

TRATAMIENTOS DE RESIDUOS DE BODEGAS

Dr. J. Oliva

Dpto. Química Agrícola, Geología y Edafología. G. I. Química y Acción de los Plaguicidas.

Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. 30100. Murcia.

Tlf. 968 367482, fax 968 364148, e-mail: josoliva@um.es.

1. INTRODUCCIÓN.

El sector de alimentación y bebidas, en su conjunto, produce un importante impacto medioambiental en zonas geográficas concretas, aunque también debemos tener en cuenta su elevado peso relativo en la economía productiva española. La alta concentración de industrias agroalimentarias en estas zonas depende de diversos factores: logísticos (proximidad a zonas productoras y ejes de abastecimiento de materias primas, o a los mercados de consumo), infraestructuras de comunicación, infraestructuras de servicios (polígonos industriales), incentivos o trabas administrativas, exigencias medioambientales, etc. Sin embargo, la concentración de un tipo de industria agroalimentaria en una zona geográfica determinada no debe observarse exclusivamente como una amenaza medioambiental, ya que también puede ofrecer ciertas ventajas: mayor viabilidad y optimización en la gestión de los residuos (depuradora colectiva, transporte y tratamiento de residuos sólidos en plantas especializadas), apoyo de ayuntamientos y comunidades a las actividades productivas más importantes para la economía local, etc (Berga y González, 2001).

Los dos principales problemas que el conjunto del sector agroalimentario plantea al medio ambiente son:

- a) Contaminación originada por vertidos líquidos debido, principalmente, a su alto contenido en materia orgánica. Así, Seoáñez y Calvo indican que las industrias agroalimentarias son responsables de un tercio de la contaminación hídrica de España, aunque debemos destacar que tienen un nivel de reciclado de sus aguas residuales próximo al 95%.
- b) Contaminación por residuos sólidos en puntos de consumo, a causa de los envases y embalajes que acompañan a las materias primas y a los productos.

2. INDUSTRIA VINÍCOLA.

El sector vinícola, durante la campaña 2002/2003, transformó aproximadamente 5 millones de toneladas de uva, que se tradujo en la producción de unos 450 millones de l de mosto y 32 millones de hl de vino (Sevi, 2003). Como consecuencia de esta actividad, se obtuvieron aproximadamente unos 500 millones de kg de orujo y unos 250 millones de litros de lías que se entregaron a las alcoholeras para su destilación. Por ello, es muy interesante para entender mejor el problema de la incidencia de estas industrias sobre el medio ambiente, conocer los focos de contaminación y su caracterización (tabla 1).

Tabla 1.- Focos y caracterización de la contaminación del sector del vino (Berga y González, 2001).

Vertidos líquidos	Vino, partículas de orujo, lías (levaduras y bacterias), detergentes y desinfectantes, residuos de plaguicidas.
Residuos sólidos	Envases, embalajes, orujos.
Emisiones	Humos de calderas.
Olores	Vertidos, orujo.
Ruidos y vibraciones	Maquinaria frigorífica, calderas, compresores, vehículos.
Contaminación térmica	Condensadores frigoríficos, aguas de lavado.

Centrándonos en los vertidos líquidos, debemos resaltar que en las bodegas el agua tiene una gran relevancia en los procesos auxiliares, como operaciones de limpieza (lavado) de aparatos (tolvas de recepción, despalilladoras, prensas, filtros y centrifugas), depósitos, conductos y suelos.

