

- En sentido stricto cuando se habla de **Vertido / Efluente**
Se considera "Residuos Líquidos"

CAPÍTULO XXVII

Agua y vertidos enológicos

En el proceso de la elaboración, crianza, embotellado, y consumo de los mostos o vinos, se producen una importante cantidad de sustancias o materiales de desecho, donde algunos de ellos son susceptibles de un aprovechamiento por su apreciable valor económico, mientras que la mayor parte no lo son, siendo precisamente éstos últimos los que vertidos al medio ambiente contribuyen a producir su progresiva degradación.

La actividad vitivinícola no empieza con la recepción de vendimia en las bodegas, si no que realmente comienza en el cultivo de los viñedos, y precisamente en este medio es donde también se producen graves alteraciones del medio ambiente; siendo los principales responsables los tratamientos fitosanitarios aplicados al viñedo y también en menor cuantía las operaciones de fertilización poco racionales. Las técnicas de Viticultura Ecológica y de Viticultura Integrada o Sostenida son los remedios o soluciones que se proponen para combatir la degradación del medio ambiente en esa actividad, tratándose este asunto con profundidad en el Capítulo XVIII: *Viticultura y vinos ecológicos*.

En la producción de los mostos o vinos, no interviene solamente la uva como materia prima, sino también otros productos o materiales, que bien durante el mismo proceso de elaboración, o después a lo largo del circuito comercial, pueden ser vertidos al medio ambiente y por lo tanto ser considerados como contaminantes. Además de los subproductos de la uva: raspones, orujos, fangos, lías, vinazas, etc., hay que sumar los productos de limpieza y desinfección, los materiales de filtración, los productos enológicos, los materiales de envasado: botellas, briks, tapones, cápsulas, etiquetas, etc., así como también los embalajes comerciales de todos estos productos o materiales, etc. Todos ellos se pueden considerar como vertidos o «efluentes» de las bodegas, aunque en un sentido más estricto, cuando se hable de efluentes se considera únicamente a los residuos líquidos derivados de la actividad vitivinícola, donde el agua como elemento de limpieza juega un papel de gran importancia.

XXVII.1. CALIDAD Y CONSUMO DE AGUA EN LAS BODEGAS

El agua es el elemento primordial en las operaciones de limpieza y desinfección, pues por una parte es el solvente donde se disuelven los productos de la higienización, y por otra parte es el vector o vehículo donde se despega y arrastra la suciedad arrancada de las superficies sucias. En este sentido, hasta hace unos pocos años se decía que «un buen vino se elabora con una buena cantidad de agua», refiriéndose a la necesidad de limpieza e higiene en las bodegas; pero en la actualidad este concepto debe ser corregido, y no en el sentido de perder la asepsia

necesaria, sino de conseguirlo con el menor consumo de agua posible, pudiendo entonces cambiarse la frase anterior por la de «un buen vino se elabora en una bodega limpia con poco agua». La razón de este cambio de estrategia se encuentra en que siempre es mejor y de menor costo depurar pequeñas cantidades de agua muy contaminadas, que hacerlo en grandes volúmenes con una baja carga de contaminación. El diseño de las instalaciones de la bodega y una normativa de buenas prácticas aplicadas en la misma, son los instrumentos para conseguir el fin perseguido.

XXVII.1.1. Calidad del agua enológica

La calidad del agua utilizable en la industria alimentaria, y por lo tanto también en las bodegas, exige que siempre sea potable, esto es *apta para el consumo humano*; aunque para algunos determinados destinos pueden necesitarse algunas especificaciones suplementarias, tales como la ausencia de sales en el caso de su uso para calderas o calentadores de agua; o bien una pureza microbiológica y de gran limpidez para su utilización en las líneas de embotellado. En el apartado X.1.3. *Calidad del agua* se exponen las características físicas, químicas y biológicas que debe reunir este importante suministro.

En una bodega se pueden encontrar tres tipos de aguas:

- Las *aguas pluviales* que deben ser escrupulosamente separadas de las aguas residuales, donde su carga contaminante es nula, y por lo tanto pueden ser vertidas directamente al medio ambiente a través de los cauces públicos..
- Las *aguas de intercambio calórico* utilizadas en los procesos de refrigeración o calefacción, donde al concluir su cometido permanecen igual de limpias como cuando llegaron, pudiendo entonces sumarse a las aguas pluviales, siempre y cuando entrasen limpias en la bodega y no hayan sufrido contaminación alguna dentro de la misma, salvo la diferencia de temperatura, donde algunos autores la consideran como un modo de contaminación. En los cauces públicos, el incremento de temperatura media de una sección de los mismos tras la zona de dispersión a 50 metros de la salida, no deberá superar los 3° C. Esta agua debe tener una temperatura inicial adecuada, así como no producir incrustaciones ni sedimentos, tampoco ser corrosiva, y por supuesto no favorecer ninguna forma de vida. Los criterios de calidad mínimos en este sentido según la Water Resources Comisión (Ontario) son los siguientes:
 - Turbidez (mg/litro): 50.
 - Dureza (grados franceses): 50.
 - Hierro (mg/litro): 0,5.
 - Manganese (mg/litro): 0,5.
- Las *aguas de limpieza* para el lavado e incluso desinfección de los edificios, maquinaria e instalaciones enológicas, deben ser perfectamente potables desde el punto de vista microbiológico, y reunir además los siguientes criterios mínimos según la Water Resources Comisión (Ontario) para la industria alimentaria:
 - Residuo a 180° C (mg/litro): 500.
 - pH: 6,5 a 8,5.
 - Dureza (grados franceses): 15.
 - Alcalinidad (meq/litro): 3,0.
 - Cloruros (mg/litro): 250.
 - Sulfatos (mg/litro): 250.
 - Hierro (mg/litro): 0,2.
 - Manganese (mg/litro): 0,2.
 - Sílice (mg/litro): 50.
 - Nitratos (mg/litro): 10.
 - Nitritos (mg/litro): ausencia.

- Sustancias extraídas con éter de petróleo: ausencia.
- Color (UI): 5,0.
- Sustancias en suspensión (mg/litro): 10.

• Bacterias coliformes por 100 ml: las de las aguas potables para el consumo humano.

Las aguas industriales destinadas a las calderas, generadores de vapor, lavadoras de botellas, pasteurizadores, o cualquier otra instalación donde se trabaje con elevadas temperaturas, deben ser ablandadas para evitar incrustaciones en esos elementos, mediante los oportunos tratamientos con resinas de intercambio iónico y de fosfatos; teniendo en cuenta que a una temperatura de 60° a 70° C las incrustaciones solamente se producen con aguas cuya dureza supera los 16° franceses, por lo que no es necesario ablandar el agua para alcanzar un valor inferior, o en caso de que así sea se deberá proceder a una mezcla con agua no tratada.

XXVII.1.2. Consumo de agua en las bodegas

La cantidad de agua anual que puede ser consumida en una bodega para su higienización, excluyendo las aguas de intercambio calórico, es muy variable; pues depende como antes se ha comentado, del diseño de sus instalaciones y de las prácticas de limpieza seguidas en los distintos procesos; así como también del tipo de actividad vinícola desarrollada, los cuales además variarán cuando se embotelle el vino en botellas nuevas o recuperadas.

El consumo de agua en la limpieza de los envases oscila entre 0,5 a 1,0 litros por cada hectolitro de capacidad. Para el enjuagado de las botellas nuevas se estima un consumo de 0,5 a 1,5 litros por botella, y cuando se trata de botellas de recuperación, donde las botellas deben ser lavadas y enjuagadas, el consumo se eleva hasta 1,5 a 2,0 litros por botella. A pesar de las dificultades que ofrece el cálculo global del consumo anual del agua de limpieza, una orientación razonable para una bodega de ciclo completo con botellas nuevas, puede ser el siguiente (R. Boulton):

$$\text{Consumo máximo anual (litros de agua/Tm de uva)} = 50,92 \cdot \text{Tm de uva}^{-0,326}$$

Los efluentes procedentes del simple enjuague de las botellas nuevas no suelen sufrir contaminación alguna, pues únicamente pueden arrastrar algunas pequeñas cantidades de polvo o de impurezas de la fabricación del vidrio; razón por la cual se considera que no son aguas contaminadas, y por lo tanto pueden ser deducibles de los efluentes de la bodega, solamente en el caso de que puedan ser separadas de las mismas y mezcladas con las pluviales y las de intercambio calórico.

Dependiendo de la actividad vinícola de las bodegas, se pueden establecer los siguientes consumos anuales medios de agua, sin tener en cuenta las aguas de intercambio calórico, donde los datos se refieren a botellas nuevas. En el caso de botellas de recuperación, se añadirá a las siguientes cifras estimadas, un consumo de 2,0 litros de agua/litro de vino o 1,5 litros de agua/kg de uva:

- Bodega de transformación de uva en vino: 1,0 a 3,0 litros de agua/kg de uva.
- Bodega de crianza y embotellado de vinos: 1,0 a 2,5 litros de agua/litro de vino.
- Bodega de almacenamiento y embotellado de vinos: 0,5 a 1,5 litros de agua/litro de vino.
- Bodega de ciclo completo: 2,0 a 4,0 litros de agua/kg de uva.

La actividad vitivinícola es totalmente estacional, es decir que el proceso de elaboración sucede en un período del año bastante corto, durante el cual la vendimia es recogida y procesada en la bodega, realizándose el resto de actividades con una mayor regularidad durante el resto del año. Esto quiere decir que en las instalaciones donde se reciba vendimia, el consumo de agua será también de tipo estacional, mientras que en otras bodegas donde únicamente se embotellan los vinos, el consumo de agua se reparte de forma equitativa a lo largo de los meses. En las bode-

gas donde se procesa la vendimia, durante el período de la misma, el cual transcurre en un mes, y durante uno o dos más para realizar los trasiegos, el consumo de agua es del orden de un 40 a 50 por 100 del consumo anual; pudiendo ser estimado con la siguiente ecuación (R. Boulton):

$$\text{Consumo máximo en vendimia (litros de agua/Tm de uva)} = 10,2 \cdot \text{Tm uva}^{-0,292}$$

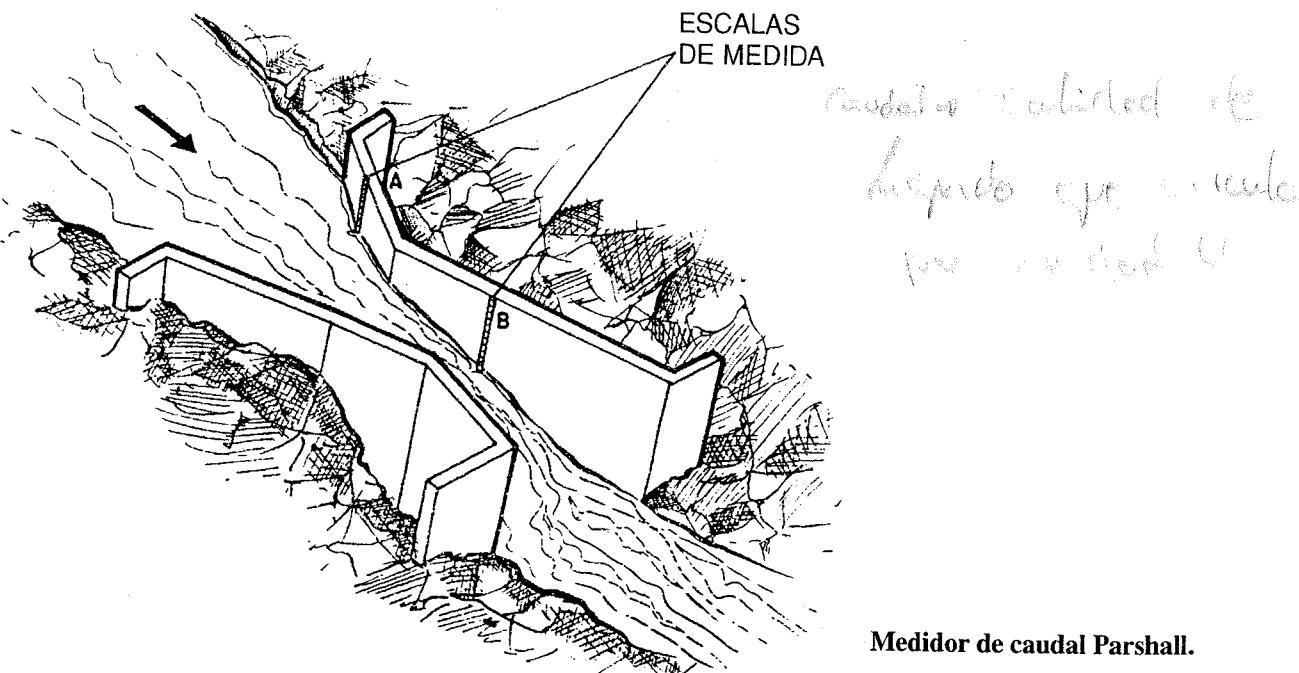
La distribución del consumo de agua durante el año depende por lo tanto del tipo de actividad vinícola de la bodega, pudiendo establecerse en una bodega de ciclo completo el siguiente reparto:

- Vendimia y trasiegos de vinos: 40 a 50 por 100.
- Tratamientos y crianza de vinos: 25 a 35 por 100.
- Estabilización y embotellado de vinos: 15 a 25 por 100.

XXVII.1.3. Evaluación del volumen de los efluentes líquidos

La medición en continuo del caudal de los efluentes de la bodega permite conocer directamente el volumen de la cantidad de vertidos producidos, y en consecuencia permitir el dimensionado del sistema de depuración. Para ello es preciso instalar un dispositivo capaz de medir la cantidad de líquido que circula por unidad de tiempo, pudiendo realizarse de dos maneras:

- *Medición directa de los vertidos.* Sobre un único colector de salida de los efluentes, donde se pueden utilizar varios sistemas, como: canales de medición de una determinada sección y pendiente, donde la altura alcanzada por el líquido que circula por el canal, permite conocer su caudal instantáneo, pudiendo quedar registrado mediante un dispositivo eléctrico o electrónico. Este sistema es conveniente cuando los caudales sobrepasan los 1.000 litros/hora. Cuando la evacuación se hace por medio de una tubería, por donde el líquido circula en carga, la instalación de un caudalímetro en línea permite medir y registrar el caudal que circula por la misma. Por último, cuando las instalaciones son pequeñas, el volumen de vertidos se puede conocer utilizando un depósito de acumulación de capacidad conocida, o bien mediante el tiempo de funcionamiento de una bomba de evacuación de caudal contrastado.
- *Medición indirecta de los vertidos.* Conociendo la cantidad de agua limpia que entra en la bodega mediante un caudalímetro, y de donde se deduce el volumen empleado para otros destinos distintos a los de limpieza, siempre que se trate de aguas limpias y que sean contrastadas y evacuadas por una red distinta a los primeros, tales como: agua para riego de jardines, agua de intercambio calórico, agua de enjuague de botellas nuevas, etc.



Medidor de caudal Parshall.

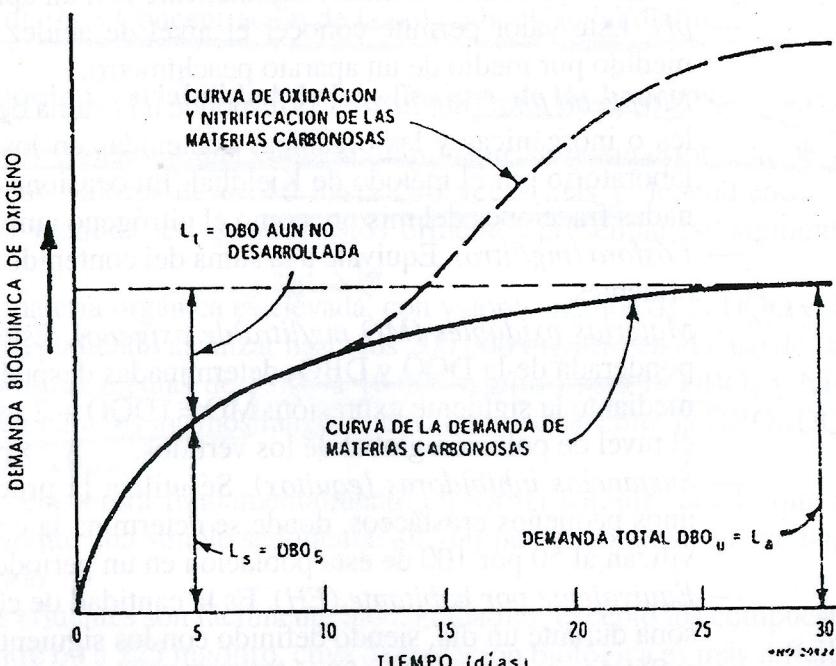
XXVII.2. CARGA CONTAMINANTE DE LOS EFLUENTES ENOLÓGICOS

Los vertidos líquidos de las bodegas se caracterizan, de una manera general, por presentar un impacto sobre el medio ambiente apreciable, por lo que tienen que ser depurados en las mismas antes de su vertido a los colectores o cauces públicos, debiéndose esta carga de polución a su concentración en sustancias orgánicas y no a un efecto de toxicidad de alguno de sus componentes. Las sustancias que contienen los vinos presentan una fuerte Demanda Química de Oxígeno (DQO), así como también una buena biodegradabilidad, excepto los polifenoles, con una relación Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)/Demanda Biológica de Oxígeno (DQO) situada entre valores de 0,5 a 0,7, que permite establecer de modo fácil un tratamiento de depuración de tipo biológico.

