipo de sistemas requiere un tratamiento en al menos 2 etapas sucesivas, por

vienda es una práctica adoptada por más del 30% de la población en diferentes países, y también alcanzó un fuerte desarrollo en Galicia (Vázquez *et al.* 2017). La correcta separación en origen de estos y otros residuos orgánicos permite obtener un compost de elevada calidad, compatible con la fertilización orgánica en agricultura ecológica. Estas tecnologías están aplicándose a pequeña escala, como son los residuos de la hostelería, granjas y diferentes residuos de la industria agro-alimentaria (Vázquez *et al.* 2015a,b). El co-compostaje bus-

ca el aprovechamiento de las características propias de diferentes residuos para optimizar el proceso de compostaje y obtener un producto de mejor calidad.



Figura 3. Instalación de depuración de aguas residuales de la bodega Pazo de Señoráns (Meis, Pontevedra), durante la construcción y tras el crecimiento de juncos y carrizos.

La industria vitivinícola genera entre 2 y 3 millones de Tm/año de residuos y sub-productos en España, de los que el 80-85% son residuos orgánicos, incluyendo lodos de de-

puración que precisan de tratamientos específicos, ollejos, lías y restos de poda.

Ruggieri *et al.* (2009) estudiaron el compostaje de restos de poda de la viña triturados, y el co-compostaje de estos mezclados con lodos de depuración de las aguas de la bodega, obteniendo resultados muy positivos, tras un proceso termofílico, con reducciones de masa y volumen de cerca del 50% y obteniendo compost estable con un elevado valor agronómico.

El análisis económico indicó que el compostaje in-situ es económicamente viable frente al tratamiento externo, permitiendo recuperar la inversión necesaria en un período de 4,9 años. Un análisis del ciclo de vida mostró que el compostaje in-situ de la mezcla de restos de poda y lodos fue la opción con un balance ambiental más positivo, incluso frente a el compostaje en planta o externo. Cuando se tienen en cuenta los impactos evitados por el vertido de residuos y la fabricación de fertilizantes que son substituidos por el compost obtenido, el compostaje in situ presenta el mejor comportamiento en 8 de las 10 categorías de impacto y reduce fuertemente el impacto en comparación con el uso de fertilizantes químicos. Los autores (Ruggieri *et al.* 2009) concluyen que existe un elevado potencial para el aprovechamiento de los residuos orgánicos

por compostaje, dentro de parámetros de viabilidad económica, cerrando el ciclo de la materia orgánica y reduciendo el impacto ambiental.

Humedales para la mineralización de lodos. Una nueva línea de investigación en la que participa SEDAQUA, con dos proyectos en marcha (Wetwine y Uvatec) proponen la utilización de humedales artificiales para el tratamiento, deshidratación y mineralización de los lodos producidos en el tratamiento

de las aguas residuales de bodegas y destilerías. Se pretende el secado natural in situ de los lodos en humedales, ahorrando los costes energéticos, de gestión y transporte de estos lodos, y obtener un fertilizante natural que cierra el ciclo en la propia bodega.

Referencias

- ÁLVAREZ, J.A., ZAPICO, C.A., GÓMEZ, M., PRESAS, J., SOTO, M. (2003). Anaerobic Hydrolysis of a Municipal Wastewater in a Pilot Scale Digester. *Wat. Sci. Technol.* 47(12), 223-230.
- ÁLVAREZ, J. A., RUIZ, I., SOTO, M. (2008). Anaerobic digesters as a pretreatment for constructed wetlands. *Ecological Engineering* 33(1), 54-67.
- ÁLVAREZ, J.A.; ARMSTRONG, E.; GÓMEZ, M. AND SOTO, M. (2008). Anaerobic Treatment of Low-Strength Municipal Wastewater by a Two-Stage Pilot Plant under Psychrophilic Conditions. *Bioresource Technology* 99(15), 7051-7062.
- PETRUCCIOLI, M., DUARTE, J.C., EUSEBIO, A., FEDERICI, F. (2002). Aerobic treatment of winery wastewater using a jet-loop activated sludge reactor. *Process Biochemistry* 37: 821-829.
- SERRAÑO, L., DE LA VARGA, D., RUIZ, I. E SOTO, M. (2011). Winery Wastewater Treatment in a Hybrid Constructed Wetland. *Ecological Engineering* 37, 744-753.
- MASI, F., ROCHEREAU, J., TROESCH, S., RUIZ, I., SOTO, M. (2015). Wineries wastewater treatment by constructed wetlands: a review. *Water Science and Technology* 71(8), 1113-1127.
- RUGGIERI, L., CADENA, E., MARTÍNEZ-BLANCO, J. GASOL, C.M., RIERADEVALL, J., GABARRELL, X., GEA, T., SORT, X., SÁNCHEZ, A. (2009). Recovery of organic wastes in the Spanish wine industry. Technical, economic and environmental analyses of the composting process. *Journal of Cleaner Production* 17 (9), 830-838.
- DE LA VARGA, D., DÍAZ, A., RUIZ, I., SOTO, M. (2013a). Avoiding clogging in constructed wetlands by using anaerobic digesters as pre-treatment. *Ecological Engineering* 52: 262- 269
- DE LA VARGA, D., RUIZ, I., SOTO, M. (2013b). Winery Wastewater Treatment in Subsurface Constructed Wetlands with Different Bed Depths. *Water Air Soil Pollut* 224:1485-1497.
- DE LA VARGA, D., SOTO, M., ARIAS, C.A., VAN OIRSCHOT, D., KILIAN, R., PASCUAL, A., ÁLVAREZ, J.A. (2016). Constructed wetlands for industrial wastewater treatment and removal of nutrients. *En Val, A. Campos, J.L. Mosquera, A. (Ed.). Technologies for the Treatment and Recovery of Nutrients from Industrial Wastewater*. IGI Global, Hershey PA (USA), 202-230.
- VÁZQUEZ, M.A., SEN, R., SOTO, M., 2015a. Physico-chemical and biological characteristics of compost from decentralised composting programmes. *Bioresour. Technol.* 198, 520-532.
- VÁZQUEZ, M.A., DE LA VARGA, D., PLANA, R., SOTO, M. (2015b). Integrating liquid fraction of pig manure in the composting process for nutrient recovery and water re-use. *Journal of Cleaner Production* 104, 80-89.
- VÁZQUEZ, M., SOTO, M. (2017). The efficiency of home composting programmes and compost quality. *Waste Management* 64 (2017) 39-50.