En general, la naturaleza de la contaminación hídrica es principalmente orgánica, aunque también nos encontramos con residuos minerales, tierras, grasas, detergentes y desinfectantes, contaminantes tóxicos exógenos localizados en la uva, etc., caracterizándose por:

- Elevada carga contaminante básicamente orgánica, como consecuencia de la materia seca del mosto o del vino, o bien de microorganismos. Se trata fundamentalmente de materia colorante, taninos, proteínas, ácidos orgánicos, glúcidos y microorganismos vivos o muertos (levaduras, bacterias lácticas y acéticas, hongos).
- Residuo mineral, suele ser bitartrato potásico que precipita en el transcurso de la fermentación y la estabilización después del enfriamiento del vino.
- Alta concentración de DBO_5 y DQO.
- pH ácido en los vertidos de bodega y básico en los de la planta de embotellado.
- Sólidos en suspensión en altas concentraciones, gran parte de ellos en forma coloidal.
- Alta biodegradabilidad.
- Carente de productos de alta toxicidad, lo que favorece su biodegradabilidad.
- Tierra procedente de la vendimia, que suele entrar en forma de polvo o barro.
- Grasas y aceites procedentes de la maquinaria y aperos.
- Agentes de limpieza como: ácidos inorgánicos fuertes (fosfórico, nítrico, clorhídrico), ácidos orgánicos débiles (láctico, cítrico, tartárico, glucónico, acético, hidroxiacético y levulínico), álcalis inorgánicos (hidróxido sódico, silicatos, metasilicato sódico, carbonato sódico y trisfasofato sódico), tensioactivos aniónicos (jabones, oleosulfatos, alquil-sulfatos, alquil-sulfonatos y alquil-fosfatos), catiónicos (alquiamias primarias, óxidos de amina, aminas etoxiladas y sales de amonio cuaternarias), anfóteros (N-alquibetaínas, ácido N-alquil-b-aminopropiónico, alquil imidazoínas y N-alquil dulfobetaínas), no iónicos (óxido de etileno); secuestrantes (pirofosfato tetrasódico, tripolifosfatos sódicos, tetrafosfato sódico, hexametafosfato sódico, EDTA, ácido nitrilo acético y ácido glucónico) (Molina Ubeda y Díaz Barcos, 2001).
- Desinfectantes como el cloro y sus compuestos (hipocloritos sódicos y cárnicos, cloramina T y B y dicloroammina T), compuestos de amonio cuaternario, iodóforos, aldehídos (formaldehído y glutaraldehído), compuestos liberadores de oxígeno (ozono, peróxido de hidrógeno, ácido peracético, permanganato potásico) (Molina Ubeda y Díaz Barcos, 2002).
- Residuos de productos fitosanitarios que se encuentran en la uva, muchas veces por una inadecuada utilización de los plaguicidas y por no respetar los plazos de seguridad marcados por las casas comerciales. Estos tóxicos se transfieren al mosto y al vino, pero la mayor parte de ellos son eliminados en los distintos procesos enotécnicos (prensado, desfangado, trasiego y estabilización del vino acabado) (Navarro et al., 1997 y 1999; Oliva et al., 1999, 2000 y 2004).

Además, estos vertidos muestran una gran irregularidad en cuanto a caudales, composición de las aguas residuales y concentración de contaminantes, dependiendo normalmente de las horas del día, ya que influyen factores como la frecuencia de entrada de materia prima, la tecnología de vinificación empleada, las variedades de uva transformadas, el tamaño de la bodega, etc.; y de una estacionalidad del ciclo anual, teniendo el mayor volumen durante la vendimia. En la tabla 2 se muestran los principales parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales procedentes de una bodega. Como se puede observar, todos ellos tienen valores medios y máximos superiores a los permitidos por la legislación vigente (Decreto de vertidos de aguas residuales industriales al alcantarillado, BORM 16/99), sobre todo para DQO (1.100 mg O_2/l), DBO_5 (650 mg O_2/l), sólidos en suspensión (500 mg/l).

Tabla 2.- Parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de una bodega.