XXVII.2.1. Parámetros de la contaminación y su toma de muestras

Los principales parámetros medibles que pueden definir el mayor o menor grado de contaminación de las aguas residuales son los siguientes:

- *Demanda Química de Oxígeno (DQO mg/litro)*. Es la cantidad total de polución oxidable de un efluente, correspondiendo a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar las materias orgánicas y minerales contenidas en los vertidos. El método oficial de análisis se basa en una oxidación del exceso de dicromato potásico en medio ácido y en presencia de sulfatos de plata y de mercurio, siendo valorado con sulfato de amonio, permitiendo la medición de niveles inferiores a los 700 mg/litro. Existe otro método más rápido y sencillo de realizar, pero mucho menos preciso, basado en la oxidación de la materia orgánica por el dicromato potásico en medio ácido y en caliente, midiéndose este parámetro por colorimetría.
- *Demanda Biológica de Oxígeno (DBO mg/litro)*. Es la cantidad de polución biodegradable de un efluente, que corresponde a la cantidad de oxígeno necesaria, para unos determinados microorganismos, de oxidar las materias carbonadas biodegradables. Generalmente esta medida se hace en cinco días y a una temperatura de 20° C, por lo que entonces se habla de las DBO₅. La DBO forma parte de la DQO, aunque en ocasiones es interesante conocer los dos parámetros y especialmente para evaluar la relación DQO/DBO, que permite caracterizar mejor el tipo de vertido.



Desarrollo de la demanda bioquímica de oxígeno.

La medición de la DBO mediante el método oficial es relativamente complicada, aunque se pueden emplear otros métodos aproximados y menos complicados, unos basados en la medición del anhídrido carbónico desprendido por la respiración de los microorganismos de manera proporcional al oxígeno consumido, y otros fundamentados en el consumo de oxígeno contenido en un recinto antes y después de la prueba.

Los valores de la DBO y de la DQO de un efluente son la suma de las sustancias individuales que contienen. Así, para las contenidas en los vinos, éstas presentan los siguientes valores individuales:

	DQO (mg/litro)	DBO_5 (mg/litro)	DBO_5/DQO
Ácido acético	1.033	558	0,540
Ácido cítrico	697	350	0,502
Ácido gálico	989	515	0,521
Ácido láctico	971	571	0,588
Ácido málico	751	500	0,699
Ácido tartárico	508	270	0,531
Epicatequina	1.643	768	0,467
Etanol	2.120	1.367	0,645
Glucosa	1.090	750	0,688
Glicerol	1.202	635	0,528
Malvidol	1.259	258	0,205
Polifenoles tintos	1.830	271	0,148
Pirocatecol	1.917	695	0,362

- Materias en suspensión (MES mg/litro). Es la cantidad de elementos no solubles contenidos en una unidad de volumen del efluente. Se determina por diferencia de peso de un filtro, antes y después de pasar un cierto volumen del líquido a analizar, siendo previamente desecado a una temperatura de 105° C.
- Sólidos sedimentables (mg/litro). Es la cantidad de sólidos que sedimentan en una o dos horas en una probeta de decantación cónica tipo Imhoff.
- Temperatura (°C). Permite conocer la temperatura de los efluentes, siendo medidas en el lugar donde se producen.
- Turbidez (NTU). Este parámetro se mide mediante un aparato llamado turbidímetro o nefelómetro, que permite evaluar aproximadamente la carga contaminante del vertido.
- Conductividad eléctrica ($\mu\text{Siemens}/\text{cm}$). Permite conocer la cantidad de sales disueltas en los efluentes, midiéndose rápidamente con un aparato conductímetro.
- pH. Este valor permite conocer el nivel de acidez de los efluentes, siendo fácilmente medido por medio de un aparato peachímetro.
- Nitrógeno total (mg/litro). Corresponde a la suma de las sustancias nitrogenadas minerales o inorgánicas y las orgánicas contenidas en los vertidos, siendo determinado en el laboratorio por el método de Kjeldhal. En ocasiones se puede también analizar determinadas fracciones del mismo, como el nitrógeno amoniacal y el nitrógeno nítrico.
- Fósforo (mg/litro). Equivale a la suma del contenido en fósforo orgánico y mineral de los efluentes.
- Materias oxidables (MO mg/litro de oxígeno). Este parámetro corresponde a la media ponderada de la DQO y DBO_5 determinadas después de una decantación de dos horas y mediante la siguiente expresión: $\text{MO} = (\text{DQO} + 2 \cdot \text{DBO}_5)/3$. Este valor permite estimar el nivel de polución global de los vertidos.
- Sustancias inhibidoras (equitox). Se utiliza la prueba de los *Daphna magna*, que son unos pequeños crustáceos, donde se determina la concentración de efluentes que inmovilizan al 50 por 100 de esta población en un período de 24 horas.
- Equivalente por habitante (EH). Es la cantidad de contaminación generada por una persona durante un día, siendo definido con los siguientes valores:
 - Sólidos en suspensión: 90 gramos.

- Materias oxidables: 57 gramos.
- Nitrógeno total: 15 gramos.
- Fósforo total: 4 gramos.
- Compuestos organohalogenados: 0,05 gramos.
- Equitox: 0,2 gramos.

Aproximadamente unos 1.000 litros de agua de limpieza, que contienen unos 5 gramos por litro de materia oxidables, corresponden a la polución generada por una producción de 1.000 a 2.000 litros de vino, equivalen a unos 90 EH.

- *Unidades de daño (UD)*. Corresponde a una unidad de valoración de la contaminación de las aguas residuales para un determinado volumen de vino, estimándose según los siguientes datos:

- Sustancias degradables con materias orgánicas superiores al 10 por 100: 1,0 UD.
- Sustancias degradables con materias orgánicas inferiores al 10 por 100: 0,1 UD.
- Sustancias oxidables: 2,2 UD.

Los dos primeros valores se expresan en m³ o en toneladas respecto de la cantidad total de vino elaborado, mientras que el tercero se expresa en unidades de 100 kg sobre la misma cantidad. En la elaboración de los vinos se estiman aproximadamente 0,5 UD por cada 1.000 litros de vino embotellado.

La *toma de muestras* es una operación de gran importancia en la evaluación de la carga contaminante de las aguas residuales, en primer lugar para diseñar con la mayor exactitud posible la instalación de depuración de estos vertidos, y en segundo lugar para comprobar su funcionamiento con cierta periodicidad. El volumen de muestra que se toma para enviar al laboratorio para proceder a su análisis es de uno a dos litros, pudiendo conservarse hasta dos a tres días a una temperatura de 4° C, o almacenarse por congelación a 20° C bajo cero cuando el período de conservación sea más largo.

La toma de muestras puede hacerse de manera puntual sin ningún orden establecido, siendo mejor hacerlo en intervalos de tiempo regulares o bien cuando en una bodega se realiza una determinada operación de la elaboración, o incluso mejor mediante un sistema automático y continuo de determinación, donde además se puede medir exactamente el volumen de los vertidos en cada momento. Con la analítica de las muestras se establece la *concentración de la polución* por unidad de volumen, y conociendo la cantidad de vertidos diarios, entonces se puede determinar la *carga de polución diaria*, calculada de la siguiente forma:

$$\text{Carga de polución diaria} = \text{Concentración de la polución} \cdot \text{Caudal diario}$$

XXVII.2.2. Carga contaminante y variabilidad de los efluentes de las bodegas

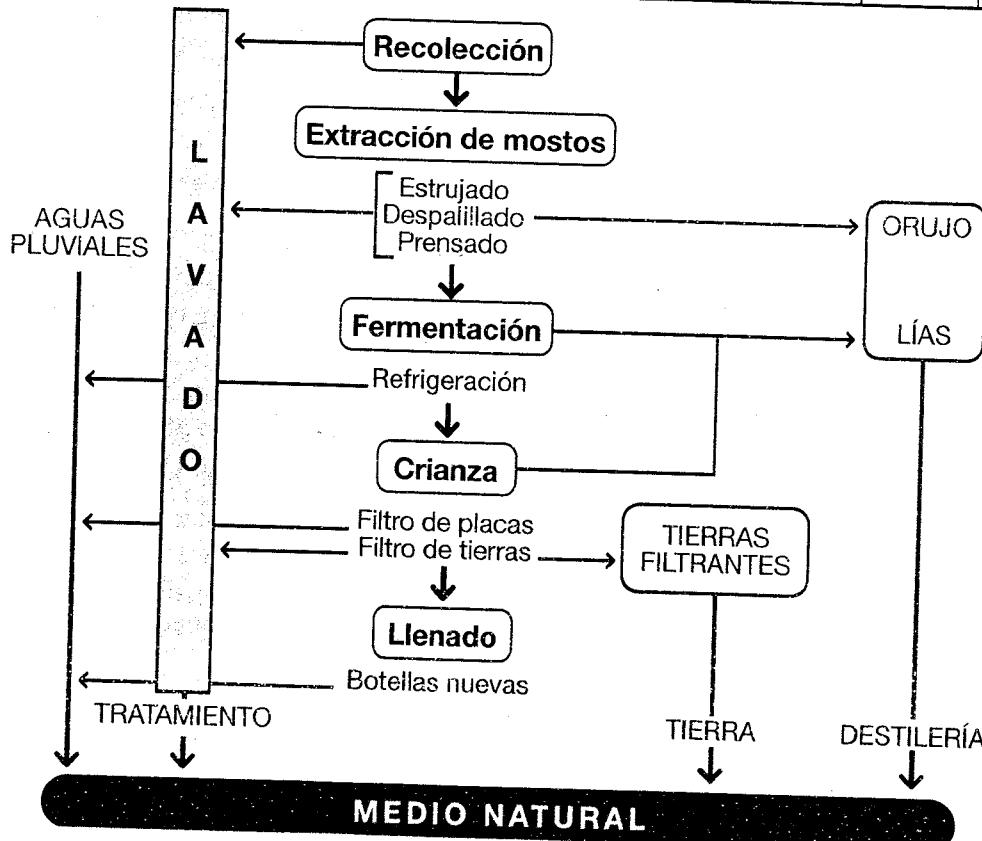
Los efluentes de las bodegas contienen una carga contaminante muy superior a la de los vertidos urbanos, oscilando según valores desde 10 hasta 200 veces más y dependiendo del grado de concentración de los vertidos. En general estos efluentes presentan las siguientes características:

- La concentración de la materia orgánica es elevada, con valores medios de la DQO entre 10.000 a 20.000 mg/litro, pudiendo alcanzar hasta los 200.000 mg/litro en el caso de fangos o lías puros, y con cifras medias de 5.000 a 10.000 mg/litro para la DBO₅ y hasta 150.000 mg/litro también para los mismos fangos o lías. La relación entre la DBO₅/DQO oscila entre valores de 0,5 a 0,7.
- La materia orgánica se encuentra fundamentalmente en forma soluble, por lo que no puede ser separada mediante una simple sedimentación, no pudiendo almacenarse largo tiempo sin su putrefacción.
- Los componentes de los efluentes son fácilmente biodegradables, excepto los compuestos fenólicos que oscilan entre 60 a 225 mg/litro, cuya degradación biológica es más difícil, e incluso pueden ser tóxicos para la fauna acuática con cantidades relativamente bajas.

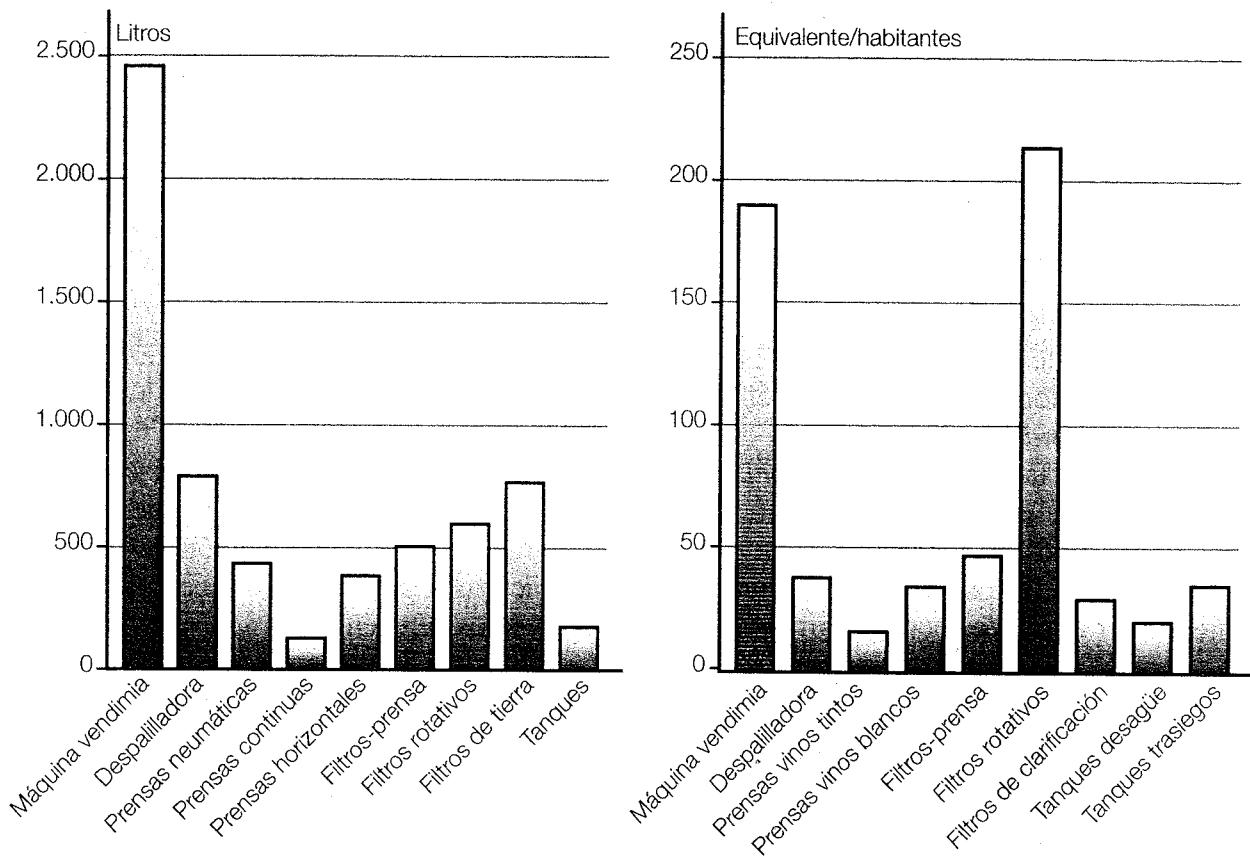
- Los vertidos contienen en algunos casos abundantes materias en suspensión, tales como: pepitas, hollejos, tartratos, tierras de filtración, etc., que pueden fácilmente ser separados mediante la sedimentación o el tamizado.
- El valor del pH es normalmente ácido con cifras entre 3,0 a 5,0 aunque en ocasiones puntuales pueden llegar hasta valores de 10 a 11 cuando se utilizan soluciones de sosa para el lavado o destartarizado de los depósitos.
- Los efluentes presentan una carencia acusada de nitrógeno y de fósforo, con una relación de DBO_5/NP del orden de 100/1/0,3. Sin embargo, cuando los vertidos proceden del lavado de las botellas de recuperación, entonces pueden contener una abundante cantidad de fosfatos, los cuales pueden desarrollar un desmesurado crecimiento de las algas, las cuales al pudrirse pueden demandar una importante cantidad del oxígeno contenido en las aguas continentales.
- Los restos de ferrocianuro procedentes de la clarificación azul son notablemente tóxicos para la fauna acuática, por lo que su vertido debe ser prohibido y tratado de forma independiente.

De la misma forma que el consumo de agua en las bodegas varía a lo largo del año debido a la estacionalidad de la producción vitivinícola, la carga contaminante también es diferente por las distintas operaciones que se realizan en las bodegas. El período punta de contaminación coincide también con el del consumo del agua, siendo la vendimia y los sucesivos trasiegos durante cuatro a seis semanas, donde se puede alcanzar una DQO entre 10 a 70 gramos/litro de efluentes, con un valor medio de 20 gramos/litro que equivale a una polución por hectolitro de unos 17 EH. Fuera del período de vendimia, la polución se encuentra ligada al tipo de operación que se realizan en cada momento en la bodega, destacando entre ellas las siguientes:

	pH	Sólidos en suspensión (mg/litro)	DQO	^{Mg/litro} DBO ₅	Polifenoles (mg/litro)	DBO ₅ /DQO
Lavado de depósitos del primer trasiego	3,7	17.500	15.200	9.700	120	0,64
Lavado de depósitos del segundo trasiego ..	3,7	3.500	16.300	9.300	185	0,57
Lavado de depósitos de una clarificación	4,5	4.400	24.100	12.800	90	0,53
Lavado de un filtro de tierras	3,7	28.400	19.500	10.100	110	0,52



Diferentes categorías de efluentes vinícolas.
(J. Blouin y E. Peynaud).



Efluentes vitícolas según las operaciones enológicas.

(J. Blouin y E. Peynaud).

Según H. Bauer, la distribución del nivel de contaminación de las aguas residuales en una bodega de elaboración de vinos blancos, puede obedecer al siguiente reparto:

- Prensado: 8,8 por 100.
- Desfangado de mostos: 21,4 por 100.
- Lías del primer trasiego: 49,9 por 100.
- Lavado del primer trasiego: 11,2 por 100.
- Lías del segundo trasiego: 2,4 por 100.
- Lavado del segundo trasiego: 1,4 por 100.
- Lavado de botellas: 4,9 por 100.