As adegas e o ambiente: Gestão e tratamento de água e efluentes vinícolas na Região Demarcada do Douro

Pirra, A.^{1,2}; Braga, F.²; Semitela, S.¹; Lucas, M.S.¹ e Peres, J.A.¹

¹Centro de Química de Vila Real (CQVR)

²Departamento de Agronomia; Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD)
Apartado 1013; 5001-801 Vila Real, Portugal; Correio eletrónico: apirra@utad.pt

Fotografias: **António Pirra**

Resumo

A Região Demarcada do Douro (RDD), situada no Norte de Portugal, é a região vitivinícola demarcada e regulamentada mais antiga do mundo, sendo que o Alto Douro Vinhateiro (ADV), que corresponde à área mais representativa e melhor conservada da RDD, se encontra inscrito na lista do Património Mundial da UNESCO.

Contudo esta região apresenta também alguns problemas específicos de produção de carga poluente e necessidades específicas de tratamento de efluentes, provocados pela indústria vitivinícola, fileira dominante e praticamente exclusiva. Ressalta, assim, o interesse em efetuar o estudo dos consumos de água e das condições em que são gerados os Efluentes Vinícolas (EV), da sua caracterização físico-química e da variabilidade da sua produção.

Palavras-chave: Adegas; Poluição de água; Consumo de água; Efluente vinícola; Gestão da água; Douro; CQO; CBO_5 ; SST.

Introdução

“É necessário utilizar muita água para fazer um bom vinho”. Este velho adágio é testemunha dos imperativos de higiene na elaboração do vinho. As águas de lavagem utilizadas resultantes das diversas operações que se realizam na adega (efluentes) são fontes potenciais de poluição, mesmo que se considerem apenas os constituintes naturais das uvas e do vinho. Com efeito a matéria orgânica presente nos efluentes vinícolas (EV), assim que chega ao meio receptor, inicia a sua degradação dando início a uma rápida multiplicação de microrganismos que usam o oxigénio dissolvido, introduzindo perturbações no equilíbrio biológico dos cursos de água.

A fileira vitivinícola, como todos os outros sectores, deve minimizar o seu impacto ambiental, adaptando as tecnologias de produção aos constrangimentos ambientais (redução dos consumos de água e da quantidade de efluentes) e introduzindo sistemas de tratamento de efluentes eficientes, adaptados às especificidades das adegas, nomeadamente no que respeita à sua pequena e média dimensão e escassez de mão-de-obra especializada na área dos efluentes.

Do ponto de vista regulamentar, o ambiente é um domínio em constante evolução. As indústrias tidas como mais poluentes (química, siderúrgica, etc.), foram as primeiras a ser visadas pela política ambiental. O sector agro-alimentar foi também desde cedo abrangido por esta lógica, mas a poluição originária nas adegas e as suas consequências no meio onde se inserem

são frequentemente subestimadas. Para além dos aspectos legislativos, a tomada de consciência da necessidade de protecção do ambiente faz parte das novas preocupações sociais e, neste caso particular, contribuem para uma nova imagem da fileira vitivinícola e do seu produto final: o vinho.

Tradicionalmente o tratamento dos Efluentes Vinícolas das pequenas adegas não era uma importante fonte de preocupação, pois apesar destes serem muito mais poluentes que os efluentes urbanos, originavam pequenos focos de poluição muito dispersa, sem grande impacto ao nível regional. Contudo, nas últimas décadas, assistiu-se à concentração da produção em algumas grandes adegas, frequentemente cooperativas, com o consequente aumento exponencial do impacto destas sobre o meio ambiente onde se inserem.



Tratamento de efluentes vinícolas por armazenamento arejado.

Estas adegas de média/grande dimensão começam nos últimos anos a dar maior atenção ao destino dos seus efluentes e resíduos sólidos, situação que se deve por um lado à maior sensibilidade ambiental e ao

maior interesse dos proprietários, motivados pela aumento da fiscalização e consequente aplicação de coimas e, por outro lado, ao aumento de conhecimento e preparação técnica dos responsáveis da adega na área dos efluentes. Esta questão assume, por isso, importância relevante dada a legislação em vigor, particularmente o Decreto-lei n.º 236/98 de 1 de Agosto e Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro (Directiva Quadro da Água).

A vinificação e a produção de Efluentes Vinícolas (EVs) A noção de efluente e a sua gestão são conceitos muito recentes na fileira vitivinícola. Durante muitos anos, esta fileira dava ênfase sobretudo aos aspectos enológicos e higiénicos das adegas, sem dúvida factores indispensáveis à qualidade dos vinhos. Recentemente, com o aumento das preocupações ambientais e a introdução do princípio do poluidor-pagador, progressivamente o tratamento dos efluentes passou a integrar a concepção e o projecto das adegas.

A partir dos anos noventa, o tratamento de efluentes das adegas passou a ser uma preocupação importante das adegas, apesar dos seus

efluentes serem altamente poluentes (cerca de 10 a 100 vezes mais poluentes que os efluentes urbanos), e poderem conduzir a uma situação de poluição generalizada dos solos e dos pequenos cursos de água em algumas regiões. Estima-se que em Portugal sejam produzidos EV com uma carga poluente equivalente à gerada por cerca de 2 milhões de habitantes.

O impacto negativo dos EV sente-se quer ao nível da poluição dos cursos de água na proximidade das adegas, pela falta generalizada de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) individuais adequadas, quer provocando mau funcionamento das ETAR municipais, vocacionadas para o tratamento de efluentes domésticos, muito menos poluentes e de composição muito diferente dos efluentes vinícolas.

De forma geral, os EV englobam todos os líquidos resultantes de lavagens na adega. São compostos principalmente por água, açúcares, álcool, ácidos orgânicos e polifenóis e, em menor grau, por detergentes e desinfectantes. Entendem-se por subprodutos vinícolas os bagaços e engaços, as borras e fundos de cuba e os resíduos de filtração e destararização que, sempre que possível, devem ter um tratamento diferenciado dos EV,

quer através da recuperação dos taninos e do ácido tartárico, quer através da gestão como resíduos sólidos. Estima-se que uma adega produza cerca de 1,3 a 1,5 kg de resíduos por cada litro de vinho produzido, sendo 75% EV, 25% subprodutos de vinificação (em média 0,32 kg L⁻¹ de vinho) e 1% de resíduos sólidos.