Parámetro	Rango de concentraciones		
	Prodanov y Cobo (2004)	Berga y González (2001)	Bodegas Jumilla
pH	3,9-7,9	4,6-8	4,2-7,8
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			600-2.000
DBO ₅ (mg/l)	300-15.000	2.500	200-5.900
DQO (mg/l)	900-35.000	4.650	1.000-15.000
Sólidos suspensión (mg/l)	1.100-1.500	640	200-1.500
N total (mg/l)	13-220	61	
P total (mg/l)	11-183	13	
Grasas y aceites (mg/l)			3-55

La posible eliminación de los vertidos va a depender mucho de la ubicación de estas bodegas. Así las que se encuentran en polígonos industriales de cierta entidad suelen disponer de infraestructuras de saneamiento e instalaciones de depuración. En el interior del casco urbano no se dispone muchas veces del terreno necesario para la ubicación de instalaciones de tratamiento de vertidos, por lo que se vierten a la red de saneamiento municipal sin ningún pretratamiento. Las bodegas instaladas en suelo rústico normalmente vierten sus efluentes directamente a cauce público, por lo que los límites legales de concentraciones y cargas contaminantes se hacen mucho más estrictos que en el caso de los otros vertidos.

También debemos considerar para su eliminación las características principales de los diferentes residuos que se pueden encontrar (Puig, 1994):

- Solubles en agua: ácidos, azúcares, etc.
- Hinchables en agua: almidón, proteínas.
- Emulsionables: grasas, lípidos.
- Insolubles: tierra, metales, celulosa, papel.
- Solubles en medio ácido: carbonato cálcico.
- Solubles en medio alcalino: tartratos.

En lo referente al consumo de agua por litro de vino producido existen diferencias significativas entre diversos autores. Así, Prodanov y Cobo (2004) indican que la producción de 1 litro de vino en España genera aproximadamente 1 l de agua vertida (Esandi y Abad, 1997), para Portugal oscila en torno a 1,5 l (Caetano y Di Berardino, 1998) y para Francia de 0,13 a 0,50 l (Galy y Menier, 1998). Mientras que Pizarro y Soca (2003), cifran el consumo de agua por litro de vino producido en 2-5 l para las bodegas de la Rioja y 1 litro para las francesas. En general, el consumo depende de la etapa, así durante la vinificación se requiere de 1-3 l de agua por kg de uva, en la crianza de 1-2,5 l de agua por litro de vino y en el almacenamiento y embotellado entre 0,5-1,5 litros. El reparto del consumo anual de agua en una bodega se estima entre el 40-50% del total durante la vendimia y trasiegos, del 25-35% para tratamientos y crianza, y del 15 al 25% en la estabilización y embotellado.

El segundo gran problema medioambiental del sector vinícola es la producción de residuos sólidos, en especial los envases y embalajes, que acompañan tanto a las materias primas como a los productos elaborados, siendo su naturaleza diversa: papel, cartón, vidrio, plásticos, brick, etc. Las bodegas deben tener un sistema de gestión interna de todos estos residuos y un gestor autorizado externo para su retirada periódica.

3. PROCESOS ENOTÉCNICOS EN BODEGAS DE ELABORACIÓN Y EMBOTELLADO.

En la figura 1 se muestra un diagrama de flujo que sintetiza todos los procesos enotécnicos que se realizan en una bodega para la elaboración y embotellado de un vino. Además se representan todos los subproductos obtenidos en este proceso y el destino que éstos tienen para su aprovechamiento posterior.