XXVII.2.3. Reglamentación de los vertidos

En nuestro país la reglamentación básica en materia de vertidos de las aguas residuales se encuentra en la Ley de Aguas 29/1985 de 2 de agosto, existiendo como consecuencia de la misma el desarrollo de un gran número de disposiciones, entre las que destaca el Real Decreto 849/1986 de 11 de abril por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, cuyo detalle se recoge en el apartado XXIX.8. *Reglamentación de los vertidos de aguas residuales*. En esta legislación se citan, entre otros, los aspectos fundamentales del vertido de efluentes al medio ambiente, precisándose en todos los casos una *autorización administrativa* otorgada por las autoridades pertinentes, donde destacan los Organismos de cuenca, también llamados *Confederaciones Hidrográficas*, que previo estudio de la caracterización de los vertidos y de las medidas correctoras aplicadas, son los entes encargados de la gestión y del control de los efluentes sobre los cauces públicos de cada cuenca o departamento fluvial.

El vertido de los efluentes a los cauces públicos se autoriza por debajo de unos parámetros mínimos, que deben cumplirse en todo momento, y también bajo el establecimiento de un *canón de vertido* destinado a la protección y mejora del medio receptor de cada cuenca hidrográfica,

Cuanto de vertido depende de la carga contaminante de vertido

1684 Tratado de enología

resultando éste del producto de la carga contaminante, expresada en unidades de contaminación, por el valor asignado a una unidad.

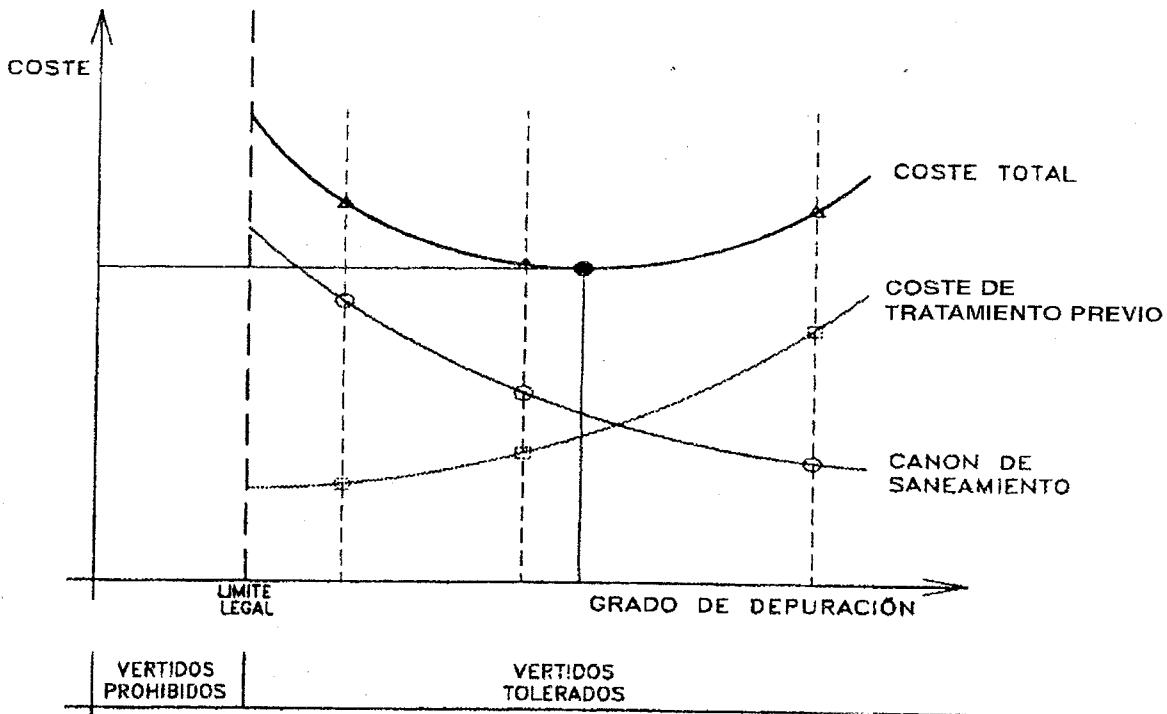
- Una unidad de contaminación (UC) equivale a la carga por habitante y día, estimada en 90 gramos de materias en suspensión (MES) y 61 gramos de materias oxidables (MO).
- La carga contaminante (C), expresada en unidades de contaminación (UC), se determina según la siguiente fórmula:

$$C = K \cdot V$$

V: volumen del vertido ($m^3/año$).

K: coeficiente que depende de la naturaleza del vertido de su grado de tratamiento previo. Estos valores de detallan en el apartado XXIX.8. *Reglamentación de los vertidos de aguas residuales*.

En cuanto a las sustancias contaminantes contenidas en los efluentes, se establece una primera relación de productos, que por su toxicidad, persistencia y bioacumulación, quedan prohibidos sus vertidos en el medio receptor; así como también una segunda relación de sustancias nocivas, cuyos efectos se gradúan según el tipo y características del medio receptor afectado, pudiendo ser regulados por los correspondientes Organismos de cuenca.



Análisis de costes de vertido de aguas residuales no domésticas. (M.^a José Clavijo).

Relación I de sustancias contaminantes *[prohibidas]*

1. Compuestos organohalogenados y sustancias que puedan dar origen a compuestos de esta clase en el medio acuático.
2. Compuestos organofosfóricos.
3. Compuestos organoestánnicos.
4. Sustancias que posean un poder cancerígeno, mutágeno o teratógeno en el medio acuático o a través del mismo.
5. Mercurio y compuestos de mercurio.
6. Cadmio y compuestos de cadmio.

7. Aceites minerales persistentes e hidrocarburos de origen petrolífero persistentes.
8. Sustancias sintéticas persistentes que puedan flotar, permanecer en suspensión o hundirse causando con ello un perjuicio a cualquier utilización de las aguas.

Relación II de sustancias contaminantes

- Sustancias que forman parte de las categorías y grupos de sustancias enumerados en la relación I para las que no se hayan fijado límites según este Reglamento, excepto cuando se trate de vertidos a aguas subterráneas.
- Sustancias o tipos de sustancias comprendidas en este apartado y que, aún teniendo efectos perjudiciales, puedan quedar limitados en zonas concretas según las características de las aguas receptoras y su localización.
- Los metaloides y metales siguientes y sus compuestos: cinc, cobre, níquel, cromo, plomo, selenio, arsénico, antimonio, molibdeno, titanio, estaño, bario, berilio, boro, uranio, vanadio, cobalto, talio, teluro y plata.
- Biocidas y sus derivados no incluidos en la relación I.
- Sustancias que tengan efectos perjudiciales para el sabor y olor de productos de consumo humano derivados del medio acuático, así como los compuestos susceptibles de originarlos en las aguas.
- Compuestos organosilícicos tóxicos o persistentes y sustancias que puedan originarlos en las aguas, excluidos los biológicamente inofensivos o que dentro del agua se transformen rápidamente en sustancias inofensivas.
- Compuestos inorgánicos de fósforo y fósforo elemental.
- Aceites minerales no persistentes o hidrocarburos de origen petrolífero no persistentes.
- Cianuros y fluoruros.
- Sustancias que influyen desfavorablemente en el balance de oxígeno, especialmente el amoníaco y los nitritos.

Independientemente de lo anteriormente expuesto, las sustancias contenidas en efluentes vertidos a los cauces públicos o al medio ambiente no superarán los valores de la siguiente relación, estableciéndose tres niveles en función de la sensibilidad de cada cuenca hidrográfica, utilizando generalmente el tercer nivel como más restrictivo:

Parámetros característicos en los vertidos

	Nota	Valores límites		
		Tabla 1	Tabla 2	Tabla 3
pH	A	5,5 a 9,5	5,5 a 9,5	5,5 a 9,5
Sólidos en suspensión (mg/l)	B	300	150	80
Materias sedimentables (ml/l)	C	2,0 ausentes	1,0 ausentes	0,5 ausentes
Sólidos gruesos	D	300	60	40
DBO ₅ (mg/l)	E	500	200	160
DQO (mg/l)	F	3°	3°	3°
Temperatura (°C).....	G	inapreciable en solución		
Color		1/40	1/30	1/20
Aluminio (mg/l)	H	2,0	1,0	1,0
Arsénico (mg/l)	H	1,0	0,5	0,5
Bario (mg/l)	H	20,0	20,0	20,0
Boro (mg/l)	H	10,0	5,0	2,0
Cadmio (mg/l)	H	0,5	0,2	0,1
Cromo III (mg/l)	H	4,0	3,0	2,0
Cromo VI (mg/l)	H	0,5	0,2	0,2
Hierro (mg/l)	H	10,0	3,0	2,0
Manganoso (mg/l)	H	10,0	3,0	2,0

Nota	Valores límites			
	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 3	
Níquel (mg/l)	H	10,0	3,0	2,0
Mercurio (mg/l)	H	0,10	0,05	0,05
Plomo (mg/l)	H	0,5	0,2	0,2
Selenio (mg/l)	H	0,10	0,03	0,03
Estaño (mg/l)	H	10,0	10,0	10,0
Cobre (mg/l)	H	1,0	0,5	0,2
Cinc (mg/l)	H	20,0	10,0	3,0
Tóxicos metálicos	J	3,0	3,0	3,0
Cianuros (mg/l)		1,0	0,5	0,5
Cloruros (g/l)		2,0	2,0	2,0
Sulfuros (mg/l)		2,0	1,0	1,0
Sulfitos (mg/l)		2,0	1,0	1,0
Sulfatos (g/l)		2,0	2,0	2,0
Fluoruros (mg/l)		12,0	8,0	6,0
Fósforo total (mg/l)	K	20,0	20,0	10,0
Amoníaco (mg/l)	L	50,0	50,0	15,0
Nitrógeno nítrico (mg/l)	L	20,0	12,0	10,0
Aceites y grasas (mg/l)		40,0	25,0	20,0
Fenoles (mg/l)	M	1,0	0,5	0,5
Aldehídos (mg/l)		2,0	1,0	1,0
Detergentes (mg/l)	N	6,0	3,0	2,0
Pesticidas (mg/l)	P	0,05	0,05	0,05

Notas

- A: la dispersión del efluente a 50 metros del punto de vertido debe conducir a un pH entre 6,5 a 8,5.
- B: no atraviesan una membrana filtrante de 0,45 micras.
- C: medidas en cono Imhoff en dos horas.
- D: para efluentes industriales, con oxidabilidad muy diferente a las de tipo doméstico, la concentración límite se referirá al 70 por 100 de la DBO total.
- E: determinación al dicromato potásico.
- F: en ríos, el incremento de temperatura media de una sección fluvial tras la zona de dispersión, no superará los 3° C.
- G: la apreciación de color se estima sobre 10 ml de muestra diluida.
- H: el límite se refiere al elemento disuelto, como ion o en forma compleja.
- J: la suma de las fracciones concentración real/límite exigidas y relativas a los elementos tóxicos arsénico, cadmio, cromo VI, mercurio, plomo, selenio, cobre y cinc, no superarán el valor de 3.
- K: si el vertido se produce a lagos o embalses, el límite se reduce a 0,5 en previsión de brotes eutróficos.
- L: en lagos o embalses el nitrógeno total no debe superar 10 mg/litro expresado en nitrógeno.
- M: expresado en $C_6O_{14}H_6$.
- N: expresado en lauril-sulfato.
- P: si se tratase exclusivamente con pesticidas fosfatados puede admitirse un límite de 0,1 mg/litro.

Además de la legislación general del Estado en materia de efluentes, cada Comunidad Autónoma y Entidades Locales pueden establecer medidas complementarias y compatibles en este mismo sentido, donde se recogen las condiciones de los vertidos en las redes de alcantarillado, colectores o instalaciones de saneamiento donde tienen competencia, y antes de que estas aguas viertan sobre los cauces públicos, donde la competencia es de las Confederaciones Hidrográficas y en consecuencia del Estado. Así por ejemplo la Ley 5/2000 de 25 de octubre, de saneamiento y depuración de aguas residuales de La Rioja, recoge entre otros aspectos los siguientes:

- Quedan prohibidos los vertidos a las redes de alcantarillado, sistemas de colectores o instalaciones de saneamiento que contengan los siguientes compuestos y sustancias o que puedan causar daños, peligros o inconvenientes en las instalaciones de saneamiento, por formación de mezclas inflamables o explosivas, efectos corrosivos sobre los materiales de las instalaciones de saneamiento, creación de atmósferas molestas, insalubres, tóxicas o peligrosas que impidan o dificulten el trabajo del personal, producción de sedimentos, incrustaciones o cualquier otro tipo de obstrucciones físicas, dificultades y perturbaciones en la buena marcha de los procesos y operaciones en las estaciones depuradoras, y resi-

duos que por sus concentraciones tóxicas o peligrosas requieran un tratamiento específico y control periódico de sus efectos nocivos potenciales.

- Sustancias sólidas o viscosas en cantidades o tamaños tales que, por sí solas o por integración con otros, sean capaces de producir obstrucciones o sedimentos que impidan el correcto funcionamiento de la red de saneamiento o dificulten los trabajos de conservación o mantenimiento de las mismas.
- Sólidos procedentes de trituradores de residuos, tanto domésticos como industriales.
- Combustibles, disolventes, diluyentes o líquidos orgánicos inmiscibles en agua, sustancias inflamables o explosivas.
- Aceites o grasas flotantes.
- Materiales alquitranados.
- Sustancias sólidas potencialmente peligrosas: carburo cálcico, bromatos, cloratos, hidruros, percloratos, peróxidos, amianto, etc.
- Gases procedentes de motores de explosión o cualquier otro componente que pudiera dar lugar a mezclas tóxicas, inflamables o explosivas en el aire.
- Desechos, productos radioactivos o isótopos de vida media corta o, concentración tal, que puedan provocar daños a personas o instalaciones.
- Disolventes orgánicos y clorados, pinturas, colorantes, barnices, lacas, tintes y detergentes no biodegradables.
- Compuestos orgánicos, halogenados, excluyendo materiales polímeros inertes y sustancias afines.
- Compuestos organofosfóricos y organoestánnicos.
- Compuestos organosilícicos tóxicos o persistentes y sustancias que puedan originarlos en las aguas, excluidos los biológicamente inofensivos y los que dentro del agua se transformaran rápidamente en sustancias inofensivas.
- Compuestos aromáticos policíclicos.
- Biocidas y sustancias fitofarmacéuticas.
- Fármacos desechables procedentes de industrias farmacéuticas o de centros de salud.
- Material manipulado genéticamente.
- Aguas residuales de centros sanitarios que no hayan sufrido tratamiento de eliminación de microorganismos patógenos.
- Aguas residuales con un valor de pH inferior a 5,5 o superior a 9,5 que tengan alguna propiedad corrosiva.
- Cualesquiera líquidos o vapores a temperatura mayor de 40° C.
- Agua de disolución salvo en situaciones de emergencia o peligro.
- Los que produzcan concentraciones de gases nocivos en la atmósfera de la red de alcantarillado superiores a los límites siguientes:
 - Amoníaco: 100 ppm.
 - Dióxido de azufre: 5 ppm.
 - Monóxido de carbono: 100 ppm.
 - Sulfídrico: 20 ppm.
 - Cianhídrico: 10 ppm.
 - Cloro: 1 ppm.
- Los caudales punta vertidos a la red no podrán exceder del quíntuplo en un intervalo de 15 minutos, o de dos veces y media en una hora de valor promedio al día.
- Los vertidos periódicos o esporádicos cuya concentración exceda durante cualquier período mayor de 15 minutos, en más de 5 veces el valor promedio de 24 horas.
- El vertido, sin autorización especial, de aguas limpias a los colectores de aguas residuales, cuando pueda adoptarse una solución técnica alternativa: por poder evitarse el vertido, o existir en el entorno una red de saneamiento separativa o un cauce público.

- Residuos industriales o comerciales que, por sus características tóxicas o peligrosas, requieran un tratamiento específico y control periódico de sus efectos nocivos.
- Todos aquellos productos contemplados en la vigente legislación sobre productos tóxicos o peligrosos.
- Valores límites instantáneos de emisión de vertidos a las redes de alcantarillado, colectores e instalaciones de saneamiento:

	Valores límite
Temperatura (°C)	40°
Sólidos en suspensión (mg/l)	600
Sólidos sedimentables (mg/l)	10
Color	inapreciable en solución con agua destilada en 1/40
pH	5,5 a 9,5
Conductividad (mS/cm)	5.000
DBO ₅ (mg/l)	600
DQO (mg/l)	1.000
Aceites y grasas (mg/l)	100
Cianuros (mg/l)	2,0
Fenoles (mg/l)	2,0
Aldehídos (mg/l)	4,0
Sulfatos (mg/l)	1.000
Sulfuros (mg/l)	2,0
Aluminio (mg/l)	20
Antimonio (mg/l)	1,0
Arsénico (mg/l)	1,0
Bario (mg/l)	10
Berilio (mg/l)	1,0
Boro (mg/l)	3,0
Cadmio (mg/l)	0,5
Cobalto (mg/l)	1,0
Cobre (mg/l)	2,0
Cromo VI (mg/l)	0,5
Cromo total (mg/l)	5,0
Cinc (mg/l)	5,0
Estaño (mg/l)	5,0
Hierro (mg/l)	10
Manganoso (mg/l)	2,0
Mercurio (mg/l)	0,1
Molibdeno (mg/l)	1,0
Níquel (mg/l)	5,0
Plata (mg/l)	1,0
Plomo (mg/l)	1,0
Selenio (mg/l)	1,0
Talio (mg/l)	1,0
Telurio (mg/l)	1,0
Titanio (mg/l)	1,0
Vanadio (mg/l)	1,0
Cloruros (mg/l)	1,0
Sulfitos (mg/l)	2.000
Fluoruros (mg/l)	10
Fosfatos (mg/l)	60
Nitrógeno amoniacal (mg/l)	35
Nitrógeno total Kjeldahl (mg/l)	50
Nitrógeno nítrico (mg/l)	20
Detergentes biodegradables (mg/l)	10
Pesticidas (mg/l)	0,2
Total metales (Zn+Cu+Ni+Al+Fe+Cr+Cd+Pb+Sn+Hg mg/l)	<20

— **Canon de saneamiento.** La recaudación del canon de saneamiento se destinará íntegramente a financiar las actividades de saneamiento y depuración. Su devengo se realiza mediante el consumo de agua, estando exentos entre otros los consumos de aguas de riego y de actividades ganaderas con instalaciones adecuadas; de tal modo que su base imponible está formada por el consumo de agua, y en caso de usuarios no domésticos por su carga contaminante. El volumen de agua consumida puede medirse mediante dispositivos de aforo directo de caudales, o cuando estos dispositivos no existan, mediante las siguientes estimaciones:

- Captaciones con grupo elevador:

$$Q = (5.000 \times P)/H$$

Q: consumo anual estimado (m^3).