A indústria vitivinícola é caracterizada por elevados consumos de água em etapas específicas do processo de vinificação. Em geral, consumos mé-



Tratamento de efluentes vinícolas por lamas ativadas.

dios de 1 a 3 L água/L de vinho produzido são frequentes, no entanto, estes são bastante variáveis, dependendo da dimensão da adega, dos processos e tecnologias de vinificação empregues, e das regiões consideradas. Estes efluentes apresentam uma carga poluente (medida em CQO) da ordem dos 10 g L⁻¹. A produção de EV é muito sazonal, variando significativamente em termos de carga e volume produzidos ao longo do ano, em função da fase do ciclo produtivo (época alta: vindimas e trasfegas; época baixa: engarrafamento e limpezas), do tipo de vinho (tinto, branco, espumante...) e dos métodos de vinificação empregues na sua produção. Esta sazonalidade complica de sobremaneira o funcionamento normal de uma ETAR.

O Impacto dos efluentes no meio ambiente

A poluição define-se como uma modificação físico-química ou microbiológica do ecossistema natural, que lhe provoca desequilíbrio, e que é susceptível de criar perigo ou dano nos organismos vivos, levando à degradação rápida do meio. Os EV são ricos em matéria orgânica, são ácidos e contêm diferentes microrganismos, essencialmente leveduras e bactérias. Assim que são descarregados no meio natural (num riacho, por exemplo), a matéria orgânica é degradada pelos microrganismos, que consomem o oxigénio presente na água, indisponibilizando-o para a fauna em geral (nomeadamente invertebrados e peixes).

Paralelamente, os elementos nutritivos (azoto, carbono, fósforo, etc.) são utilizados pelas algas microscópicas para se multiplicarem, o que em conjunto com um elevado número de sólidos em suspensão, ocasiona turvação do meio: a luz solar deixa de chegar às plantas aquáticas fotossintéticas, e estas deixam de renovar o oxigénio dissolvido na água (eutrofização). Nos casos mais graves o empobrecimento do meio em oxigénio conduz à morte das plantas e dos peixes por asfixia e à anaerobiose, com a consequente libertação de substâncias tóxicas e odores desagradáveis.

A poluição pelos EV deve-se a um conjunto de factores que provocam alterações no meio, e que podem actuar isoladamente ou em acumulação, como sejam modificações de pH, alterações de temperatura, alteração da limpidez, introdução de produtos nocivos ou tóxicos ou introdução de carga orgânica. É importante salientar que o impacto dos EV no meio natural está frequentemente ligado a um efeito de concentração orgânica e muito menos ao seu efeito tóxico. O pico de produção de carga poluente (vindima) coincide com o período de estiagem (final do verão), em que os caudais dos rios e ribeiras são menores, o que agrava o impacto sobre o meio ambiente.

O trabalho desenvolvido na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD)

Nas últimas décadas assistiu-se à concentração da elaboração em grandes adegas, com o consequente aumento do impacto ambiental dos EV gerados. Esta agro-indústria tem actividades sazonais ao longo do ano, produzindo cada uma delas efluentes com diferentes características qualitativas e quantitativas, em função do modo de laboração, do tipo de vinho produzido, do consumo de água, da tecnologia utilizada e da dimensão da instalação.

A racionalização de recursos e custos, a actualidade, a premência e a concorrência tornam premente a realização de um estudo sistemático da produção e tratamento dos EV, centrado numa região onde a vitivinicultura tem um inegável interesse socio-económico e ambiental como é a RDD, que enfrenta desafios ambientais importantes, de modo a que possam ser conhecidas as condições em que são geradas as emissões líquidas das adegas e se estabeleçam as suas condições de tratamento

É na resposta a estas necessidades que surgem uma série de trabalhos académicos de Doutoramento e Mestrado na UTAD, bem como diversos projetos de IDE (cujo exemplo mais recente é o INNOVINE & WINE), que visam acompanhar a produção e a gestão dos

EV nas adegas, particularmente no que concerne à sua caracterização, planeamento da adega e processos de tratamento correntemente utilizados, aprofundando a caracterização e o estudo da tratabilidade dos EV, através da adopção de diversas estratégias para o planeamento e otimização do seu tratamento.

multiplicados por um factor 2-3, nas adegas mais pequenas, ou até por 5, nas de maior dimensão. O consumo de água neste período corresponde a cerca de 35-50% do total anual. Fora deste período de ponta, o consumo tem uma evolução mais regular, apresentando, no entanto, alguns picos dispersos, correspondentes a operações pontuais.



Tratamento de efluentes vinícolas por lamas ativadas.

Conclusões preliminares

De forma geral verifica-se que existem claramente duas épocas distintas no que respeita ao consumo de água/volume de efluentes produzido: uma época baixa (de Novembro a Agosto, senso lato), com consumos reduzidos, e uma época alta correspondendo ao período de vindimas/primeiras trasfegas (Setembro e Outubro), período em que os consumos são

O volume médio de produção de efluentes é extremamente variável e sazonal em função da dimensão e da fase do ciclo produtivo em que a adega se encontra, oscilando entre 1,29 e 95,67 m³ dia⁻¹ (tanto mais elevado quanto maior a adega), com um valor médio de 21,3 m³ dia⁻¹. A produção específica de efluentes variou entre 1,3 e 3,0 L água L vinho⁻¹ (sendo maior nas adegas de menor

dimensão), com um valor médio de 1,95 L água L vinho⁻¹.

Os ensaios efectuados permitiram concluir que os EV da RDD apresentaram uma carga poluente extremamente variável, entre 0,06 e 71,8 g CQO L⁻¹, com um valor médio na ordem dos 11,8 g CQO L⁻¹. O teor em sólidos suspensos oscila entre 0,01 e 18,6 g SST L⁻¹ com uma média de 2,29 g SST L⁻¹; o teor de SSV oscila entre 0,02 e 13,8 g L⁻¹ com uma

média de 1,74 g L⁻¹ e o pH oscila entre 3,5 e 12,1, com um valor de tendência de 6,7.

Conclui-se, portanto, que as adegas mais pequenas e que vinificam maioritariamente vinhos de mesa tintos apresentam efluentes muito mais poluentes, com um teor de sólidos em suspensão muito mais elevado e mais ácidos do que as adegas maiores e que vinificam maioritariamente vinho do Porto.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Projeto INNOVINE & WINE - Vineyard and Wine Innovation Platform. NORTE-01-0145-FEDER-000038. Projeto cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do NORTE 2020 (Programa Operacional Regional do Norte 2014/2020).