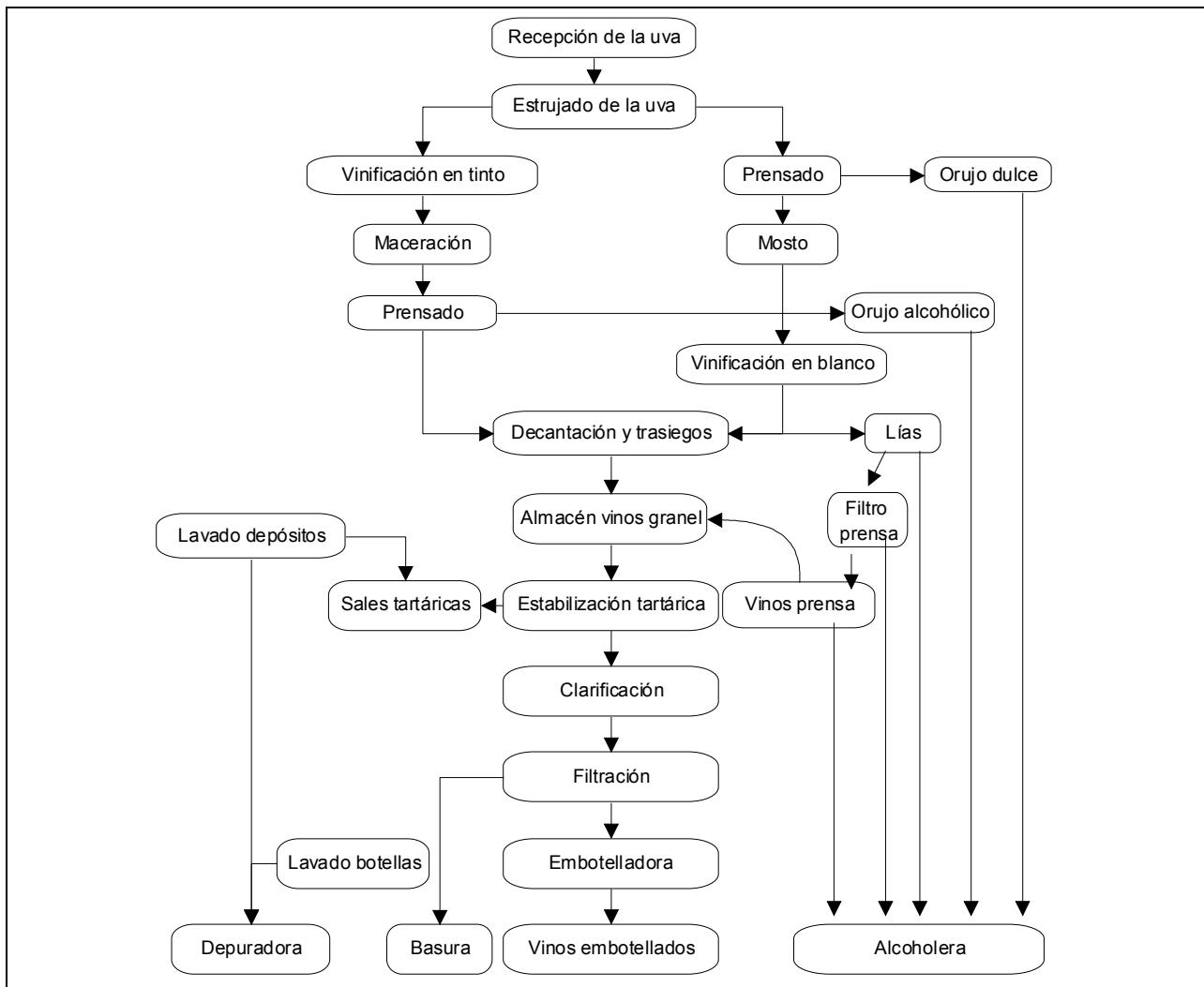


Figura 1.- Flujo de materias y actividades en una bodega (Prodanov y Cobo, 2004).

La primera operación es la recepción de la uva para su descarga en las tolvas. Una vez realizada, se procede a la limpieza del tractor generando unas aguas de lavado que contienen residuos de mosto, partes de la uva, tierra e incluso pequeñas cantidades de grasa y aceites del vehículo. Esta fuente de contaminación se produce durante la vendimia y a lo largo de toda la jornada.

Posteriormente, la uva es sometida a un estrujado y despalillado. En el caso de la vinificación en blanco, la separación del mosto se realiza inmediatamente después del estrujado mediante prensado, obteniéndose mosto y orujo dulce, en la vinificación en tinto, la masa de vendimia macera y fermenta en presencia de los partes sólidas de la uva durante varios días. Finalmente el mosto parcial o totalmente fermentado se separa por prensado del orujo. Ambos tipos de orujo (dulce y alcohólico) se entregan a las alcoholeras para su posterior destilación. Durante estos procesos se producen grandes cantidades de aguas de lavado de los equipos de escurrido y prensado así como de las conducciones. Estas aguas contienen residuos de mosto, pequeños fragmentos de las partes sólidas de la uva (pepitas, hollejos, trozos de raspón), alcohol,

detergentes y desinfectantes. Este aporte de contaminantes se produce durante la época de vendimia y después de cada fase de trabajo.