P: potencia de los grupos elevadores (kW).

H: profundidad dinámica media del acuífero (m).

- Contratos de aforo:

$$Q = I/M$$

Q: consumo mensual estimado (m^3).

I: importe satisfecho por el precio del agua (€).

M: precio medio del agua en la zona ($€/m^3$).

Para los vertidos domésticos, el importe de canon se obtendrá aplicando al volumen de agua consumido en el período de facturación por el coeficiente 0,21.

Para los vertidos procedentes de usuarios no domésticos, el importe de canon se obtendrá aplicando el coeficiente 0,21 al volumen de agua consumida, o en su caso vertida, teniendo en cuenta además la carga contaminante:

$$I = 0,21 \cdot Q (K_1 \cdot SS/SS_0 + K_2 \cdot DQO/DQO_0 + K_3 \cdot C/C_0)$$

I: importe de canon (€).

Q: volumen consumido en el período de facturación (m^3).

SS: sólidos en suspensión en el vertido (mg/l).

SS₀: sólidos en suspensión estándar del agua residual doméstica (220 mg/l).

DQO: demanda química de oxígeno en el vertido (mg/l).

DQO₀: demanda química de oxígeno estándar del agua residual doméstica (500 mg/l).

C: conductividad eléctrica en el vertido («my»S/cm).

C₀: conductividad eléctrica estándar del agua residual doméstica (400 «my»S/cm) añadiendo la del agua de entrada.

K₁, K₂, K₃: valores a establecer reglamentariamente en función de los costes de depuración.

Para los vertidos procedentes de usuarios no domésticos con sistemas de saneamiento individual en los que no pueda determinarse la carga contaminante, el importe de canon se calcula como sigue:

$$I = 0,21 \cdot Q \cdot K_4$$

I: importe de canon.

Q: volumen consumido en el período de facturación (m^3).

K₄: valor a establecer reglamentariamente en función de los costes de depuración.

XXVII.2.4. Medidas para la reducción del volumen y la carga contaminante de los efluentes

El coste de depuración de las aguas residuales depende del costo de instalación de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR), así como también del tipo o de la intensidad de tratamientos a realizar en la misma para su depuración, los cuales a su vez se encuentran íntimamente relacionados con el volumen de vertidos y con su carga contaminante. La reducción de ambos factores implica por lo tanto un menor costo de su depuración, por lo que la primera labor a efectuar para solucionar los vertidos de cualquier actividad, y por lo tanto de las bodegas, es conseguir una reducción de los mismos. El mejor sistema de limpieza es no ensuciar, y cuando se mancha siempre es mejor que se haga de forma concentrada.

La reducción de los volúmenes y carga contaminante de los vertidos se consigue aplicando en la bodega una serie de medidas, algunas importantes y otras no tanto, pero que sumadas pueden suponer la minimización de los efluentes generados.

- Separar completamente las redes de saneamiento de las aguas residuales o de higienización, de las aguas limpias procedentes de pluviales, intercambio calórico o enjuague de botellas nuevas. También, cuando sea posible, separar las aguas residuales de uso industrial, de las de uso doméstico, pues su tratamiento es conveniente hacerlo de manera diferenciada; aunque cuando se trata de pequeñas viviendas o de aseos instalados dentro de las bodegas, el unirlas no supone inconveniente alguno.

La incorporación directa de las aguas residuales de las bodegas a las estaciones depuradoras de la población, nunca debe ser permitida, pues al tratarse de unas industrias de campaña con aportes fluctuantes y con un tipo de vertidos de características diferentes, puede suceder que se altere gravemente la flora microbiana de la depuradora y ésta deje temporalmente de funcionar. Será preciso realizar un tratamiento de depuración previo, para poder regular el aporte de los vertidos y también para acondicionar los efluentes a los de la otra depuradora.

- El diseño de la bodega puede condicionar el volumen de agua consumido y también su grado de contaminación, especialmente en lo referente a los pavimentos, sistema de saneamiento utilizado, materiales de construcción de los depósitos de fermentación y almacenamiento, así como también de la maquinaria, y por último del programa de limpieza establecido en la bodega; cuyo detalle se comentó en el apartado X.3.2. Operaciones de limpieza y desinfección en la bodega.
- Separación y valorización de los subproductos enológicos, de acuerdo con lo expuesto en el Capítulo XXVI: Subproductos vitivinícolas, donde destacan los siguientes:
 - Orujos. Aprovechamiento por destilación del alcohol que contienen, con posterior compostado para la obtención de materia orgánica, y obtención de aceite a partir de las pepitas y harinas grasas para la alimentación animal.
 - Fangos, heces o lías. Presentan un elevado grado de contaminación, con una DQO entre 200 a 250 gramos de oxígeno por litro, destinándose principalmente a la destilación y obtención de tartratos.
 - Tierras de filtración residuales. Presentan un elevado poder contaminante cuando son arrastradas por el agua de limpieza, con una cantidad de materia en suspensión de 60 a 150 gramos/litro, una DQO entre 25 a 70 gramos/litro, una DBO₅ de 20 a 60 gramos/litro, y unos valores de pH entre 3,5 y 4,0.

Para evitar o reducir el vertido de estas tierras muy cargadas de contaminantes, se plantea la sustitución de este tipo de filtros por otros más ecológicos como los tangenciales, o bien instalar en los filtros de tierra unos dispositivos adicionales conocidos como «filtro de residuos», que tienen por misión secar los restos de la filtración, extrayéndolos prácticamente sólidos de los mismos. Su valorización puede hacerse mediante el aprovechamiento de los tartratos, o bien como compostado para su utilización agrícola.

- Aguas del destartarizado con sosa de los depósitos. Presentan un elevado poder contaminante, con una DQO a veces superior a los 100 gramos de oxígeno/litro y unos valores de pH entre 9 y 11. La mejor solución es valorizarlas para la obtención de tratados, mediante un procedimiento descrito en el apartado XXVI.2.4. Aprovechamiento de los subproductos y efluentes líquidos de las bodegas.
- Aspectos a tener en cuenta en las diferentes operaciones de limpieza de la bodega (Proyecto Life: empresa, medio ambiente y vino «de la vid a la botella»):
 - Limpieza:
 - Limpieza de la suciedad en el menor tiempo posible para evitar incrustaciones.
 - Realización de los lavados siempre con mangueras de caudal adecuado y boquillas provistas de cierre.
 - Utilizar agua a presión y en caliente siempre que no dañe a las superficies.
 - Realizar la primera limpieza en seco antes de utilizar agua.
 - Recoger los restos sólidos y nunca arrastrarlos con agua.
 - Respetar las instrucciones y dosis indicadas en los productos de limpieza.
 - Recepción de vendimia:
 - Mantenimiento adecuado de la maquinaria para evitar fugas y derrames.
 - Lavado diario de la maquinaria con sistemas de presión, para evitar las incrustaciones de la suciedad.
 - Empleo de mangueras de caudal adecuado y a presión para los lavados de remolques, toldos y cajas de vendimia. Ejecución de estas operaciones en zonas dispuestas para ello: pavimentadas y con red de saneamiento.
 - Empleo de maquinaria específica para el lavado de las cajas de vendimia.
 - Recogida en recipientes de todos los rechazos o destíos derivados de la selección manual de la uva. No abandonarlos en el suelo y evitar su contacto con las aguas residuales, siendo valorizados en la alcoholera.
 - Recogida de raspones en contenedores.
 - Fermentación:
 - Utilizar ciclos cerrados o equipos de frío para la refrigeración de los depósitos.
 - Evitar el llenado de los depósitos de forma excesiva para prevenir los desbordamientos durante la fermentación.
 - Prevenir los derrames durante los trasiegos y el llenado de los depósitos, prestando especial atención al final del llenado o vaciado de los mismos, especialmente cuando las mangueras o tuberías se encuentran completamente llenas de líquidos.
 - Limpieza de los depósitos o de las prensas inmediatamente después de vaciados, para evitar incrustaciones.
 - Realizar una primera limpieza de los depósitos de fermentación en seco, aprovechando los restos de sustancias adheridas para enviarlas a su prensado, prestando especial cuidado en su traslado.
 - Almacenamiento de los orujos resultantes del prensado de manera adecuada, protegiéndolos especialmente de la lluvia y evitando su lixivado hacia los desagües o el terreno.
 - Estabilización:
 - Recogida y aprovechamiento de las lías resultantes de los procesos de clarificación y estabilización con destino a la alcoholera.
 - Recogida en seco y aprovechamiento de los tartratos depositados en las paredes de los depósitos.
 - En las clarificaciones con claras de huevo frescas, no verter las yemas por el desague y aprovechándolas como subproducto alimentario.
 - Crianza en barrica:
 - Recogida de los turbios para su destilación en la alcoholera.
 - Lavado de las barricas con maquinaria adecuada que ahorre agua.

- Eliminar las barricas excesivamente viejas con importantes riesgos de fugas.
- Especial cuidado en los trasiegos de las barricas para evitar pérdidas y derrames, evitando llenarlas en exceso cuando se realiza la fermentación en estos recipientes para prevenir desbordamientos.
- Filtración:
 - Restringir el uso de los filtros de tierras, en favor de otros sistemas de filtración que generen menos residuos.
 - Realizar la limpieza de los filtros una vez utilizados, sin dejar que la suciedad se seque.
 - Dosificar adecuadamente los productos de limpieza y desinfección.
- Embotellado:
 - Sustitución del enjuagado de las botellas por otros sistemas que no consuman agua: soplado, aspiración, etc.
 - Ajuste de todos los elementos de la línea de embotellado para evitar pérdidas y derrames.

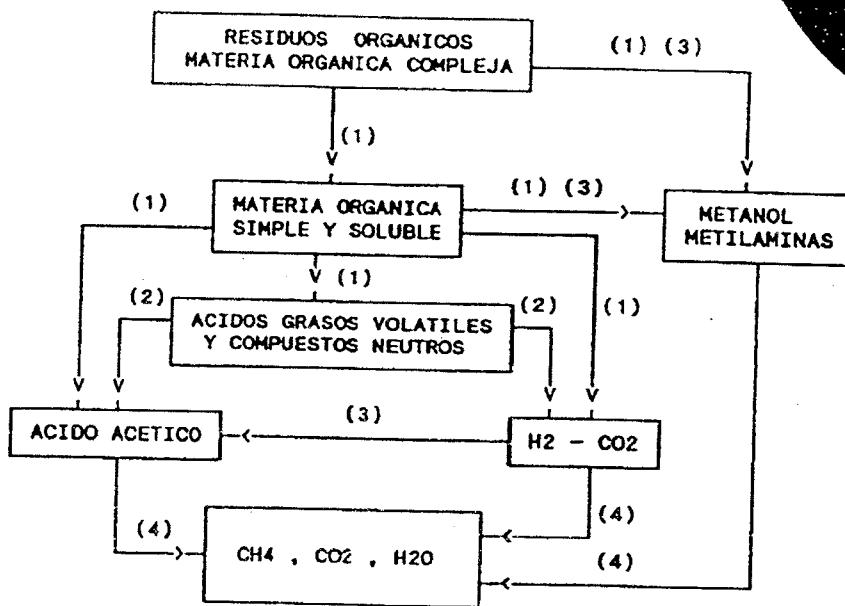
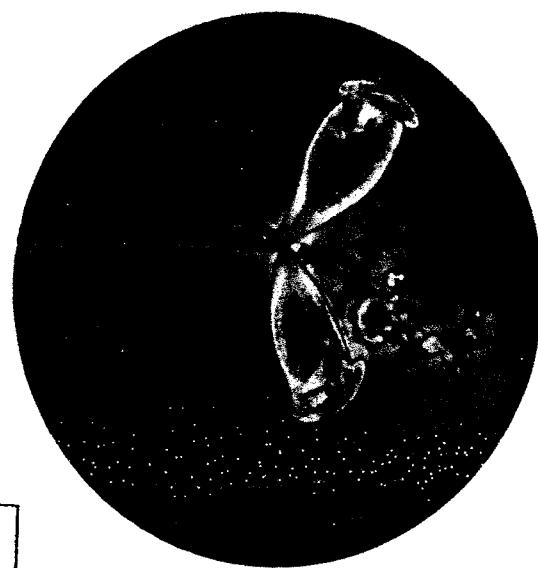
XXVII.3. SISTEMAS DE DEPURACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de las aguas residuales se realiza para reducir o incluso llegar a anular la carga contaminante que contienen, evitando de este modo su vertido al medio ambiente, con los graves inconvenientes que de ello se derivan. Los efluentes de las bodegas generalmente no contienen sustancias tóxicas, pero presentan una importante concentración de materia orgánica, que disuelta en las aguas, generan en su degradación un importante consumo de oxígeno; además de suministrar nutrientes para el desarrollo de las algas, teniendo como resultado una reducción de la iluminación solar del agua y por lo tanto de la fotosíntesis de las plantas acuáticas productoras de oxígeno. La consecuencia de esta falta de oxígeno disuelto en el agua es la muerte de los organismos vivos acuáticos que precisan de este elemento, como, por ejemplo, los peces, y por lo tanto una degradación del ciclo biológico de los cursos de agua.

La depuración de las aguas residuales se puede realizar por varios sistemas: los *tratamientos físicos* que, o bien reducen el volumen de los efluentes, o bien separan una parte importante de los sólidos en suspensión; los *tratamientos químicos* donde generalmente se acondicionan las aguas para permitir una mejor depuración por otros sistemas; y por fin los *tratamientos biológicos* donde se consigue una eficaz reducción de la carga contaminante de los vertidos, siendo éstos los sistemas que en la actualidad se emplean para la depuración de las aguas. Los microorganismos que generalmente producen la degradación de la materia orgánica son las bacterias, pudiendo encontrarse en una depuradora unas poblaciones de $1 \cdot 10^{10}$ a $1 \cdot 10^{12}$ bacterias por litro, desarrollándose en este medio generaciones sucesivas, donde el tiempo de multiplicación puede ser de 20 minutos para las bacterias aeróbicas o de 10 a 35 días para las anaeróbicas, razón por la cual se prefiere un proceso de depuración del primer tipo dada la mayor velocidad de formación de biomasa.

El *metabolismo aeróbico* precisa del oxígeno disuelto en el medio, donde el anabolismo de las bacterias produce la síntesis de las sustancias celulares para el crecimiento de la biomasa, así como también el catabolismo o combustión con la producción de anhídrido carbónico, agua y sustancias nitrogenadas. Los principales factores que intervienen en este proceso son los siguientes: temperatura óptima entre 15° y 35° C, cantidad de oxígeno disuelto suficiente, valores de pH entre 7 a 8, nutrientes entre los que destacan el fósforo y el nitrógeno para los efluentes enológicos, y la ausencia de sustancias tóxicas.

El *metabolismo anaeróbico* se produce en un medio carente de oxígeno, donde intervienen las bacterias hidrolíticas y acidógenas que transforman la materia orgánica en sustancias más simples, apareciendo a continuación las bacterias acetógenas que producen ácido acético e hidrógeno necesarios para las siguientes bacterias metanógenas, que por último forman



- (1) Bacterias Hidrolíticas-Acidógenas
- (2) Bacterias Acetógenas
- (3) Bacterias Homoacetógenas
- (4) Bacterias Metanógenas

Vías metabólicas del Proceso Microbiológico de Metanogénesis.