Algumas referências bibliográficas

- JOURJON, F.; RACAULT, Y.; ROCHARD, J. (2001), Effluents vinicoles: gestion et traitements. Editions Féret, Bordeaux.
- LUCAS, M.S.; MOUTA, M.; PIRRA, A.; PERES, J.A. (2009), Winery wastewater treatment by a combined process: long term aerated storage and Fenton's reagent. Winery 2009 - 5th International Specialized Conference on Sustainable Viticulture: Winery Waste and Ecologic Impacts Management, Trento and Verona, Italy.
- PIRRA, A. (2005). Tratamento de Efluentes Vinícolas da Região Demarcada do Douro. Tese de Doutoramento apresentada na UTAD. Vila Real, 296 pp.
- PIRRA, A. (2008). Manual de Boas Práticas Ambientais na Adega. APHVIN-GHEVID. Porto, 231 pg.
- PIRRA, A.; ARROJA, L.; CAPELA, M. (2004). Winery effluents aerobic treatability in the Port Wine Region. International symposium of the CIGR. Universidade de Évora.
- PIRRA, A.; BIANCHI-DE-AGUIAR, F.; ARROJA, L.; CAPELA, I. (2006). "Winery effluents from região Demarcada do Douro". In XXIX Congreso Mundial de la Vina e del Vino". OIV, Logroño, Espanha.
- PIRRA, A.; BIANCHI-DE-AGUIAR, F.; ARROJA, L.; CAPELA, I. (2008). "Winery effluents treatment in the Port Wine Region". 2nd International Congress on Mountain and Steep Slope Viticulture. CERVIM, Espanha.

Aprovechamiento agronómico de los lodos de depuradora

La aplicación como fertilizante de fangos
en terrenos agrícolas supone una alternativa
rentable para el agricultor y soluciona
el problema de su eliminación

Texto: **José Ignacio Fernández Alcázar**, Sección de Estadística y Estudios,
Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Gobierno de La Rioja
Fotografías: **Ch. Díez**

¿Qué son?

Los lodos de depuradora son productos generados en el tratamiento de depuración de las aguas residuales urbanas, domésticas y de industrias agroalimentarias, incluyendo también los fangos producidos en fosas sépticas.

La Rioja cuenta con 175 instalaciones de tratamiento de depuración de aguas, de las cuales 79 son EDAR (Estación de depuración de aguas residuales) y 96 corresponden a fosas sépticas. Según los datos proporcionados por el Consorcio de Aguas y Residuos, en el año 2016, se generaron en La Rioja 38.000 toneladas de lodos en materia húmeda que han sido el equivalente a 5.600 toneladas en materia seca. Estas cantidades originadas son un problema para la sociedad riojana a la hora de gestionarlas y eliminarlas. Según la normativa, el destino de estos materiales residuales puede ser:

- Aplicación directa en agricultura
- Compostaje
- Transporte a vertedero controlado

En nuestra región, el principal destino de los fangos de las estaciones de depuración es su utilización directa para uso agrario y el porcentaje que se composte sobre el total es de momento solo un 6%, con la idea de que cada año se vaya aumentando este porcentaje (gráfico 1).



Las cantidades generadas de lodo procedentes de procesos de depuración de aguas se han mantenido uniformes durante estos últimos años en La Rioja, como puede observarse en los datos aportados en el cuadro 1.

La EDAR de Logroño recoge las aguas residuales de los municipios del medio y bajo Valle del Iregua. Los fangos producidos por esta depuradora suponen la tercera parte en húmedo de los lodos de depuradora de La Rioja y un 40% si los convertimos a toneladas de materia seca (cuadro 2). Las depuradoras que retiran los lodos con menor proporción de humedad son las de Logroño, Calahorra y Haro y, entre ellas, producen casi las dos terceras partes de los lodos transformados en materia seca de La Rioja.

Una de las particularidades de la EDAR de Logroño es que ha complementado su proceso de depuración de aguas con una planta de higienización de fangos, en la que también se llegan a alcanzar temperaturas en torno a los 70 °C, por lo que se eliminan los patógenos que pudieran suponer cualquier riesgo de contaminación.

Destino de los lodos

Cuando se depuran las aguas residuales urbanas se generan unos fangos que, tras su tratamiento en planta, producen lodos con un 80-85% de humedad, que pueden reciclarse para su uso en el sector agrario como enmienda orgánica y materia fertilizante, siempre que cumplan unas condiciones dentro de su composición, especialmente su contenido en metales pesados.

Si cumplen las condiciones para poder aplicarse en tierras con fines agrarios, entonces, los lodos salen de la depuradora y pueden ir directamente a unos contenedores y de allí se llevan a campo o son almacenados en unos silos con mayor capacidad de volumen para, posteriormente, descargarlos en el camión y transportarlos a la parcela donde se van a aplicar. Una vez en la parcela, se reparten con un esparcidor antes de que transcurran 20-30 días, tiempo máximo que pueden estar acu-

Cuadro 1. Evolución de la generación de residuos en forma de lodo de las EDAR

Año	Producción de lodos (t materia seca)	Producción de lodos (t en húmedo)
2010	5.335	33.140
2011	5.413	35.073
2012	5.585	37.198
2013	5.135	35.092
2014	5.227	33.346
2015	5.431	35.161
2016	5.566	38.039

Fuente: Consorcio de Aguas y Residuos de La Rioja.

en mi cultivo, deteriorando el suelo?, ¿no es raro que los lleven a la finca y me los esparzan sin pagar nada? Estas eran algunas de las preguntas que se hacían los agricultores. Hoy en día, después de los resultados conseguidos y el ahorro que supone aplicar este material fertilizante, existe lista de espera para poder utilizar estos lodos como enmiendas y abonos

Cuadro 2. Producción de lodos de las EDAR de mayor volumen de La Rioja

Municipio	Producción de lodos (t materia húmeda) Año 2016	% de los lodos producidos en La Rioja en mat. húmeda	Producción de lodos (t materia seca) Año 2016)	% de los lodos producidos en La Rioja en mat. seca	% sequedad
Logroño	12.628	33,2%	2.272	40,8%	18,0%
Calahorra	3.733	9,8%	726	13,0%	19,4%
Haro	2.644	7,0%	518	9,3%	19,6%
Alfaro	2.171	5,7%	376	6,8%	17,3%
Nájera	1.733	4,6%	266	4,8%	15,3%
Fuenmayor	1.610	4,2%	272	4,9%	16,9%
Arrúbal	1.411	3,7%	172	3,1%	12,2%
Aldeanueva	783	2,1%	128	2,3%	16,3%
Otros	11.326	29,8%	836	15,0%	7,4%
Total	38.039	100,0%	5.566	100,0%	14,6%

Fuente: Consorcio de Aguas y Residuos de La Rioja.

mulados en la finca. Aquí es donde acaba la labor del Consorcio, no sin antes solicitar al agricultor que los incorpore en el suelo mediante un pase de cultivador.