Una vez terminada la fermentación alcohólica, se produce en los vinos una decantación natural de sólidos en suspensión (lías) que son separadas del vino por sucesivos trasiegos. Las lías se entregan a las alcoholeras para su destilación. Por lo tanto, durante la época de vinificaciones se generan altas cantidades de aguas de lavado de los depósitos de fermentación que contienen restos de vino, lías, desinfectantes y detergentes.

Después del trasiego, el vino queda almacenado en depósitos para su posterior estabilización antes del embotellado. Estos procesos son la estabilización tartárica, clarificación y filtración. Estas actividades van a generar durante todo el año una gran cantidad de aguas de lavado procedentes de los depósitos de almacenaje e isotermos, de los equipos de filtración y enfriado, y de las conducciones. Estas aguas residuales contienen restos de vino, lías, tartratos, restos de clarificantes orgánicos (gelatina, caseína, caseinato potásico, albúmina de huevo, clara de huevo, albúmina de sangre y carbonos activos) e inorgánicos (bentonita, PVPP, gel de silicio, tierras), así como restos de todos los productos utilizados para la limpieza y desinfección.

En los procesos de estabilización del vino se obtienen una serie de subproductos y residuos que debemos gestionar. Uno de estos subproductos, se produce durante la estabilización tartárica, ya que queda un precipitado muy rico en sales tartáricas que se entrega a las empresas productoras de ácido tartárico, muy utilizado en las bodegas para corregir la acidez de los mostos. El proceso de clarificación se realiza con clarificantes de naturaleza proteica o tánica y una decantación natural o forzada (centrifugación), al final del proceso aparece una cantidad adicional de lías que se entregan a las destiladoras para su posterior destilación. Los residuos generados en el proceso de filtración, sobre todo tierras de diatomeas, no son utilizados como subproductos por ninguna otra industria y por lo tanto la bodega debe gestionarlos. En general, las tierras de diatomeas son vertidas junto a las aguas de lavado a la red de saneamiento, aunque se puede utilizar una filtración tangencial para evitar estos residuos. Prodanov y Cobo (2004) proponen como aprovechamiento de este producto filtrante, su incorporación durante el compostaje del orujo lavado y las pastas de lías de las alcoholeras.

La crianza del vino en barricas y el embotellado además de generar contaminación por vertidos líquidos con restos de vino, lías y productos de limpieza, produce una contaminación térmica por aporte a la red de saneamiento municipal de agua caliente. Estos vertidos se realizan durante todo el año y provienen del lavado de barricas, maquinaria de embotellado, lavadora de botellas, equipos de microfiltración, etc.

Un estudio realizado por Hidalgo (2003) cuantifica la influencia de cada proceso enotécnico en la contaminación de las aguas de lavado en la elaboración de un vino blanco. Así, durante el prensado se aporta sólo un 8,8 % del total, en el desfangado del mosto un 21,4%, en el primer trasiego 61,1%, en el segundo 3,8%, siendo el resto la contaminación que se aporta por los operaciones de embotellado del vino.

4. TRATAMIENTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE BODEGAS Y ALCOHOLERAS.

Como hemos indicado anteriormente, las bodegas e industrias alcoholeras generan grandes volúmenes de aguas residuales con un alto contenido en materia orgánica, aunque con la modernización y optimización de los procesos y las instalaciones productivas se podría llegar a importantes reducciones de los volúmenes y los niveles de contaminación. Así Esandi y Abad (1997) indican que en las bodegas donde no se dispone de depósitos de acero inoxidable y no se utiliza el agua a presión para su limpieza se consumen 3 veces más agua que las que lo tienen implantado.