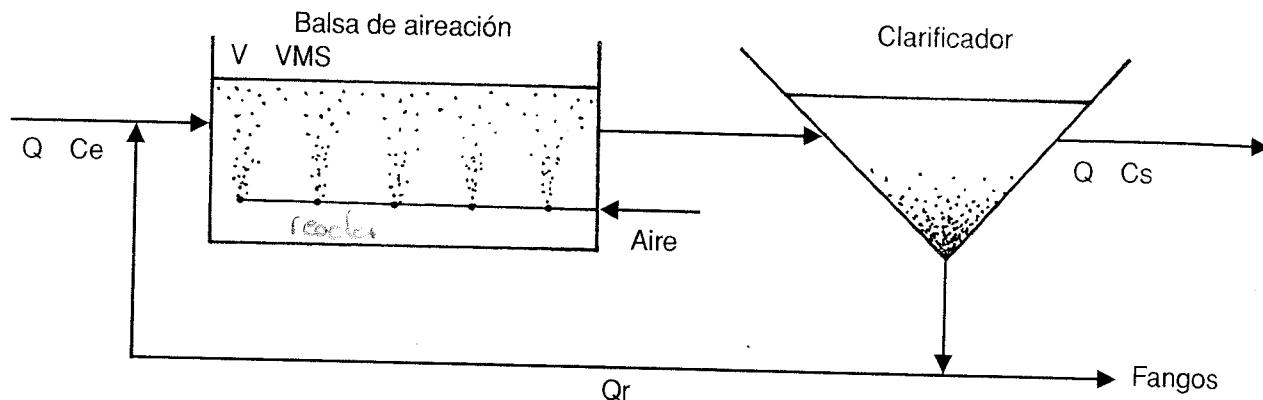
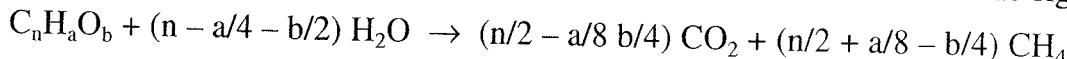
Composición del biogás en función de la relación C/N

Relación C/N	Biogás			
	CH ₄	CO ₂	H ₂	N ₂
Baja < 20:1	Poco	Mucho	Poco	Mucho
Media (equilibrada)	Mucho	Poco	Poco	Poco
Alta > 30:1	Poco	Mucho	Mucho	Poco

Efecto en la digestión anaerobia en la concentración de iones minerales en el sustrato

Iones	Concentración en mg.l ⁻¹		
	Estimulante	Inhibidor débil	Inhibidor fuerte
Sodio Na ⁺	100-200	3.500-5.500	8.000
Potasio K ⁺	200-400	2.500-4.500	12.000
Calcio Ca ²⁺	100-200	2.500-4.500	8.000
Magnesio Mg ²⁺	75-150	1.000-1.500	3.000
Amonio NH ⁴⁺	50-200	1.500-2.000	3.000
Sulfuro S ²⁻	—	< 200	200

metano y anhídrido carbónico. En este caso, la formación de la biomasa es más limitada que en los sistemas aeróbicos, por lo que en estos sistemas de depuración, las bacterias se fijan sobre un soporte llamado «lecho bacteriano» por donde se hace circular el efluente. La temperatura óptima se encuentra entre 35° a 37° C en régimen mesofílico, con un valor idóneo de pH cercano a la neutralidad, aunque ligeramente básico (6,5 a 7,5); con un nivel ideal de nitrógeno de 50 a 200 mg/litro y una relación de C/N de 20 a 30/1; con necesidades nutritivas C, N, P en una proporción de 100-5-1 ó 100-4-1, y un potencial redox inferior a -350mV. La transformación de la materia orgánica en productos gaseosos por vía metanógena (CH_4 y CO_2), sigue generalmente la ecuación de Buswell, mediante la cual se establece lo siguiente:



Los parámetros que caracterizan el funcionamiento de un tratamiento de depuración biológico, son los siguientes:

- **Rendimiento (R).** Este parámetro mide la eficacia del tratamiento de depuración, por diferencia entre la carga contaminante (DQO o DBO_5) a la entrada y a la salida de los efluentes.

$$R (\%) = (Ce - Cs) \cdot 100 / Ce$$

Ce: contaminación en la entrada.

Cs: contaminación en la salida.

- **Tasa de reciclado (r).** Es la relación entre el caudal de fangos o efluentes reciclados y el caudal de entrada en la depuradora.

$$r = Qr/Q$$

Q: caudal de entrada de efluentes.

Qr: caudal de efluentes reciclados.

- **Carga volúmica (Cv).** Es la cantidad de polución expresada en DQO o DBO_5 por unidad de volumen del reactor de depuración.

$$Cv (\text{kg DQO o } \text{DBO}_5/\text{m}^3 \text{ y día}) = Q \cdot Ce/V$$

$K_S / \text{día} \cdot \text{m}^3$

Q: caudal de entrada de efluentes.

Ce: contaminación de entrada.

V: volumen del reactor.

- **Carga másica (Cm).** Es la cantidad de materia orgánica expresada en DQO o DBO_5 aplicada por día a la masa de fangos contenidos en el sistema y expresados como materias volátiles en suspensión (MVS).

$$Cm (\text{kg DQO o } \text{DBO}_5/\text{kg MVS y día}) = Q \cdot Ce/MVS \cdot V$$

Q : caudal de entrada de efluentes.

Ce : contaminación de entrada.

MVS: materias volátiles en el reactor, que oscilan entre el 70 a 90 por 100 de las materias en suspensión totales (MES).

V : volumen del reactor.

- Producción de fangos. Es la cantidad de fangos producidos en un reactor por unidad de tiempo, expresándose como: kg MES/kg DQO eliminado, oscilando en los tratamientos biológicos entre valores de 0,2 a 0,3 kg MES/kg DQO.

La estacionalidad de los vertidos de las bodegas, especialmente en la época de vendimia y de los trasiegos, con una importante producción del volumen de efluentes y de su carga contaminante, del orden de un 40 a 50 por 100 respecto del total del año durante tan solo dos a tres meses, complica el diseño de la estación depuradora en cuanto a su capacidad y funcionamiento. Las soluciones a este problema pasan por la instalación de una gran balsa reguladora, donde se acumulan las aguas vertidas en el período punta antes citado, situando a continuación una instalación de tratamiento de menor capacidad, para el tratamiento diario y constante de los efluentes durante el resto del año; o bien instalando un sistema de depuración modular, donde se pueden poner en funcionamiento un mayor o menor número de módulos, en función del volumen y del grado de contaminación de los efluentes a depurar.

Los sistemas de depuración discontinuos son propios de bodegas de mediana a pequeña capacidad, debiendo dimensionarse estimando su carga de polución acumulada de dos a tres semanas, mientras que los continuos se utilizan preferentemente en bodegas de mayor volumen o en el caso de tratamientos colectivos, calculándose en este caso en tres o cuatro días de acumulación de efluentes.

XXVII.3.1. Tratamientos físicos y químicos de predepuración

Estos tratamientos por sí solos no resuelven completamente la depuración de las aguas residuales, pero contribuyen de manera notable a disminuir el volumen de los vertidos o bien de su carga contaminante; por lo que se utilizan como etapa previa a la de depuración propiamente dicha, donde se consigue reducir la capacidad de la instalación y también mejorar su rendimiento. Los tratamientos físicos que se aplican a los vertidos, pueden ser los de tamizado, concentración de los mismos, y almacenamiento antes de su depuración; mientras que los químicos se refieren más bien a un acondicionamiento de los efluentes para reducir su carga contaminante o mejorar el posterior proceso de depuración biológica.

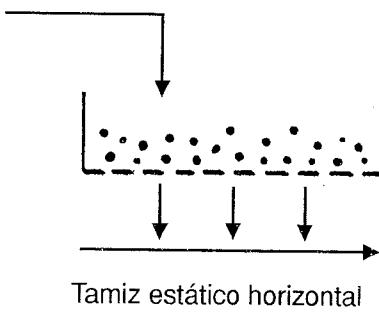
XXVII.3.1.1. Desbaste o tamizado de los vertidos

Las aguas residuales procedentes de las bodegas se caracterizan por contener una importante cantidad de partículas sólidas en suspensión de gran tamaño, sobre todo cuando proceden de las operaciones de lavado de la vendimia y de la limpieza de los depósitos, tales como: pepitas, hollejos, fragmentos de raspones, costras de tartratos, etc. Estos materiales deben ser separados de los efluentes líquidos, pues su presencia en el proceso de depuración entraña una mayor carga contaminante, y también el riesgo de obturaciones en las instalaciones, como conducciones, bombas, boquillas, etc.

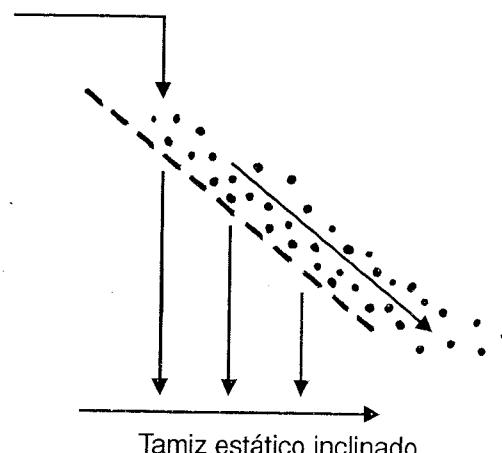
La decantación puede ser un eficaz método de separación de estos materiales, pudiendo eliminarse los más pesados por sedimentación en el fondo del recipiente, o bien por flotación los situados en su superficie. Sin embargo el tamizado es el mejor sistema de separación de sólidos, debido a la sencillez de las instalaciones y a su fácil funcionamiento, haciendo pasar los efluentes brutos a través de un tamiz o rejilla autolimpiable, con un determinado tamaño de orificios entre 1 a 10 mm en función del tipo de tamiz y de su capacidad de colmatación.

- Tamiz estático horizontal. Una simple rejilla dispuesta en forma horizontal es capaz de retener las partículas sólidas que acompañan a las aguas residuales, limitando los orificios de paso a un tamaño de 8 a 10 mm debido a las dificultades de limpieza periódica que precisan estas instalaciones.

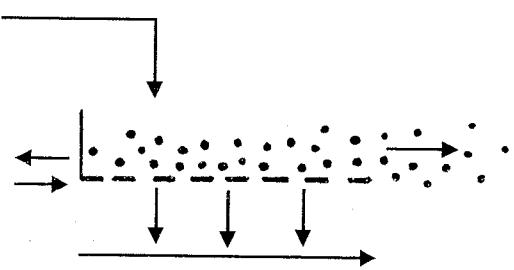
- *Tamiz estático inclinado.* La rejilla de separación de sólidos se coloca inclinada, de forma que los efluentes se vierten por su parte superior, percolando el líquido a través del tamiz y resbalando los materiales retenidos hacia la parte inferior del dispositivo. Este sistema permite un tamizado más fino, con orificios de 0,5 a 1,0 mm de luz, aunque también precisa de una limpieza periódica aunque más espaciada.
- *Tamiz horizontal vibratorio.* Su disposición es similar al primero, pero la rejilla se encuentra animada de un movimiento de vibración, evitando de este modo la colmatación de los orificios, que entonces pueden ser de un tamaño inferior a 1 mm, y permitiendo la separación automática de los sólidos retenidos.
- *Tamiz rotativo.* En este caso la rejilla tiene forma de tambor horizontal giratorio, recibiendo los efluentes por la parte exterior superior, percolando el líquido desbastado hacia el interior, y depositándose sobre la rejilla los sólidos, siendo éstos separados por el giro del tambor con ayuda de una cuchilla dispuesta al efecto.



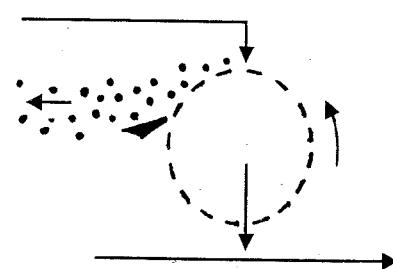
Tamiz estático horizontal



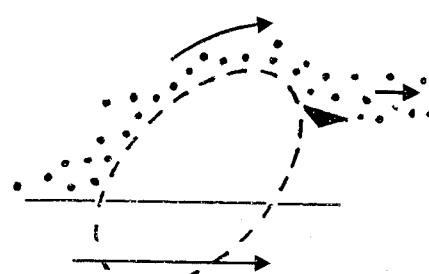
Tamiz estático inclinado



Tamiz horizontal vibratorio



Tamiz rotativo



Tamiz de cadena continua autolimpiable

- *Tamiz de cadena continua autolimpiable.* Este sistema está formado por un conjunto de jaulas perforadas colocadas sobre un dispositivo elevador continuo, encontrándose parcialmente sumergido su parte inferior en la canalización de acceso de los efluentes a la depuradora, de tal forma que al girar y emerger las jaulas, separan del líquido las partículas sólidas, siendo éstas vertidas en su descenso sobre dispositivo acumulador.

XXVII.3.1.2. Concentración de los efluentes

La eliminación parcial del agua contenida en los efluentes permite la reducción del volumen de los mismos, optimizando de este modo el funcionamiento de la instalación de depuración, pudiendo llegar en algunos casos a constituir un completo tratamiento de depuración por evaporación total del agua. Los posibles sistemas de concentración de los efluentes, pueden ser los de evaporación natural en balsas, evaporación forzada sobre paneles o mediante ventilación, concentración por condensación fraccionada, y ósmosis inversa.

Evaporación natural en balsas

Los efluentes se almacenan en balsas de una gran superficie y pequeña profundidad, estando construidas de materiales impermeables como las arcillas o recubiertas de membranas sintéticas, para impedir su infiltración en el terreno que pudieran afectar a las aguas subterráneas, por lo que siempre resulta preceptivo el correspondiente estudio hidrogeológico y geotécnico. Este sistema se utiliza con gran eficacia en lugares donde las condiciones climatológicas son favorables para la evaporación del agua, es decir bajo el efecto del viento y de las elevadas temperaturas, calculándose la superficie de las balsas mediante la diferencia del déficit hídrico y con la siguiente expresión:

$$S (m^2) = \frac{Ef}{Ev - P}$$

Ef : volumen de efluentes (litros/año).

Ev: evaporación anual (litros/m² y año).

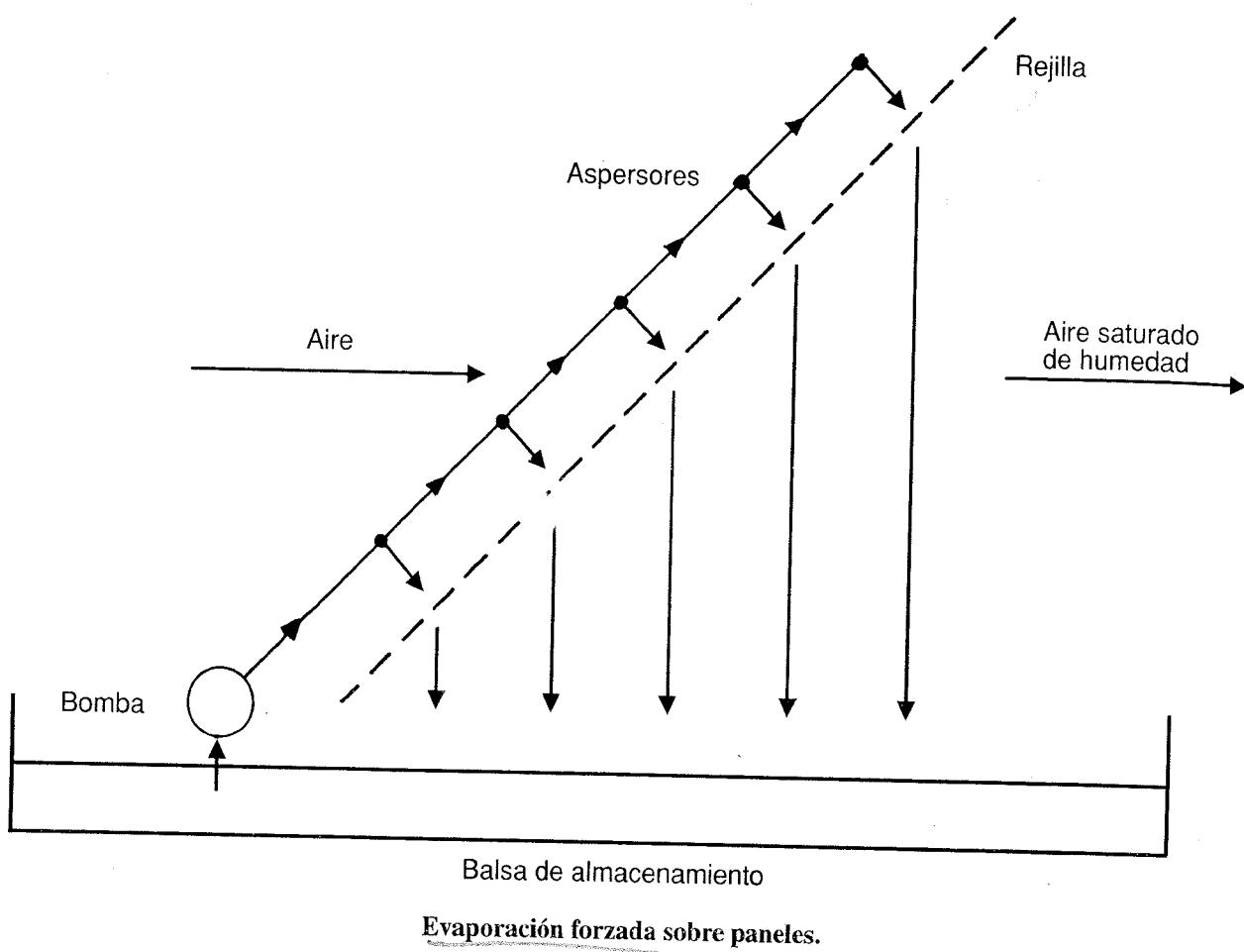
P : precipitaciones anuales (litros/m² y año).

El cálculo se realiza aplicando un margen de seguridad del 20 a 30 por 100, llegando a alcanzar una evaporación anual aproximada de unos 30 a 50 cm de altura de lámina de agua; precisándose una limpieza periódica de las balsas cada 5 a 10 años de los fangos decantados, estando situadas en lugares lejanos a las zonas habitadas o fuera de la dirección del viento dominante, debido a la formación y al desprendimiento de olores desagradables.

Evaporación forzada sobre paneles

Para aumentar la evaporación del agua contenida en los efluentes, se pueden instalar sobre las balsas unos paneles metálicos de rejilla, situados inclinados con un ángulo de 60°, donde los vertidos son bombeados y proyectados sobre ellos por medio de unos difusores. La evaporación del agua se produce sobre la superficie de los paneles, ayudando la temperatura ambiente y la intensidad del viento de la zona, por lo que su orientación y altura de estos elementos son cuestiones de gran importancia; obteniéndose resultados del orden de 80 a 100 veces más eficaces que los de la evaporación natural en balsas. El cálculo de la superficie de los paneles se realiza de una forma similar al anterior sistema, obteniéndose un desarrollo de unos 500 m² para tratar un volumen de 1.000 m³ de efluentes al año, y con una capacidad en las balsas del 40 por 100 del volumen anual de los efluentes.