Por lo tanto, los lodos de depuradora solo pueden ser utilizados en la fertilización de tierras agrarias si se ha realizado un tratamiento previo mediante un procedimiento adecuado para que no exista ningún riesgo sanitario por su uso, y si además cumplen un requisito en cuanto a su composición.

Hace 15 años no era fácil aplicar los lodos de depuración en el campo riojano. El agricultor era muy reticente, ya que tenía muchas dudas sobre los lodos: ¿realmente serán buenos?, ¿si proceden de aguas residuales, no tendrán algún contaminante?, ¿presentarán problemas

en parcelas, con uso principal de cereal como cultivo más beneficiado.

En general, los suelos agrarios de La Rioja son pobres en materia orgánica, por ello es de gran interés el uso de productos con altos porcentajes en materia orgánica, como son el estiércol y los lodos de depuradora, para mejorar las propiedades físicas y biológicas del suelo y favorecer su capacidad de intercambio catiónico. Los lodos procedentes de depuradoras de aguas residuales de origen urbano gozan de un contenido alto en materia orgánica (M.O.), que varía entre el 40% y el 80%, dependiendo de su procedencia y del tratamiento realizado.

La principal limitación que pueden presentar los fangos de depuradora para su uso agrícola es su contenido en metales pesados



Esparcidor de lodos en una finca de cebada en Rioja Media.



Aplicación de lodos en una viña. / Consorcio de Aguas y Residuos de La Rioja.

(cadmio, cobre, níquel, plomo, cinc, mercurio y cromo). Sin embargo, en La Rioja, se vigila este aspecto de forma minuciosa y se puede afirmar que hasta la fecha no se ha dado ningún problema por concentración de elementos de metales pesados en los lodos. Esto se debe principalmente a que nuestra región no cuenta con industrias con actividades que puedan generarlos en cantidades suficientes para sobrepasar los contenidos en metales pesados permitidos por ley.

Los cultivos que reciben estas aplicaciones son principalmente cebada y trigo, algo de

viña y girasol. La mayor parte de los lodos son aprovechados por los cultivos cerealistas, cuya coyuntura económica lleva a que los márgenes de beneficios por hectárea sean mínimos, pero que, gracias a estas aportaciones de los fangos, amortiguan parte de los costes que debieran desviarse a la compra de abonos.

En viña, de media, se están aportando en torno a las 20-25 t de lodo y, en cereal, sobre las 40-50 t por hectárea. No se repite al año siguiente sobre la misma parcela, aunque se podría porque los contenidos de metales pesados en el fango son mínimos.

La mayor parte de las demandas de los lodos de depuradora tienen lugar durante los meses de septiembre a diciembre, antes de la siembra del cereal. En ocasiones, debido a las precipitaciones de otoño e invierno, la maquinaria no puede entrar en las parcelas para esparcir los lodos. Por ello, para las dos EDAR que más lodos generan (Logroño y Calahorra), se construyó una planta de almace-

namiento temporal en Ausejo para cubrir estos periodos en los que los lodos no se pueden echar en las fincas y acumular allí los residuos a la espera de que la humedad del suelo permita la entrada de maquinaria en las parcelas. Esta planta tiene una capacidad para almacenar unas 4.000 t de fangos, que, cuando la climatología lo permite, se aplican a parcelas cercanas con el fin de ahorrar en transporte. La planta, con una superficie de 4.500 m², presenta tres departamentos que se gestionan de forma independiente, con sus caídas de lixiviados en tres balsas de recogida separadas.

Cuadro 3. Datos de los análisis químicos de los lodos de depuradora

	EDAR LOGROÑO	EDAR CALAHORRA	Valores límite. Suelos pH>7
Humedad %	81,90%	81,80%	
pH - 1/5 (en agua)	7,8	7,5	
Materia orgánica (% s.m.s.)	68,30%	68,60%	
Relación C/N	6,2	5,9	
Nitrógeno (% N s.m.s.)	6,41%	6,71%	
Fósforo (% s.m.s.)	3,65%	2,95%	
Potasio (% s.m.s.)	0,35%	0,36%	
Cadmio (p.p.m. s.m.s.)	1,04	0,87	40
Cobre (p.p.m. s.m.s.)	260	352	1.750
Niquel (p.p.m. s.m.s.)	45	40	400
Plomo (p.p.m. s.m.s.)	79,1	41,6	1.200
Cinc (p.p.m. s.m.s.)	2.391	934	4.000
Mercurio (p.p.m. s.m.s.)	0,997	0,597	25
Cromo (p.p.m. s.m.s.)	174	51	1.500

La aplicación de los lodos de depuradora en nuestros campos ayuda a aumentar el contenido en materia orgánica de los suelos, además de aportar nutrientes necesarios para los cultivos, principalmente nitrógeno. Con ello se consigue disminuir el empleo de abonos químicos, con la reducción de costes que ello conlleva, ya que, actualmente, tanto los lodos como el transporte y su posterior reparto no tienen ningún coste para el agricultor. Además, estos lodos procedentes de materia orgánica también presentan la ventaja de amortiguar la contaminación por nitratos de las aguas subsuperficiales, ya que la liberación del

nitrato se realiza de forma más progresiva que en los abonos químicos.

El fango que sale de las EDAR se analiza como mínimo cada tres meses y se ha observado que las analíticas de lodos son muy estables a lo largo del tiempo.

Los análisis de los lodos generados en La Rioja (ver cuadro 3) presentan riquezas medias de nitrógeno del 6% sobre materia seca, en fósforo del 3% y en potasio del 1%. Es importante conocer la relación C/N de los lodos generados, ya que si es menor de 20,

es mayor la velocidad de descomposición; y si la relación C/N es superior a 20, el proceso de descomposición es lento, lo que provoca cierta inmovilización de N. En los lodos generados en las EDAR de Logroño y Calahorra, la relación se encuentra en torno a 6.

Si se tiene en cuenta la concentración de metales pesados en los lodos (principalmente el cinc), la cantidad de lodo a aplicar no debería sobrepasar las 200 t de materia húmeda por hectárea; sin embargo, esta cantidad está lejos de las 40-50 t/ha que se aplican por término medio en los cultivos de cereal, calculadas en base a sus necesidades de nitrógeno.