Un procedimiento de depuración es retener estas aguas en balsas de evaporación. Sin embargo, en la actualidad, está descartado ya que causa malos olores, puede contaminar las aguas subterráneas, existe un gran peligro de desborde en el caso de lluvias intensas, se generan grandes volúmenes de agua por lo que se necesitaría grandes balsas, etc. (Metcalf-Eddy, 1994).

Por lo tanto en los últimos años, se han estudiado nuevas tecnologías para la depuración de estos vertidos con una alta carga orgánica. Entre estos procedimientos, los métodos de depuración biológicos aerobios y, especialmente, anaerobios han sido reconocidos por diversos autores como los más viables para la degradación de esta agua residual (Rajeshwari et al., 2000). La digestión anaerobia se caracteriza por su bajo coste de manejo y mantenimiento, bajos niveles de formación de fangos, escaso requerimiento de nutrientes y obtención de biogas como fuente de energía (Roux et al., 1998). Su principal inconveniente es su alto costo de inversión, que sólo lo hace rentable para bodegas con más de 50.000 Hl de vino anuales o en zonas de alta densidad en bodegas.

Entre estos estudios, cabe destacar el de Romero et al. (1990) donde se comparan tres procesos biológicos, aerobio, anaerobio mesofílico y anaerobio termofílico. En todos ellos se obtuvieron disminuciones de materia orgánica superiores al 90%. Andreoni et al. (1995) obtuvieron altos niveles de degradación tanto por procesos anaeróbicos como aeróbicos.

En alcoholeras se han realizado diversos estudios sobre depuración de aguas residuales por digestión anaerobia en diferentes tipos de reactores (mezcla perfecta por cargas, lecho fijo, lecho fluizado, etc.). Todos ellos obtienen una reducción superior al 90% de la carga contaminante (Racault, 1990; Balaguer et al., 1992; Borja et al., 1992; Moosbrugger et al., 1993; Pérez et al., 1996).

Aunque todos estos estudios demuestran la alta eficacia de estos procesos de depuración, en la actualidad, en la gran mayoría de las bodegas españolas, el único tratamiento utilizado es la corrección del pH en torno a 7, así como el empleo de agua de red o pozo, incorporándola a los efluentes para disminuir la concentración de los factores contaminantes y que se encuentren por debajo de los niveles máximos permitidos por las administraciones regionales (Prodanov y Cobo, 2004).

También existen otros tratamientos fisicoquímicos para reducir los sólidos en suspensión y la materia orgánica soluble, entre ellos la sedimentación, floculación y filtración con filtros rotativos, que no han encontrado una gran aplicación en la práctica (Fischer, 1983; Como et al., 1998).

A nivel de la Región de Murcia, donde existen tres Denominaciones de Origen (Yecla, Jumilla y Bullas), los bodegueros, en general, y la Asociación de Empresarios Vinos de Jumilla (ASEVIN), en particular, están concienciados de la problemática ambiental que su industria genera, y buscan en colaboración con la CARM establecer un marco en el que las empresas del sector puedan adquirir compromisos en materia de ecoeficiencia y calidad y responsabilidad ambiental. Fruto de este Convenio fue la realización de un estudio, durante el año 2003 por parte del Instituto Universitario del Agua y Medio Ambiente (INUAMA) de la Universidad de Murcia, de "Asistencia técnica en el diseño y proyecto de experiencias de vertido y aprovechamiento agronómico de efluentes líquidos procedentes de la industria enológica en la Región de Murcia".

El citado estudio se ha circunscrito en un primer término al municipio de Jumilla, donde se han estimado la producción de efluentes líquidos, su carga contaminante y lugar de vertido (de 16 bodegas, 6 vierten a cauce público y las restantes a la red de alcantarillado), el grado de atomización de las bodegas, su localización y estimación de posible espacio para la construcción de depuradoras, la identificación de factores limitantes del aprovechamiento agronómico de los efluentes, etc.

Como conclusión de este estudio, y después de sopesar todos los factores anteriormente indicados, se pretende aplicar en una bodega de la zona en la próxima vendimia una experiencia piloto de depuración simbiótica® para el tratamiento de estos efluentes.