Las aguas residuales deben ser previamente tamizadas por una rejilla de luz inferior a los 5 mm, estableciéndose un programa periódico de limpieza semanal durante el verano, que puede ser alargado durante el invierno hasta dos a tres semanas; obteniéndose en las balsas un volumen anual de fangos del orden del 5 por 100, por lo que éstas deben ser limpiadas periódicamente.



Evaporación forzada por ventilación

Este sistema es muy similar al anterior, sustituyendo los paneles de evaporación por unos módulos colocados sobre las balsas, donde en su interior una ventilación forzada evapora el agua de los efluentes previamente tamizados, que cae en forma de lluvia sobre un material de relleno de polietileno. En este caso la capacidad de las balsas se calcula como del 50 a 60 por 100 del volumen anual de efluentes, siendo también necesario la limpieza semanal de los módulos, así como también la retirada anual de los lodos contenidos en las balsas y estimados en un 5 por 100 del volumen de los vertidos.

Concentración por condensación fraccionada

Las aguas residuales de las bodegas tienen más de un 90 por 100 de la DQO debido a la presencia de azúcares y del etanol. Un método propuesto para su depuración y valorización es que, después de tamizar los efluentes, se provoca una fermentación alcohólica, en el caso de que queden restos de azúcares, para luego ser destilados obteniendo una apreciable cantidad de alcohol. Los efluentes resultantes son sometidos luego a una concentración por evaporación por calor, donde por una parte se obtiene agua destilada y por otra un líquido residual concentrado, que se termina depurando por un sistema biológico.

Concentración por ósmosis inversa

El proceso de la ósmosis inversa descrito en el apartado VII. 2.1.4. *Técnicas sustractivas*, puede ser utilizado para concentrar los efluentes por eliminación parcial del agua que contienen. Después de un tamizado y un prefiltrado de las aguas residuales, éstas se hacen pasar por un equipo de ósmosis inversa de tipo filtro tangencial, donde se separan las aguas limpias de otras

sucias retenidas y concentradas, que pueden representar del orden del 2 a 5 por 100 de los efluentes, siendo necesario aplicar sobre ellas un tratamiento de depuración biológico, para finalizar con las operaciones de depuración.

XXVII.3.1.3. Almacenamiento de los vertidos

El almacenamiento de las aguas residuales antes de su tratamiento tiene como principal objetivo servir de *pulmón o de dispositivo regulador hidráulico* entre las entradas fluctuantes de los vertidos y su salida constante hacia los elementos de depuración; por lo que su capacidad debe calcularse en todos los casos en función de esta circunstancia, pudiendo oscilar entre períodos de acumulación de una semana hasta un máximo de unos tres meses, que en el caso de las industrias vinícolas coincide con la vendimia y las operaciones de trasiego. Además del efecto antes señalado, el almacenamiento de los vertidos sirve para *homogeneizar las aguas* que entran en la estación depuradora, y también para realizar un *predepuración o arranque del proceso biológico* de degradación de la materia orgánica.

El almacenamiento de los efluentes puede hacerse en un *sistema abierto*, donde se permite una importante acumulación de los vertidos, utilizando balsas construidas en tierra arcillosa o impermeabilizadas con láminas sintéticas, o bien utilizando paredes de hormigón armado más costosas. En este sistema se recomienda realizar una aireación suficiente para mantener elevado el nivel de oxidación, consumiéndose en esta operación una energía de 2 a 3 watios por m³ de efluentes, lo que permite iniciar la degradación aeróbica de la materia orgánica y evitar la formación de malos olores, que frecuentemente acompañan a este tipo de balsas. El pequeño costo de la instalación se enfrenta a los inconvenientes de tipo estético, así como al aumento del volumen de efluentes contenidos procedentes de las precipitaciones atmosféricas.

El almacenamiento de los vertidos en un *sistema cerrado* supone un mayor coste de la inversión, pues es necesario disponer de depósitos cerrados colocados enterrados o sobre el terreno, empleando generalmente materiales como hormigón armado, poliéster reforzado con fibra de vidrio, polietileno, etc., que pueden suponer respecto de las grandes balsas aeróbicas un impacto visual nulo o mucho más limitado, pero con el inconveniente de disponer de un volumen de almacenamiento más reducido. En este caso, la formación de malos olores en el entorno es más limitada, existiendo además un cierto riesgo para el personal que maneja las instalaciones, debido al peligro de explosiones por la formación de metano y sulfuro de hidrógeno, o de asfixia por la disminución del contenido en oxígeno de la atmósfera confinada, o de intoxicación por la emisión de ciertos gases.

XXVII.3.1.4. Tratamientos químicos

Los tratamientos químicos que se pueden aplicar a las aguas residuales suponen en casi todos los casos un acondicionamiento de estos vertidos para su posterior depuración. La *insolubilización de algunas sustancias* puede ser de gran interés, como por ejemplo en el caso del anhídrido sulfuroso, donde la adición de cal lo elimina por precipitación en forma de sulfato cálcico; o bien añadiendo determinados clarificantes para producir la *coagulación y sedimentación de los sólidos contenidos en suspensión*.

La *corrección del pH* es una operación muy frecuente en el tratamiento de las aguas residuales, con objeto de situarlas en las mejores condiciones para su depuración biológica, utilizando en algunos casos sosa, o en otros ácidos minerales para situar el pH entre valores óptimos de 6,5 a 8,5. Otra práctica frecuente es la *adición de nutrientes* para aumentar el desarrollo de los microorganismos que metabolizan los vertidos, utilizándose fósforo y nitrógeno para los efluentes vitivinícolas, donde son relativamente pobres, mientras que para los de tipo urbano no hace falta por su suficiente riqueza en nutrientes.

La *oxidación química* con oxígeno u ozono contribuye al enriquecimiento del nivel de oxígeno en las aguas residuales, y por lo tanto al desarrollo de los microorganismos aeróbicos en la

depuración, aunque su adición no es necesaria, pues con una simple aireación realizada con dispositivos adecuados puede ser suficiente y además de costo mucho más reducido. El empleo de cloro o hipoclorito sódico no es conveniente en el tratamiento de las aguas residuales por destruir por oxidación la flora microbiana necesaria para el tratamiento de las aguas residuales, aunque puede ser de utilidad en ciertas cantidades para impedir el desarrollo de bacterias filamentosas. Recientemente se ha propuesto para la depuración de vertidos muy cargados, como las vinazas resultantes de las alcoholeras, la utilización de un sistema mixto de tratamiento, en una primera etapa con un método de depuración aerobio, más sencillo de ejecutar que el clásico anaeróbico de metanización para este tipo de vertidos; seguido en una segunda etapa de la adición del reactivo de Fenton, donde se consigue reducir la DQO hasta un 94 por 100 y de los compuestos fenólicos en un 96 por 100. Este reactivo se compone de peróxido de hidrógeno en cantidades de 0,05 a 0,4 mol/litro, con un óptimo de 0,1 mol/litro, y de sulfato terroso en dosis de 0,001 a 0,05 mol/litro, como catalizador para la transformación del peróxido de hidrógeno en radicales hidroxilo. Este tratamiento se realiza en un reactor durante un tiempo de 30 minutos, presentando además la ventaja de destruir los compuestos aromáticos desagradables que presentan este tipo de vertidos.

XXVII.3.2. Tratamientos biológicos de depuración

Los tratamientos biológicos son en la actualidad los sistemas más adecuados y utilizados para la depuración de las aguas residuales, pudiendo emplearse dos posibles sistemas: los aeróbicos y los anaeróbicos, estando mucho más extendidos los primeros, debido a una gran cantidad de razones y sobre todo a la rapidez en el proceso de depuración de los vertidos.

XXVII.3.2.1. Tratamientos aeróbicos de depuración (ms extendidos. apartado 02)

En estos sistemas de depuración, la presencia de oxígeno en los efluentes es la clave de su funcionamiento, empleándose normalmente el aire ambiente como portador del oxígeno, siendo introducido en las aguas residuales por medio de diversos dispositivos, como los aireadores de superficie, o los sistemas de inyección en el fondo, o los sistemas de bombeado basados en el efecto Venturi; donde además se produce otro importante efecto: la agitación de los efluentes para mantener en suspensión las sustancias contaminantes y los microorganismos responsables de su degradación.

Los dispositivos de aireación se calculan para atender la demanda punta de oxígeno horaria, que debe ser controlada en cada momento mediante la instalación de un oxímetro, que permite el funcionamiento automático de la instalación depuradora. Los parámetros que definen la aireación son los siguientes:

- Aporte horario de oxígeno (AH), expresado en kg de oxígeno/hora.
- Aporte específico bruto (AEB), expresado en kg de oxígeno/kWh.

$$AEB = AH / \text{Potencia eléctrica consumida}$$

- Rendimiento de oxigenación (RO). Es el porcentaje de oxígeno transferido al agua en relación con la masa de oxígeno aportado a la balsa.

$$RO (\%) = AH / \text{Masa introducida de oxígeno en kg/hora}$$

- Aporte específico bruto en fangos (AEB'), expresado en kg de oxígeno por cada kWh. Este parámetro se obtiene a partir del aporte específico bruto (AEB), aplicando un coeficiente corrector, de tal modo que se pretende que en las balsas se mantenga una ligera concentración de oxígeno situada por encima del valor cero.

$$AEB' = AEB \cdot C$$

C: coeficiente corrector

- aireadores de superficie: C = 0,9
- inyección de burbujas: C = 0,6 a 0,8

- efluentes líquidos sobre suelo
 → Fango Activados | Sist. discontinuus | Sist. continuos
- riego (rociado agrícola)
 - Esparcimiento
 - infiltración (Percolación)
- Aqua y vertidos enológicos 1701

Sistemas de aireación	Aporte específico bruto en fango (AEB')
Turbinas lentas	1,2
Turbinas rápidas	0,8
«Brosses»	1,2
Inyección de aire en burbujas pequeñas	1,2 a 1,6
Inyección de aire en grandes burbujas	0,8
Sistemas tipo Venturi	0,5

El funcionamiento con concentraciones de oxígeno de aproximadamente 2 mg/litro, suponen una reducción del coeficiente corrector del 15 a 20 por 100.

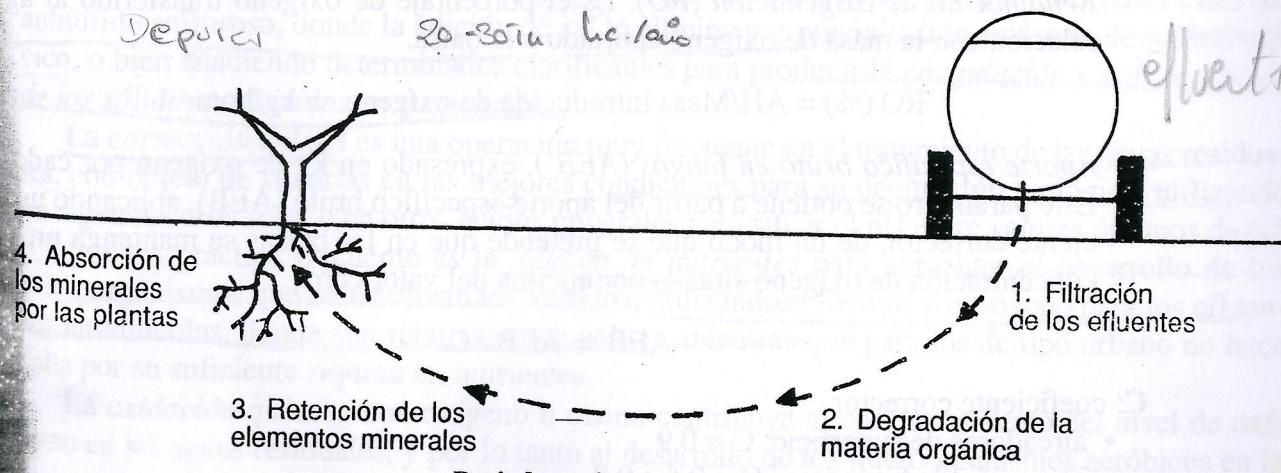
Los sistemas de depuración aeróbicos utilizados en la actualidad comprenden desde el de rociado agrícola, donde se aprovecha una determinada superficie de terreno como soporte de los efluentes y de las bacterias metabolizantes, asociado a un cultivo agrícola como receptor final de los metabolitos; pasando por los sistemas de «*fangos activados*» donde las bacterias se encuentran libres en una biomasa dentro de los efluentes en proceso de depuración; o terminando por los sistemas de *bacterias inmovilizadas* sobre determinados soportes.

Los procesos de «*fangos activados*» se desarrollan normalmente en dos etapas: una primera de contacto de los efluentes con un cultivo controlado de bacterias en un medio saturado de oxígeno, donde estos seres utilizan a la materia orgánica como fuente de energía y de carbono para su multiplicación y el oxígeno como acceptor final de electrones; y una segunda etapa de separación de los efluentes depurados y los fango producidos. Con estos sistemas se producen unos excelentes resultados de depuración, con una eliminación de la carga contaminante de más del 95 por 100 de la DBO₅ de partida; pudiendo encontrarse los siguientes métodos: discontinuos de fangos activados, secuenciales discontinuos de fangos activados, y continuos de fangos activados.

En los sistemas de bacterias inmovilizadas sobre soportes se ofrece una elevada superficie de contacto y una gran cantidad de espacios vacíos, por lo que la aireación puede ser muy elevada. Con este método se puede conseguir una eliminación del 65 a 75 por 100 de la DQO inicial, por lo que en ocasiones su empleo no es suficiente para verter directamente los efluentes al medio natural.

Sistema de riego o rociado agrícola

El rociado agrícola o «filtro verde» puede ser considerado como un sistema de continuo de fangos activados, donde consiste en distribuir directamente los vertidos sobre una determinada superficie de terreno, produciéndose una serie de fenómenos que pueden conducir a la eliminación y depuración de los efluentes de las bodegas. Este sistema presenta un conjunto de ventajas, como la simplicidad y la eficacia del tratamiento, acompañados de un reducido coste de las instalaciones; aunque en ocasiones puede llegar a producirse un cierto grado de contaminación en el terreno, por lo que se hace necesario un estudio hidrogeológico previo, así como también un obligado control y seguimiento durante las operaciones de vertido.



Los efluentes son tamizados para eliminar las partículas de mayor tamaño, siendo a continuación almacenados en una balsa para poder regular los aportes sobre el terreno de manera continua, calculándose el volumen de almacenamiento para unos cinco días durante el período punta o bien de 0,1 a 0,5 litros por cada litro de vino producido. El rociado sobre el terreno puede hacerse mediante cisternas con una capacidad unitaria de 5.000 a 10.000 litros, accionadas con un dispositivo a presión de 2 a 3 atmósferas, que lanzan el producto a una distancia de 5 a 10 metros, utilizando para ello un tractor de unos 10 C.V. por cada m³ de efluentes contenidos, en un tiempo de distribución de 2 a 5 minutos por m³. Otra opción para la distribución de los efluentes consiste en utilizar cañones-aspersores con un alcance de unos 20 a 40 metros, accionados por bombas de presión y una red de tuberías enterradas o aéreas que llevan los vertidos hasta las proximidades de las parcelas. Un sistema mixto entre los anteriores consiste en transportar los efluentes en cisternas y extenderlos sobre el terreno mediante cañones-aspersores. En estas operaciones es importante asegurar el reparto homogéneo de los efluentes sobre el terreno, así como también evitar su aplicación en los períodos de fuertes lluvias o también de heladas.

El rociado de los efluentes sobre los terrenos comprende las siguientes etapas: una primera donde el terreno ejerce la función de filtro de las partículas sedimentables, así como también de almacenamiento de las aguas residuales, alcanzando valores comprendidos entre 200 a 1.000 m³ por hectárea y año, con una aplicación que no exceda del valor de la velocidad de infiltración del suelo en el entorno de los 50 a 100 m³ por hectárea (5 a 10 mm/ha). Algunos autores estiman el límite de aplicación anual de 150 a 200 kg de sustancias nitrogenadas por hectárea. La segunda etapa comprende la degradación de la materia orgánica contenida en los efluentes y producida por la microflora contenida en el terreno, donde se forma humus y también materias minerales, llegando a depurarse una cantidad de 20 a 30 toneladas por hectárea y año. La tercera etapa produce la retención de los elementos minerales formados por el complejo arcillo-húmico del suelo, y dependiendo de la capacidad de intercambio iónico del terreno. Y por fin una cuarta etapa donde los elementos fertilizantes son consumidos por la cubierta vegetal del terreno, variando en función de las necesidades de nutrición de los diferentes cultivos.

	kg por 100 m ³ /ha		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Aguas de lavado del prensado	4	4	33
Aguas de lavado con lías	6	6	43
Lías	100	65	43
Aguas de lavado de vinificación	15	7	100

En general los vertidos de las bodegas presentan un reducido valor fertilizante, con excepción del potasio, siendo además bastante ricos en materia orgánica, y con una biodegradabilidad muy favorable del orden de DQO/DBO₅ menor de 5. Las cantidades aportadas se estiman en función de la riqueza en potasio como elemento limitante, siendo calculadas de la siguiente forma:

$$\text{Cantidad aportada anual (m}^3/\text{ha}) = \frac{\text{Necesidades del cultivo en potasio (kg/ha)}}{\text{Concentración de los efluentes en potasio (kg/m}^3)}$$

Cultivo	Unidades/ha y año		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Pradera extensiva	250	80	250
Pradera intensiva	470	140	500
Colza	100	100	120
Maíz forrajero	240	100	250
Girasol	70	60	90
Cereales	50	70	80
Viñedo	70	35	90

Los límites de la depuración por rociado agrícola se establecen en función de que exista un equilibrio entre el suelo, los microorganismos y la cubierta vegetal, así como también del contenido en metales pesados de los efluentes, por lo que los procedentes de residuos urbanos no son adecuados para este sistema, mientras que los de origen agrícola pueden tener una interesante aplicación. En el apartado XXVII.3.4. *Utilización de lodos de depuradora como fertilizante* se detalla este aprovechamiento.