Trámites que debe seguir un agricultor para la aplicación de lodos

1. El agricultor muestra a la EDAR su interés por utilizar lodos de depuradora para aplicar como fertilizantes en fincas de su explotación
2. Se le mantiene en lista de espera
3. Se recoge una muestra del suelo de la parcela a aplicar y se analiza
4. El técnico realiza un cálculo de la dosis a aplicar
5. Se transportan los lodos a la finca y se depositan en un montón (no más de tres semanas)
6. Se esparcen los lodos homogéneamente en la finca
7. El agricultor labra la parcela para envolver los lodos con el suelo
8. El agricultor debe conservar toda la documentación aportada por la EDAR (cantidad aplicada, analíticas, etc.) para el cumplimiento de la condicionalidad y que, en caso de control, no se vean reducidas las ayudas que percibe de la PAC

Compostaje

En La Rioja coexisten dos plantas de compostaje de lodos de depuradora ubicadas en las EDAR de Calahorra y de Nájera, y su destino final es el empleo en cultivos de invernadero, huertos, parques y jardines. Con el compostaje se pretende acelerar el proceso de fermentación de la materia orgánica de forma controlada, así se obtiene un producto orgánico estabilizado que se usa como enmienda orgánica y fertilizante. La duración del proceso de compostaje es de alrededor de 6 meses.

En el compostaje, a los lodos deshidratados se les añade un estructurante a base de paja de cereal y restos de podas de los jardines, para que la mezcla esté oxigenada y favorecer así una estabilización del lodo mediante la descomposición aerobia, alcanzando el producto temperaturas cercanas a los 75°C. De esta forma, se consigue la eliminación de cualquier riesgo sanitario por patógenos, logrando un compost de calidad.

El fango revuelto con el estructurante se coloca en pilas de unos tres metros de altura y se va mezclando una vez a la semana con una volteadora. De forma continua se miden los parámetros de humedad y temperatura.

El proceso de maduración dura entre 2-3 meses, y la mezcla aporta ácidos fúlvicos que son los que dan la calidad al compost elaborado.

Por último, se criba el compost con una tamizadora que retira la parte estructurante, que posteriormente vuelve a ser reutilizada en el proceso.

Los compost que salen de estas plantas son de clase B (Nájera) y clase C (Calahorra). Esta clasificación se realiza en función de su contenido en metales pesados. Según el anexo V del Real Decreto 824/2005 sobre productos fertilizantes, el compost de clase C no puede aplicarse sobre suelos agrícolas en dosis superiores a 5 toneladas por hectárea y año, por eso la mayoría de este producto es utilizado para parques y jardines. Uno de los objetivos planteados a corto plazo por la EDAR de Calahorra es conseguir elaborar compost de clase B.

Con la aplicación del compost a los suelos se mejoran las propiedades físicas y ayuda a aumentar la actividad microbiana beneficiosa para el suelo y las plantas, además de aportar nutrientes que se liberan lentamente, reduciendo posibles problemas de lixiviación de nitrógeno que puedan presentarse, sobre todo en zonas designadas como vulnerables por la concentración de nitratos en aguas subterráneas.



Proyecto Phorwater

El proyecto PHORWater, enmarcado dentro del programa de financiación LIFE+ de la Unión Europea, busca concienciar a la sociedad del problema medioambiental del fósforo y promover su recuperación en los tratamientos de aguas residuales.

El proyecto se ha llevado a cabo en la EDAR de Calahorra. En PHORWater, el fósforo presente en el agua afluente a las EDAR es eliminado biológicamente del agua, concentrado en los lodos generados y, luego, extraído de los fangos para su recuperación como estruvita mediante cristalización. Posteriormente, se va a evaluar la posible salida comercial que tiene el producto obtenido como fertilizante agrícola. La estruvita es un fosfato de magnesio y amonio que se puede utilizar como abono de liberación lenta, con una concentración de unidades de fertilizante de 5-28-0 (10 Mg).

Con este proyecto de investigación se espera:

- Optimizar el proceso de eliminación biológica de fósforo en la línea de aguas de la EDAR.
- Recuperar el fósforo eliminado en la línea de aguas como estruvita mediante el desarrollo de un reactor de cristalización.
- Aumentar la disponibilidad de fósforo para uso agrícola.
- Dar una solución al problema medioambiental del fósforo disminuyendo la cantidad de fósforo vertido y los problemas de eutrofización asociados, obteniendo una fuente alternativa de fósforo que permita reducir su extracción mineral.

Ahorro en fertilización

Uno de los principales beneficios que reporta al agricultor el empleo de lodos de depuradora en sus cultivos es el económico, ya que puede ahorrarse prácticamente la totalidad del gasto que realiza en fertilización mineral.

Si tomamos como ejemplo una hectárea de cultivo de cebada, se observa que la partida económica dedicada a los fertilizantes supone casi el 30% de los gastos totales (gráfico 2). Para producciones entre 4.000 y 5.000 kg/ha, el gasto total se encuentra en torno a los 210 €/ha, a lo que hay que añadir el coste de las labores con la abonadora.

Para ver si el empleo de lodos de depuradora como abonado de fondo cubre las exigencias nutritivas totales de un ciclo de cultivo de cebada, lo primero que debemos conocer son las extracciones en nitrógeno, fósforo y potasio. En cebada los requisitos medios son los siguientes:

Rendimiento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Kg por 4.500 kg de grano	135	67,5	90
Kg por 9.000 kg de lodo	135	270	90

Por otro lado, la riqueza media de los lodos secos de depuradora es de 6% de N, 3% de P₂O₅ y de cerca del 1% de K₂O. Partimos del supuesto que se aplican 45.000 kg de lodos al 80% de humedad, el equivalente a 9.000 kg de lodo seco por hectárea. Las aportaciones de estos lodos en unidades fertilizantes son:

Rendimiento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Kg por 100 kg de lodo	6	3	1
Kg por 9.000 kg de lodo	540	270	90

El nitrógeno orgánico presente en los fangos de depuradora se va liberando paulatinamente durante el ciclo de cultivo de los cereales. Se estima que el primer año se mineraliza el 25% del N (540 kg de N/ha x 25% = 135 UF de N/ha). Si enfrentamos las extracciones con

las aportaciones obtenemos los siguientes resultados:

Rendimiento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Kg por 1.000 kg de grano	30	15	20
Kg por 4.500 kg de grano	135	67,5	90

Por lo tanto, como se puede ver reflejado en el cuadro, en los cultivos cerealistas es factible la sustitución total de abonos de procedencia química por los lodos de depuradora, ya que las necesidades de nitrógeno, fósforo y potasio requeridas por el cultivo de cebada quedarían más que cubiertas. Además, el agricultor también se ahorra las operaciones que debe realizar con la abonadora en las fertilizaciones minerales (un abonado de fondo y un abonado de cobertera) debido a que la distribución de los lodos de depuradora en la parcela corre a cargo del Consorcio de Aguas y, por otro lado, con el uso de abonos químicos se debe añadir una labor adicional por el abonado de cobertera.