La depuración simbiótica® es una tecnología limpia y ecológica, que combina un sistema de depuración natural, para cualquier tipo de agua residual orgánica (urbana o industrial), con la generación simultánea de áreas verdes, (jardines, etc.) sobre la misma superficie de la depuradora. Los resultados obtenidos en las experiencias realizadas con aguas de diferentes orígenes y muy distintas cargas orgánicas, aportan enormes posibilidades para el tratamiento ecoeficiente de las aguas residuales de la industria agroalimentaria (almazaras, bodegas, fábricas de conservas vegetales, zumos y bebidas).

Este sistema combinado de depuración y cultivo, puede ser una alternativa a las depuradoras biológicas, y presenta las siguientes las siguientes características técnicas: La zona de depuración está constituida por un lecho de gravas, de unos 120 cm de espesor, que se aísla del terreno mediante la correspondiente base impermeable. El agua residual se aplica por medio de una red de goteros subterráneos, colocados en el interior de elementos de drenaje, sobre las gravas, para provocar su percolación a través de las mismas. Una vez alcanzada la base impermeable, el agua residual, ya depurada, discurre, por gravedad, hacia los puntos de vertido, almacenamiento o bombeo, para su reutilización en otras superficies. En todo momento, el lecho permanece no saturado de agua, es decir, en presencia de aire, para que las aguas residuales se depuren en condiciones aerobias. La zona de cultivo se sitúa sobre la de depuración descrita y está formada por un substrato arenoso, de unos 30 a 50 cm de espesor, según la capacidad radicular del cultivo que se desee implantar (figura 2).



Figura 2.- Esquema de depuración simbiótica®.

En función de la carga orgánica de las aguas residuales que se pretenda depurar, la depuración simbiótica® repite, en serie, el procedimiento explicado, de tal forma que cada fase necesita 1 m^2 por cada $\text{m}^3/\text{día}$ que se quiera depurar. Así, la depuración completa de aguas residuales industriales, de una DQO de 15.000, precisa un mínimo de 9 fases para reducir su carga orgánica por debajo de 50 mg/l de DQO.

Con lo anterior se pretende dar una solución satisfactoria a las distintas bodegas: las que se encuentren en el casco urbano y tengan suficiente espacio en su recinto creando jardines que acentúan y embellecen los accesos a la bodega, las que no dispongan de estos espacios pueden canalizar los efluentes hacia zonas ajardinadas del municipio, y por último aquellas que se

encuentran en zonas de cultivo donde no existen redes de alcantarillado público, pueden además de crear esos jardines, utilizar el agua depurada para el riego de sus viñedos, ahorrando un alto porcentaje de los recursos hídricos necesarios.