Las especies más cultivadas en el rociado agrícola de los efluentes son las praderas, cereales, girasol, alfalfa, remolacha, e incluso también las especies leñosas, donde la viña es uno de ellos, debiendo tenerse en cuenta el notable incremento del nivel de potasio en el suelo, así como también el aumento de cobre; recomendándose una aportación máxima de 120 a 150 m³/ha y año, con aplicaciones que no exceda cada una de 30 m³/ha. En el caso de cultivos anuales se aconseja respetar un tiempo de descanso del terreno en períodos de 2 a 4 años. El aprovechamiento de los cultivos debe hacerse respetando unos determinados plazos de seguridad, oscilando desde 3 a 6 semanas para los cultivos forrajeros, y de 10 a 18 meses para los cultivos leñosos o fruteros.

Las características de los terrenos elegidos para realizar el rociado agrícola deben cumplir los siguientes requisitos:

- Terrenos próximos al lugar de producción de efluentes, con una distancia máxima de 3 a 5 km.
- Distancia mínima hasta los pozos, fuentes o cursos de agua de 35 metros en terrenos con una pendiente inferior al 7 por 100, y de 100 metros cuando ésta es superior al 7 por 100.
- Distancia mínima hasta los lugares habitados de 50 a 100 metros.
- Distancia mínima hasta los lugares de acuicultura de 500 metros.
- Terrenos con la menor pendiente posible y con unas características geológicas determinadas: profundidad mayor de 50 cm, reserva útil de agua mayor de 50 mm, suelos no hidromorfos, mejor con un horizonte impermeable, y un posible nivel de capa freática inexistente o lo más profundo posible.
- Distancia mínima hasta los caminos o las carreteras de 10 metros.
- Colocación de árboles o zanjas en los bordes de las parcelas.

Otra forma de rociado agrícola es la utilización como fertilizante de los fangos como subproductos de las depuradoras, donde se debe tener en cuenta su riqueza agronómica y sobre todo la presencia de metales pesados como factor limitante en su empleo.

Otros sistemas de aplicación de efluentes líquidos sobre el suelo

Además del riego o rociado agrícola, existen otros sistemas de depuración de aguas residuales aplicadas sobre el terreno, donde destacan la escorrentía sobre cubierta vegetal, y la infiltración-percolación.

En la escorrentía sobre cubierta vegetal, el agua residual fluye a lo largo de una estrecha capa de suelo con vegetación hasta alcanzar un colector de recogida, donde parte del agua se evapotranspira, otra parte se desplaza en una fina lámina por escorrentía superficial, y el resto se percola hasta llegar a una zona impermeable, discurriendo a favor de la pendiente. Los suelos más adecuados para la aplicación de esta técnica son los de baja permeabilidad (arcillosos o franco-arcillosos), o los poco profundos con subsuelo impermeable. La pendiente debe ser pequeña, entre un 2 a 6 por 100, y la superficie del suelo muy lisa, empleándose cubiertas vegetales de especies herbáceas de pastizal. La longitud de la parcela suele estar comprendida entre 30 a 60 metros, y el caudal de aplicación oscila entre 6 a 14 cm por semana, siendo la aplicación media de 10 cm por semana. La aplicación de los vertidos se realiza en la cabecera de la parcela, empleando el riego por aspersión como sistema de distribución, con riegos de 6 a 12 horas diarias y durante 5 a 7 días por semana. Este sistema requiere un tratamiento previo de los efluentes, que evite las obstrucciones en los equipos de riego. En períodos fríos o muy lluviosos, no es conveniente realizar su aplicación al suelo. El rendimiento de depuración llega a ser de un 94 a 99 por 100 de eliminación de la DBO y sólidos en suspensión, y de un 70 a 90 por 100 para el

Características generales de los distintos sistemas de aplicación al suelo: riego, escorrentía superficial e infiltración-percolación

CARACTERÍSTICA	SISTEMA DE APLICACIÓN		
	RIEGO	ESCORRENTÍA	INFILTRACIÓN
Pendiente	Menor del 20% en suelos cultivados. 2-8% Menor del 40% en no cultivados		No crítica
Permeabilidad del suelo	Moderadamente baja a moderadamente alta	Baja (arcillas, limos y suelos con capas impermeables)	Alta (arena, arena arcillosa)
Profundidad mínima al acuífero	1,60 m	No crítica	4,5 m
Restricciones climáticas	Normalmente se necesita un almacenamiento en período frío o de alta pluviometría	Normalmente se necesita un almacenamiento en período frío	Ninguna (puede requerir una modificación del procedimiento operativo en período frío)
Técnicas de aplicación	Aspersión o por superficie	Aspersión o por superficie	Generalmente por superficie
Aplic. semanal	1 -10 cm	6-40 cm	10-300 cm
Aplic. anual	61-243 cm	243 - 740 cm	550 - 15200 cm
Tratamiento previo (requerido en USA)	Sedimentación primaria (depende del uso del efluente y tipo de cultivo)	Desbaste y desarenado	Sedimentación primaria (depende del uso del efluente y tipo de cultivo)
Destino del agua aplicada	Evapotranspiración y percolación	Escorrentía, evapotranspiración y algo de percolación	Percolación fundamentalmente
Vegetación	Requerida	Requerida	Opcional

**Calidad esperada del efluente de diferentes sistemas de aplicación al suelo
(adaptado de U.S. Environmental Protection Agency, «Process design Manual-Land treatment of municipal wastewater»)**

Constituyente (mg/l)	Riego (a)		Infiltración (b)		Escorrentía (e)	
	Media	Máximo	Media	Máximo	Media	Máximo
DBO	< 2	< 5	2	< 10	10	< 15
Sólidos en suspensión	< 1	< 5	2	< 5	10	< 20
Nitrógeno amoniacal	< 0.5	< 2	0.5	< 2	< 4	< 8
N total	3 (d)	< 8 (d)	10	< 20	5	< 10
P total	< 0.1	< 0.3	1	< 5	4	< 6

- a) Percolación de efluente primario o secundario a través de 1,5 m de suelo no saturado.
- b) Percolación de efluente primario o secundario a través de 4,5 m de suelo no saturado; la eliminación de fósforo y coliformes incrementa con la distancia.
- c) Tratamiento de efluente previamente sometido a trituración y desbaste con una longitud de pendiente de 30-36 m.
- d) La concentración depende de la carga aplicada y del cultivo.

nitrógeno. Es importante eliminar periódicamente la cubierta vegetal, mediante su siega y posterior recogida y retirada.

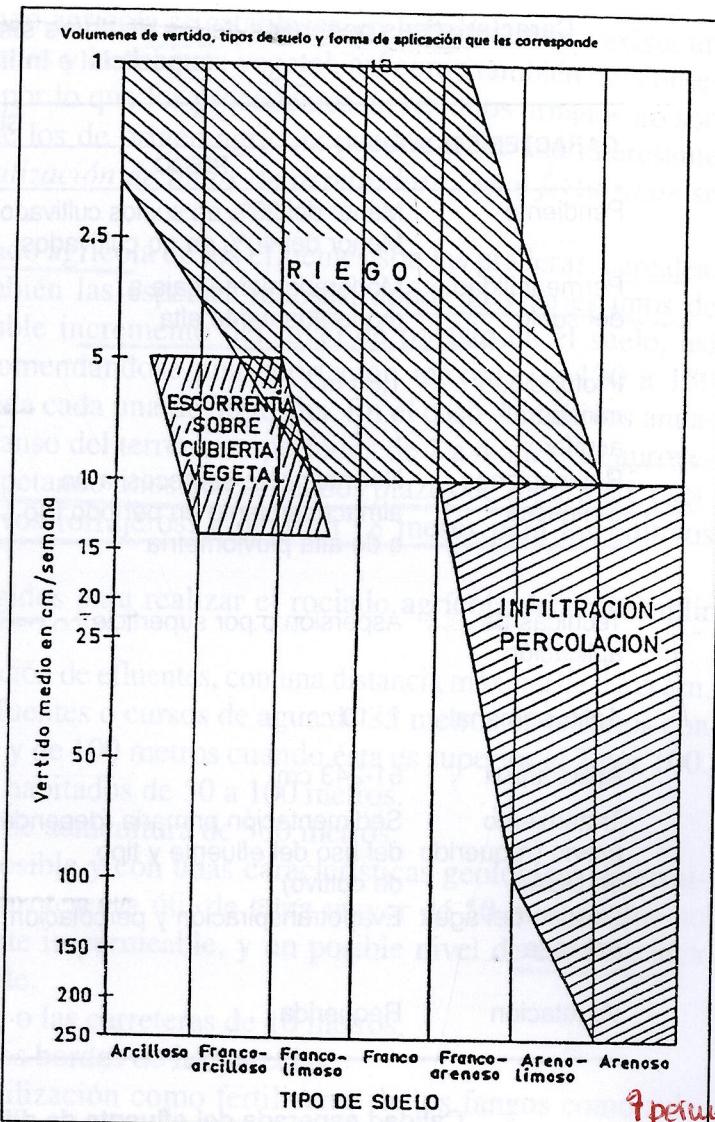
En el sistema de infiltración-percolación, el vertido se aplica al suelo de forma intermitente en dosis elevadas, y éste penetra hasta el acuífero subterráneo, perdiéndose una pequeña parte por evaporación. El agua depurada puede ser recuperada por bombeo u otros sistemas, o bien destinarse simplemente a recarga de los acuíferos.

Los límites de la disponibilidad de agua para el crecimiento vegetal están determinados por el equilibrio entre el suelo y las plantas. Los suelos que tienen una capacidad de retención de agua adecuada para este crecimiento se consideran óptimos. En el apartado correspondiente se detalla este aprovechamiento.

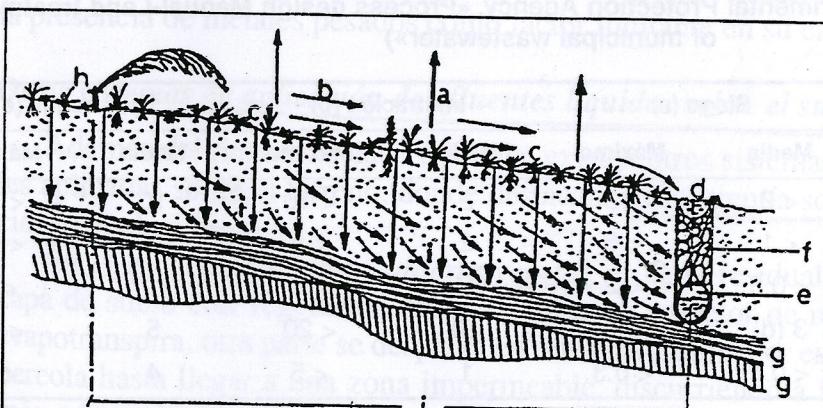
Las especies más cultivadas en el mundo son los cereales, debiendo tenerse en cuenta su crecimiento como también el aumento de cosecha. Se recomienda un riego de 1000 m³/ha y año. Con aplicaciones de 1000 m³/ha se aconseja respetar un tiempo de descanso de 100 días. El riego debe ser sistemático y constante. Se recomienda riego sistemático en la primavera y verano.

Todos los tipos de suelos tienen características propias que deben ser tenidas en cuenta. Los suelos arenosos son los más fáciles de manejar, ya que tienen una alta permeabilidad y una buena drenaje. Los suelos arcillosos tienen una alta capacidad de retención de agua, pero su drenaje es lento. Los suelos limosos tienen una media de drenaje y una media de capacidad de retención de agua. Los suelos arenosos tienen una media de drenaje y una media de capacidad de retención de agua.

Aprovechamiento y tratamientos agrarios de las aguas residuales urbanas. (Seoanez Calvo).



?permeables



ESCORRENTEA SUPERFICIAL SOBRE CUBIERTA VEGETAL

- a. Evaporación
- b. Movimiento superficial del vertido
- c. Vegetación filtrante
- d. Canal de recogida de la escorrentía superficial
- e. Tubo de drenaje del agua de percolación
- f. Rellenos de drenaje
- g. Zonas subsuperficiales impermeables
- h. Aspersor
- i. Percolación
- j. 50-120 metros

Lor. ~ 30-60 L.
Caudal ~ 10cm Segun
Pendiente 2-6%.

Sup. liso o cub. vegetal
tierbaces.

R% de depuración
94% DBO

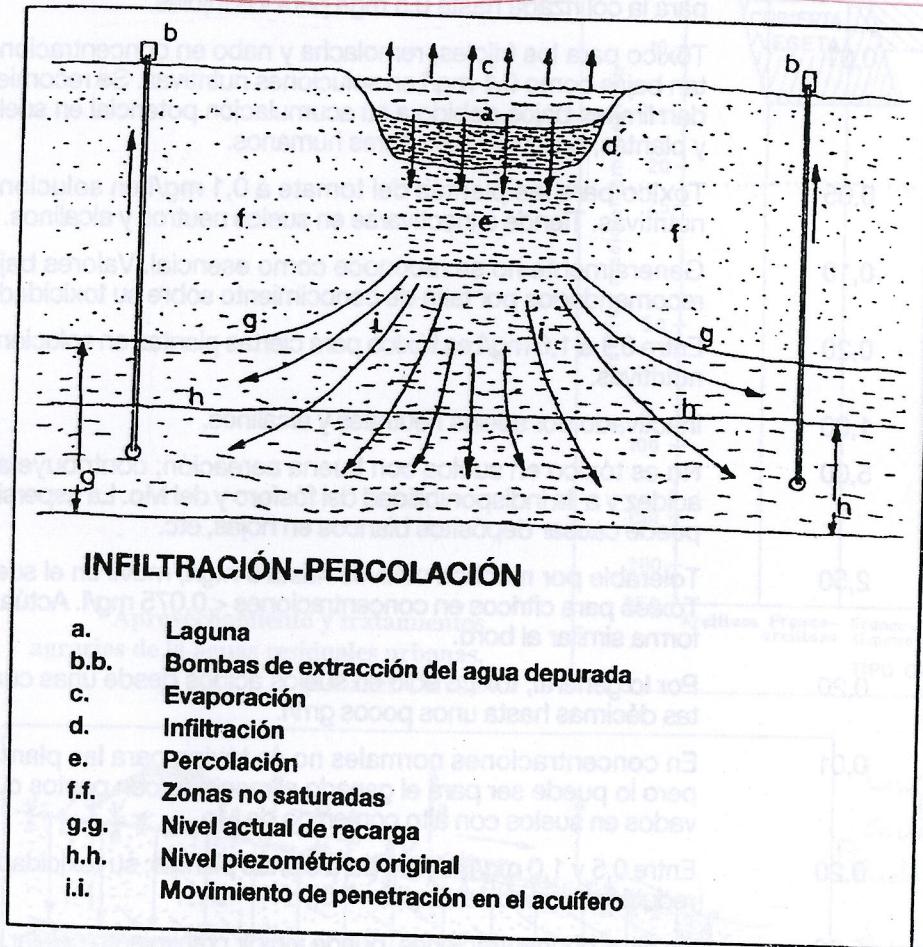
Aprovechamiento y tratamientos agrarios de las aguas residuales urbanas. (Seoanez Calvo).

CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE OLIGOELEMENTOS RECOMENDABLES PARA EL RIEGO¹

Elemento	Concentración² (mg/l)	Notas
Al (aluminio)	5,00	Puede volver improductivos suelos ácidos pH < 5,5; pero en suelos con pH > 7 el Al precipita y elimina la toxicidad.
As (arsénico)	0,10	El nivel tóxico varía ampliamente en las plantas, desde 12 mg/l para el pasto de Sudán hasta menos de 0,05 mg/l para el arroz.
Be (berilio)	0,10	El nivel tóxico para las plantas varía ampliamente, desde 5 mg/l para la col rizada hasta 0,5 mg/l para los frijoles.
Cd (cadmio)	0,01	Tóxico para los frijoles, remolacha y nabo en concentraciones tan bajas como 0,1 mg/l en soluciones nutritivas. Se recomiendan límites bajos debido a su acumulación potencial en suelos y plantas, peligrosa para seres humanos.
Co (cobalto)	0,05	Tóxico para las plantas del tomate a 0,1 mg/l en soluciones nutritivas. Tiende a inactivarse en suelos neutros y alcalinos.
Cr (cromo)	0,10	Generalmente no se reconoce como esencial. Valores bajos recomendados por falta de conocimiento sobre su toxicidad.
Cu (cobre)	0,20	Entre 0,1 a 1,0 mg/l es tóxico para ciertas plantas en soluciones nutritivas.
F (flúor)	1,00	Inactivado por suelos neutrales y alcalinos.
Fe (hierro)	5,00	No es tóxico en suelos con buena aereación; contribuye a la acidez y a la indisponibilidad del fósforo y del Mo. La aspersión puede causar depósitos blancos en hojas, etc.
Li (litio)	2,50	Tolerable por muchos cultivos hasta 5 mg/l; móvil en el suelo. Tóxico para cítricos en concentraciones < 0,075 mg/l. Actúa en forma similar al boro.
Mn (manganoso)	0,20	Por lo general, tóxico sólo en suelos ácidos desde unas cuantas décimas hasta unos pocos gm/l.
Mo (molibdeno)	0,01	En concentraciones normales no es tóxico para las plantas; pero lo puede ser para el ganado alimentado con pastos cultivados en suelos con alto contenido de Mo.
Ni (níquel)	0,20	Entre 0,5 y 1,0 mg/l, tóxico para ciertas plantas; su toxicidad es reducida en medios de pH > 7,0.
Pb (plomo)	5,00	En altas concentraciones, puede inhibir crecimiento celular.
Se (selenio)	0,02	Tóxico para plantas en concentraciones tan bajas como 0,025 mg/l; también lo es para el ganado alimentado con pastos cultivados en suelos con niveles relativamente altos de Se. Esencial para animales pero en concentraciones muy bajas.
Sn (estaño)	—	
Ti (titánio)	—	
W (tungsteno)	—	Excluido por las plantas; tolerancia específica desconocida.
V (vanadio)	0,10	Tóxico para muchas plantas a niveles relativamente bajos.
Zn (cinc)	2,00	Tóxico para muchas plantas a muy variados niveles de concentración; su toxicidad es reducida con pH > 6 y en suelos de textura fina y en los orgánicos.