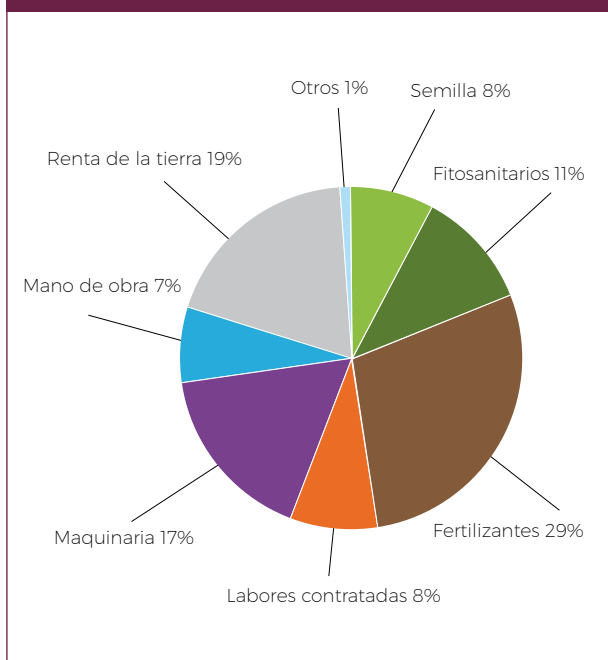


Los fangos son trasladados a la parcela y distribuidos sin coste para el agricultor.



Además de fertilizar, los fangos aportan materia orgánica que favorece la estructura del suelo. / Consorcio de Aguas y Residuos de La Rioja.

Gráfico 2.
Costes de cultivo de cebada



La superficie de cultivo de La Rioja que ha percibido fertilización con lodos de depuradora en el año 2016 es de alrededor de 900 hectáreas (supone el 1,7% del total de la superficie ocupada en La Rioja por los cereales). Teniendo en cuenta esta superficie, si se contabiliza el total del ahorro que supone a los agricultores la sustitución de abonos químicos por lodos de depuradora, el valor económico de los lodos en La Rioja se encuentra cercano a los 200.000 € anuales

Evaluating environmental benefits of constructed wetland systems for winery wastewater treatment: preliminary results

Marianna Garfi^a, Laura Flores^a, Joan García^a

^aGEMMA- Group of Environmental Engineering and Microbiology,
Department of Civil and Environmental Engineering,
Universitat Politècnica de Catalunya – BarcelonaTech (UPC),
C. Jordi Girona, 1-3, Building D1, Barcelona, E-08034, SPAIN
(marianna.garfi@upc.edu)

Introduction

Wine industry generates large volumes of wastewater originating from various processes and operations carried out during wine production. Winery wastewater is characterized by highly variable flows and loadings. Indeed, more than half of the annual wastewater flow and load is produced during the vintage season, when grape is harvested and grape juice is handled and managed. Spain is considered one of the world's largest wine-producing countries. Nevertheless, most of the wineries still lack a proper wastewater treatment system. In this context, constructed wetland systems constitute an alternative to conventional systems (e.g. activated sludge systems, membrane bioreactors) for wastewater treatment in small wineries due

to their low cost, low energy requirement and easy operation and maintenance (Kadlec and Knight, 1996).

The aim of this study was to assess and compare the environmental impacts associated with constructed wetland and activated sludge systems for winery wastewater treatment using the Life Cycle Assessment (LCA) methodology.

The research presented in this study has been carried out in the frame of the WETWINE project which aims to promote environmentally friendly and innovative solutions to treat effluents produced by wine industries in the South West of Europe (SUDOE Programme). The system promoted by the project (the WETWINE system) has been recently implemented in a winery located in Galicia (Spain).



Wine industry generates large volumes of organic waste and wastewater.

Materials and methods

Systems description

The pilot WETWINE system consists of an anaerobic hydrolytic upflow blanket reactor (HUSB) (1.25 m³ useful volume), a vertical subsurface flow constructed wetland (VFCW) (30 m²), a horizontal subsurface flow constructed wetland (HFCW) (30 m²), and a one-stage sludge treatment wetland (STW) (20 m²) (Fig.1). In this case, wastewater is reused for irrigation and sludge produced is valorised as fertilizer.

The conventional wastewater treatment plant is implemented in a winery also located in Galicia (Spain) and consists of a conventio-

nal pre-treatment and an activated sludge reactor with extended aeration followed by a secondary settler. Treated wastewater is then discharged into the public sewer system and treated in a municipal wastewater treatment plant in order to meet the discharge limits set by the regulation.

Life Cycle Assessment

The goal of the LCA was to assess and compare the potential environmental impact of the WETWINE system and the conventional system. The functional unit was 1 m³ of treated wastewater. System boundaries comprised input and output flows of material and energy resources for the construction and operation of these systems over a 20-year period. Sludge management and reuse as fertilizer were also included. Background data were obtained from the *Ecoinvent 3.7* database. The LCA was performed with the software *SimaPro® 8*, using the *Recipe midpoint method (H)* (Goedkoop *et al.*, 2009). Considering the most pressing environmental issues in our zone, the following impact categories were assessed: Climate Change, Ozone Depletion, Terrestrial Acidification, Freshwater Eutrophication, Metal Depletion and Fossil Depletion.