BIBLIOGRAFÍA

- Andreoni, V., Danffonchio, D., Fumi, M.R., Marchetti, R. , Roíz, A. y Silva, A. 19995. Anaerobic and aeróbic tretment of winery wastewater: Results of an interuniversity research. *Revue Francaise d'Enologie*, 152: 41-43.
- Anónimo. 2003. Las vendimias en España. Sevi, 2932/2933: 3530-3531.
- Balaguer, M.D., Vicent, M.T. y París, J.M. 1992. Anaerobic fluidized bed reactor with sepiolite as support for anaerobic treatment of vinasse. *Biotechnol. Letters*, 14: 433-438.
- Berga, A. y González, M. 2001. Estrategias de minimización de vertidos en el sector agroalimentario. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, 158: 95-102.
- Borja, R., Martín, A., Luque. M y duran, M. 1992. Cinética del proceso de biometanización del agua residual de destilerías vínicas en bioreactores con microorganismos inmovilizados. *Tecnología del Agua*, 12: 27-37.
- Caetano, L. y Di Bernardino, S. 1998. Characterization and laboratory pre-treatment study of the effluent from wine cooperative. 2nd International Specialized Conference on Winery Waste. Burdeos (Francia), pp. 299-306.
- Coma, J., Elmaleh, S., Butel, P. y Robic, I. 1998. Clariflocculation d'effluents vinicoles. 2nd International Specialized Conference on Winery Waste. Burdeos (Francia), pp. 375-380.
- Esandi, F. y Abad, J. 1997. Efluentes vitivinícolas y su depuración por digestión anaerobia. *Viticultura y Enología Profesional*, 53: 36-44.
- Fischer, A. 1983. Low cost processing of waste solids to reduce waste water pollution. *Weinwirtschaft Technik*, 119: 8-11.
- Galy, B. y Ménier, M. 1998. Caracteristiques des rejets vinicoles de la Region de Cognac-Filieres d'Epuration. 2nd International Specialized Conference on Winery Waste. Burdeos (Francia), pp. 315-320.
- Metcalf-Eddy. 1994. Ingeniería sanitaria. Tratamientos, excavación y reutilización de aguas residuales. Ed. Labor. Barcelona.
- Molina Ubeda, R. y Díaz Barcos, V. 2001. Sanitización en la industria enológica (I). *Tecnología del vino*, 2: 77-85.
- Molina Ubeda, R. y Díaz Barcos, V. 2002. Sanitización en la industria enológica (II). *Tecnología del vino*, 6: 25-32.
- Moosbruger, R.E., Wentzel, M.C. y Ekama, G.A. 1993. Treatment of wine distillery waste in UASB systems-feasibility, alkalinity requirements and pH control. *Water Sci. Technol.*, 28: 45-54.
- Navarro, S., García, B., Navarro, G., Oliva, J. y Barba, A. 1997. Effect of wine-making practices on the concentrations of fenarimol and penconazole in rose wines. *J. Food. Prot.*, 60 (9): 1120-1124.
- Navarro, S., Barba, A., Oliva, J. Navarro, G. y Pardo, F. 1999. Evolution of residual levels of six pesticides during elaboration of red wines. Effect of winemaking procedures in their disappearance. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 264-270.
- Oliva, J., Bernal, C., Barba, A., Navarro, S. y Pardo, F. 1999. Efecto de los residuos de diclofuanida y miclobutanol durante la elaboración de vinos rosados en la D.O. Jumilla. *Sem. Vitiv.*, 2763/4: 2621-2627.
- Oliva, J., Pardo, F., Navarro, S., Barba, A. y Navarro, G. 2000. Eliminación de residuos de plaguicidas durante el proceso de vinificación. *Enólogos*, 4: 17-21.
- Oliva, J., Fernández, M.J., y Barba, A. 2004. Influencia del tipo de vinificación en la eliminación de residuos de fungicidas. *Tecnología del vino*, 16: 30-34.
- Pérez, M., Romero, L.I. y Sales, D. 1996. Digestión anaerobia termofílica de vinazas de vino. *Tecnología del Agua*, 158; 41-45.
- Pizarro, D. y Soca, N. 2003. Los caudales de las aguas residuales industriales. Su implicación en las redes de alcantarillado. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, 178: 93-96.

- Prodanov, M. y Cobo, R. 2004. Impacto ambiental de la industria vinícola (I). Alimentación, Equipos y Tecnología, 186: 97-100.
- Puig, E. 1994. La higiene en la enología: de la vendimia al embotellado. Ed. Dionisos S.L.
- Racault, Y. 1990. Treatment of distillery wastewater using an anaerobic downflow stationary fixed-film reactor: performance of a large plant in operation for four years. Water Sci. Technol., 22: 361-372.
- Rajeshwari, K.V., Balakrishnam, M., Kansal, A., Lata, K. y Kishore, V. 2000. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 4: 135-156.
- Romero, L.I., Sales, D. y Martínez de la Ossa, E. 1990. Comparison of three practical processes for purifying wine distillery wastewaters. Process Biochem, 25:93-96.
- Roux, B., Fardeau, M.L., Arnaud, T. y García, J.L. 1998. Fermentation methanique d'effluents vinicoles: utilisation d'un inoculum adapté. 2nd International Specialized Conference on Winery Waste. Burdeos (Francia), pp. 227-234.