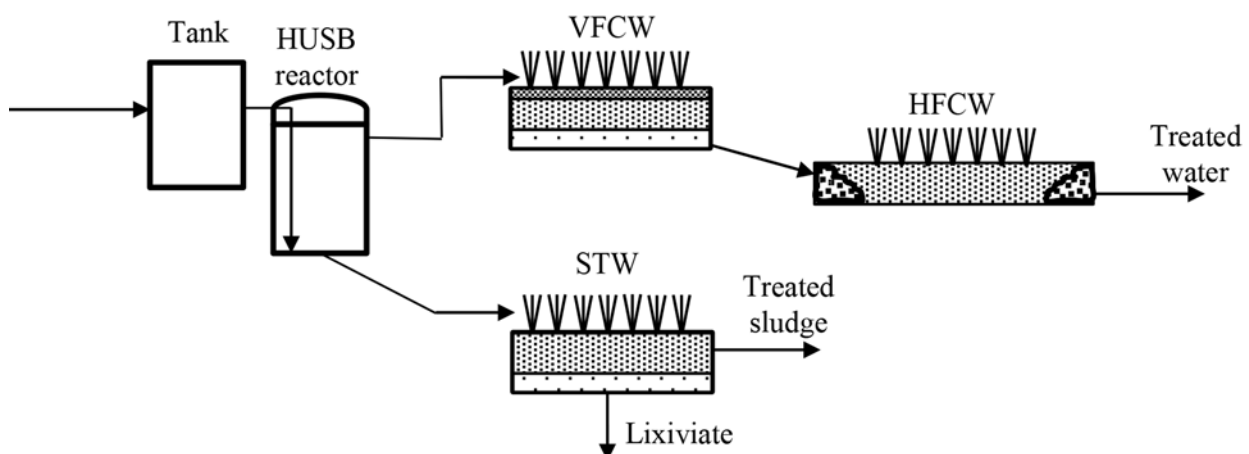


Fig.1. Schematic diagram of the WETWINE system. HUSB= hydrolytic upflow blanket reactor; VFCW= vertical subsurface flow constructed wetland; HFCW= horizontal subsurface flow constructed wetland; STW= sludge treatment wetland.

Results

Preliminary results showed that the WETWINE system was the most environmentally friendly solution for winery wastewater treatment (Fig. 2). Specifically, the potential environmental impact of the WETWINE system is between 2 and 12 times lower than that generated by the conventional system in all the impact categories except for the Terrestrial Acidification in which the environmental impact is similar in both cases. It is mainly due to the high electricity and chemicals con-

sumption for conventional wastewater treatment plant operation. Indeed, in the case of the conventional system, the major impact was due to the operation phase (from 36 to 99% of the total impact in all indicators), while the construction phase accounts for less than 4% of the total impact in all indicators (Fig. 3). In the case of the WETWINE system, the life cycle was mainly influenced by the construction (from 25 to 99% of the total impact in all indicators), due to the low energy requirement for its operation (Fig. 4).

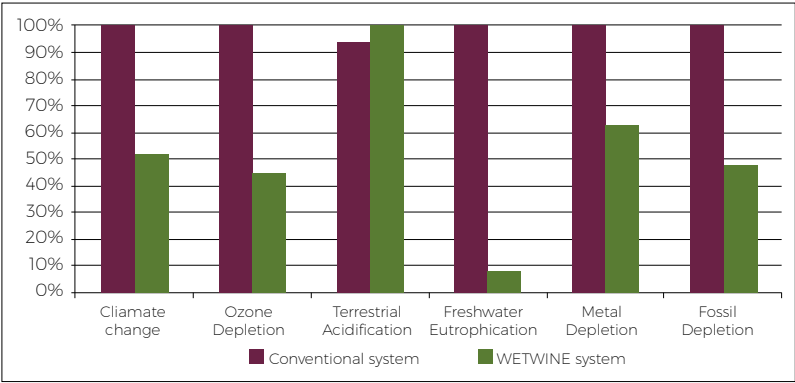


Fig. 2. Comparative environmental impact scores for the conventional and the WETWINE systems.

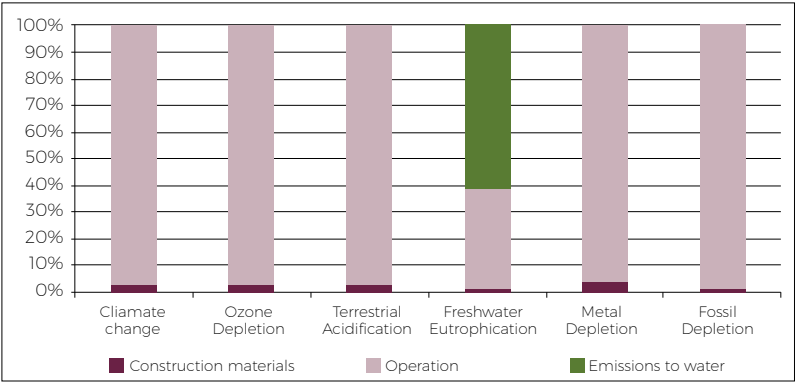


Fig.3 Contribution of construction, operation and treated water discharge to the overall impacts for the conventional system.

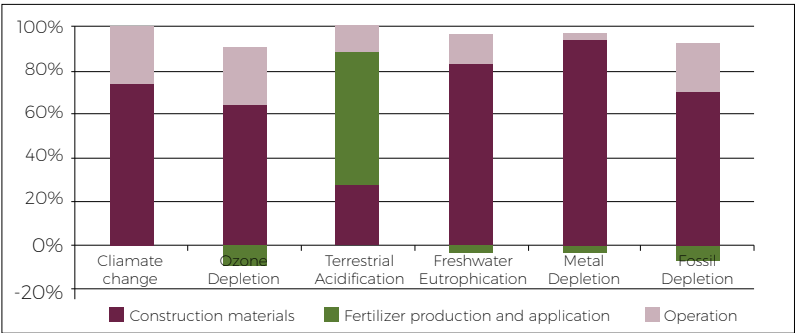


Fig.4 Contribution of construction, operation and sludge application as fertilizer to the overall impacts for the WETWINE system.

Conclusions

In this study, a Life Cycle Assessment (LCA) was carried out in order to assess and compare the potential environmental impact of a constructed wetland system and a conventional wastewater treatment plant (i.e. activated sludge system) for wastewater treatment in two wineries located in Galicia (Spain). Preliminary results showed that the potential environmental impact of the WETWINE system was between 2 and 12 times lower than that of the conventional wastewater treatment system. These preliminary results were achieved using data estimated and obtained during the first year of the WETWINE project. The LCA will be extended (e.g. considering different conventional technologies implemented in other wineries) and more data will be gathered (e.g. greenhouse gases emissions) by the end of the project.

Acknowledgements

The research leading to these results has received funding from the project WETWINE SOE1/P5/E0300 "Transnational cooperation project for promoting the conservation and protection of the natural heritage in the wine sector in the South West of Europe" of the Interreg SUDOE VB Programme, founded by the European Regional Development Fund (ERDF).



More than half of the annual wastewater is produced during the winemaking season.

References

- GOEDKOOP, M., HEIJUNGS, R., HUIJBREGTS, M., DE SCHRYVER, A., STRUJE, J., VAN ZELM, R. 2009. ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and then endpoint level. Report I.
- KADLEC, R.H. AND KNIGHT, R.L. (1996) *Treatment Wetlands*. CRC Press Boca Raton, Florida. 893p.



WETWINE

Depósito Legal: LR-1413-2017



Web: www.wetwine.eu
Email: ingacal@xunta.es
Teléfono: +34 881 997 276