¹ Fuente: National Academy of Science (1962) y Pratt (1972).² Estas concentraciones máximas se basan en una aplicación de agua a 10.000 m³/ha/año. Si el riego excede esta cantidad, las concentraciones deben ser corregidas; si no la excede esta corrección no es necesaria. Los valores dados son para un consumo continuo de agua en un mismo lugar.

Los suelos más adecuados para este método son los de permeabilidad elevada, de tipo arenoso, franco-arenoso y los ricos en gravas, con caudales de vertido entre 10 a 50 cm por semana, aunque en el caso de recarga de acuíferos, se puede llegar a verter de 150 a 300 cm por semana. La aplicación debe durar desde 8 horas hasta varios días, con un posterior período de descanso de 1 a 20 días. Para evitar la colmatación de los poros del suelo se puede utilizar una cubierta vegetal, o bien una cubierta inerte formada por capas de arena y grava que filtran el agua antes de que ésta llegue al suelo, siendo no obstante aconsejable realizar a los efluentes un tratamiento previo de sedimentación primaria, para eliminar la mayor parte de las partículas colmatantes. La distribución del agua se hace por gravedad a estanques de poca profundidad, pudiéndose utilizar también aspersores potentes. Con este sistema, la reducción de la DBO oscila entre el 85 a 98 por 100, mientras que la eliminación del nitrógeno no suele superar el 40 por 100 y la del fósforo entre el 50 a 90 por 100.



Permeabilidad
tierra s permeable
los efluentes penetran
hasta el acuífero
el agua de porada
puede ser recuperada.

Aprovechamiento y
tratamientos agrarios de la
aguas residuales urbanas.
(Seoanez Calvo).

Sistemas discontinuos de fangos activados

La depuración se realiza de manera discontinua en balsas de tratamiento, donde los vertidos son depurados de manera completa, separándose al finalizar el proceso por decantación de los fangos del agua depurada, la cual puede ser objeto de un tratamiento posterior de postdepuración si fuera necesario. El sistema comprende un tamizado previo de los efluentes, seguido de un almacenamiento cerrado o mejor abierto de los mismos para regular su entrada hacia la balsa de depuración, donde ésta se desarrolla en tres etapas:

- Llenado progresivo de la balsa.
- Tratamiento de aireación con degradación de la materia orgánica, mediante la inyección de oxígeno y agitación de los efluentes en proceso de depuración.
- Decantación de los efluentes tratados, con separación de los fangos de las aguas depuradas, que luego pueden ser sometidas a otro proceso de postdepuración.

La capacidad de la balsa se calcula para almacenar los vertidos acumulados de tres meses desde el comienzo de la vendimia, llenándose ésta progresivamente, al mismo tiempo que comienza la

depuración con la aireación y agitación de las aguas. En el caso de no corregir a la entrada el pH de los efluentes, el proceso comienza con un valor cercano a 4, hasta alcanzar paulatinamente cifras del orden de 8 a 9. La reducción de la carga contaminante puede llegar a ser del 95 a 98 por 100 de las DQO y DBO_5 , y de un 80 por 100 de los sólidos en suspensión. La extracción de fangos de la balsa de tratamiento debe ser realizada periódicamente por lo menos una vez al año.

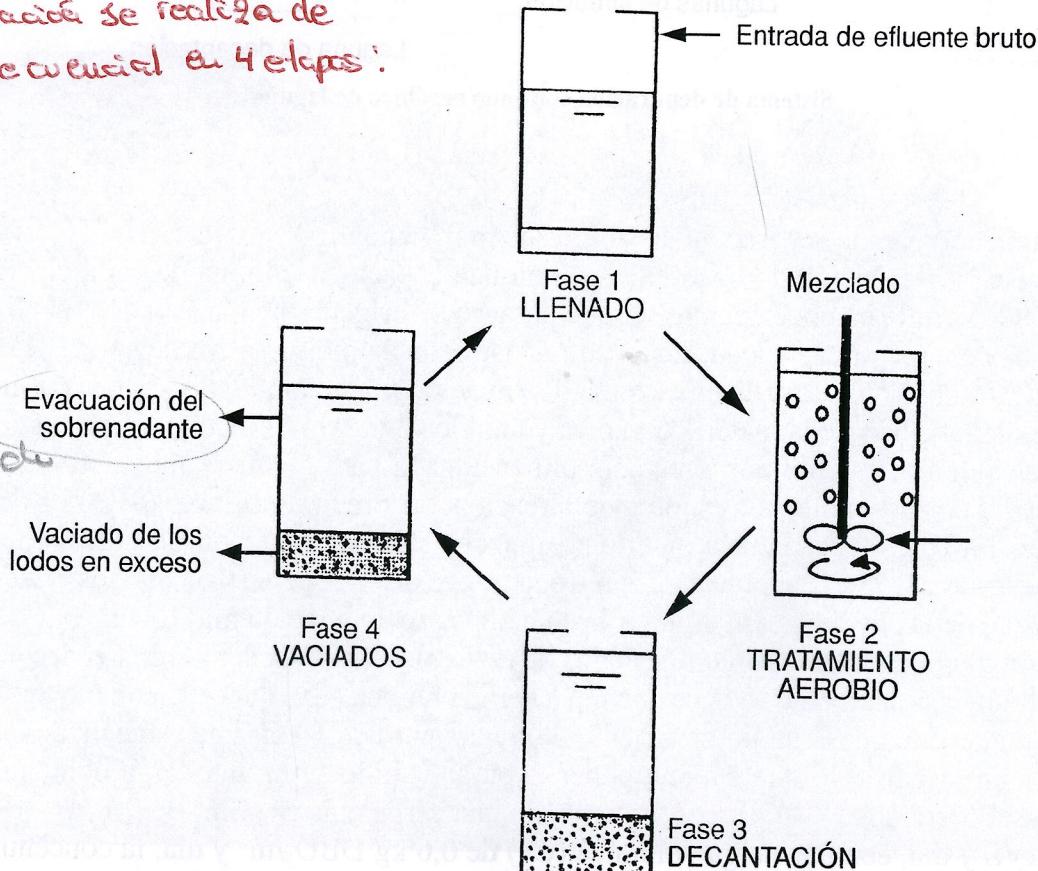
Las aguas resultantes pueden terminar de depurarse a través de un filtro de arena, o mejor por un «filtro verde» donde se cultivan determinadas especies de aprovechamiento agrícola, calculándose su superficie en función del volumen vertido, no excediendo el valor de carga hidráulica de $0,1 \text{ m}^3$ de efluentes/ m^2 y día, admitiendo este sistema vertidos de menos de 2 gramos de DQO/litro de efluentes depurados. Otra alternativa es tratar estas aguas con un filtro tangencial, reduciendo notablemente el volumen de los vertidos, que terminan su depuración en filtros similares a los anteriores; dimensionándose en este caso la balsa con una capacidad de 15 a 20 por 100 de volumen anual de efluentes.

Sistemas secuenciales discontinuos de fangos activados

Este sistema también se denomina como SBR (sequencing batch reactor), aplicando en primer lugar a los efluentes un tratamiento de tamizado y de almacenamiento en una balsa de regulación de caudal, pasando a continuación de forma discontinua a un reactor, donde realiza la depuración de forma secuencial durante cuatro etapas:

- Llenado de los efluentes brutos, que previamente contiene una cierta cantidad de fangos en su parte inferior.
- Mezcla de los efluentes con los fangos activados y tratamiento de agitación y aireación hasta conseguir su total depuración.
- Decantación de los efluentes cesando la agitación y la aireación.
- Evacuación del agua sobrenadante depurada y posterior extracción de los fangos contenidos en exceso, dejando en el reactor una cierta cantidad de éstos para iniciar de nuevo el ciclo de depuración.

de puración se realiza de forma secuencial en 4 etapas:



Sistema de depuración secuencial discontinuo aeróbico de fangos activados.

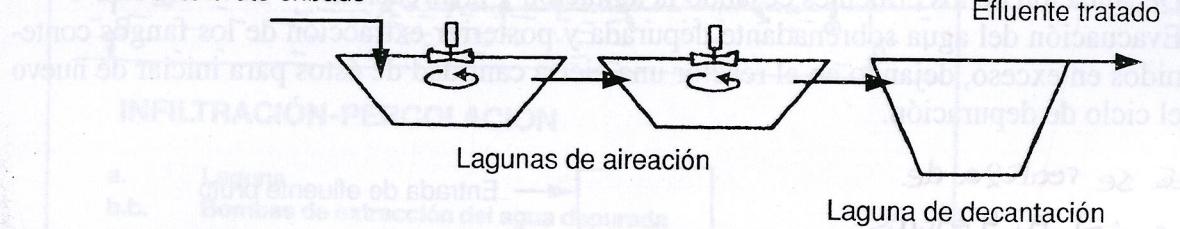
Una mejora de este sistema consiste en utilizar un biorreactor de membrana, donde se trata de aumentar la concentración de la biomasa y solucionar los problemas de decantación de los fangos, haciendo circular los efluentes de forma tangencial por una membrana mineral u orgánica de porosidad entre 0,02 a 0,50 micras, colocadas sumergidas en módulos dentro de la balsa o bien en el exterior de la misma. Este sistema permite concentrar los efluentes hasta valores de 15 a 20 gramos de materias en suspensión por litro, mejorando el rendimiento de las bacterias y reduciendo de manera importante el volumen de la obra civil de la estación depuradora. El agua depurada puede resultar con una carga menor a 50 mg/litro de DQO, muy inferior a los 90 a 100 mg/litro de DQO logrados con tratamientos tradicionales de fangos activados.

Sistemas continuos de fangos activados

El sistema de *rociado agrícola* puede ser considerado como un sistema de tratamiento continuo de fangos activados, así como también el sistema de *lagunaje aireado* derivado del anterior, donde los efluentes tamizados pasan por una sucesión de balsas o lagunas provistas de un sistema de aireación y agitación, hasta que terminan en una laguna de decantación donde se separa el agua depurada, de los fangos acumulados en su parte inferior, que deben ser extraídos de forma periódica. Este sistema se diferencia de los que se exponen a continuación, por la ausencia de recirculación de fangos y por tratarse de un sistema extensivo de larga duración y con poco control de los fenómenos biológicos.

Los sistemas *continuos de fangos activados con decantador y recirculación* son los sistemas de depuración de aguas residuales más extendidos, debido a su eficacia y compacidad de sus instalaciones. Las estaciones depuradoras se componen de los siguientes elementos:

Efluente bruto cribado



Sistema de depuración continuo aeróbico de lagunaje.

- Tamizado para la separación de sólidos de gran tamaño.
- Balsa de regulación de los efluentes, con una capacidad mínima de acumulación de un día de vertido en época punta, aunque para los de origen vinícola ésta debe ser dimensionada con mayor capacidad. En su entrada se coloca un dispositivo de ajuste del valor del pH, y la balsa se dota de un sistema de aireación y agitación, para comenzar el proceso de degradación de la materia orgánica y también evitar la formación de malos olores.
- Balsa de tratamiento por aireación, dimensionada para obtener una carga másica (Cm) media correspondiente a valores de aireación del orden de 0,1 kg DBO₅/kg de MVS y día. En esta etapa o en la anterior se puede realizar la adición de nutrientes para las bacterias aeróbicas, empleándose nitrógeno y fósforo en el caso de que los efluentes procedan de las bodegas. En algunas instalaciones se dispone de más de una balsa de aireación, pudiendo además recibir fangos de recirculación procedentes de los decantadores. El dimensionamiento se hace con una carga volúmica (Cv) del orden de 0,6 kg DBO₅/m³ y día, estimándose un tiempo medio de tratamiento de 10 días de estancia de los efluentes en la balsa, lo que supone poder depurar vertidos con una carga contaminante de hasta 6 gramos DBO₅/litro. Manteniendo una carga másica (Cm) de 0,1 kg DBO₅/kg de MVS y día, con una carga volúmica (Cv) de 0,6 kg DBO₅/m³ y día, la concentración de fangos (MVS) es del orden de 6 gramos/litro.

$$\frac{0,6 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3 \cdot \text{día}}{0,1 \text{ kg DBO}_5/\text{kg MVS} \cdot \text{día}} = 6 \text{ kg/m}^3 = 6 \text{ gramos/litro de MVS}$$

- Un depósito decantador donde se separan el agua depurada sobrenadante, de los fangos situados en la parte baja, con una riqueza del orden del 4 por 100, los cuales pueden ser recirculados hacia la balsa de tratamiento, para aumentar su biomasa y activar el proceso de depuración aeróbico.
- Un dispositivo concentrador o espesador de fangos, para el desecado de los mismos y permitir su almacenamiento y posterior retirada.

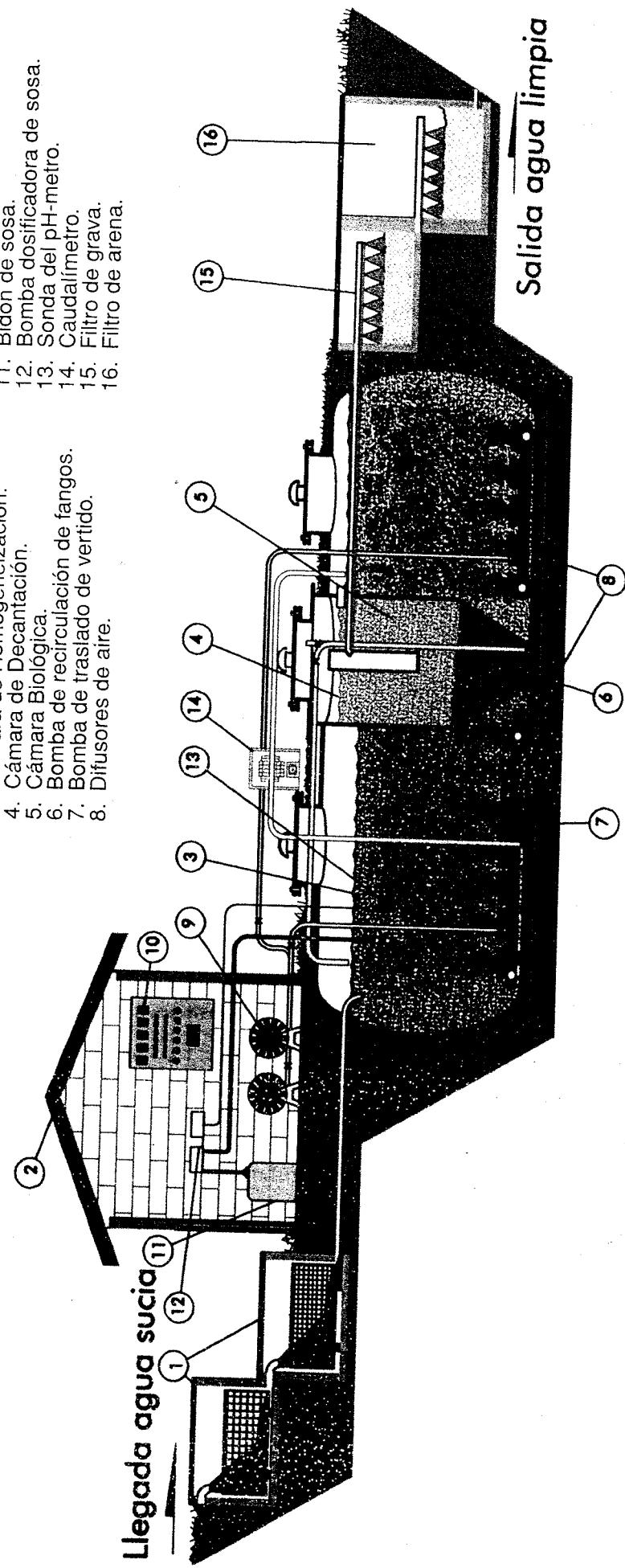
Sobre la línea de proceso descrita existen numerosas variantes, entre las que destacan las siguientes:

- Instalaciones de *balsas en serie*, donde la balsa de aireación se sustituye por varias balsas de menor capacidad unitaria colocadas en serie, colocándose generalmente tres balsas, la primera con una capacidad del 50 por 100, y las dos restantes con un 25 por 100 cada una. Este sistema permite funcionar con una elevada carga másica (Cm) en la primera balsa de menos de 0,2 kg DBO₅/kg MVS y día, donde se depura el 80 a 90 por 100 de la carga orgánica, mientras que en las restantes balsas se funciona con menos de 0,1 kg DBO₅/kg MVS y día. La producción de fangos es inferior al obtenido con otros procesos aeróbicos, siendo éstos del orden de 0,2 kg MES/kg DQO.
- Instalaciones de *doble tratamiento aeróbico*, disponiendo de dos balsas de tratamiento, donde en la primera se realiza un tratamiento intensivo de los efluentes reduciendo su carga contaminante en un 90 por 100, con una carga másica (Cm) media de 0,3 kg DBO₅/kg MVS y día, en un tiempo medio de estancia de 3 a 5 días y una concentración



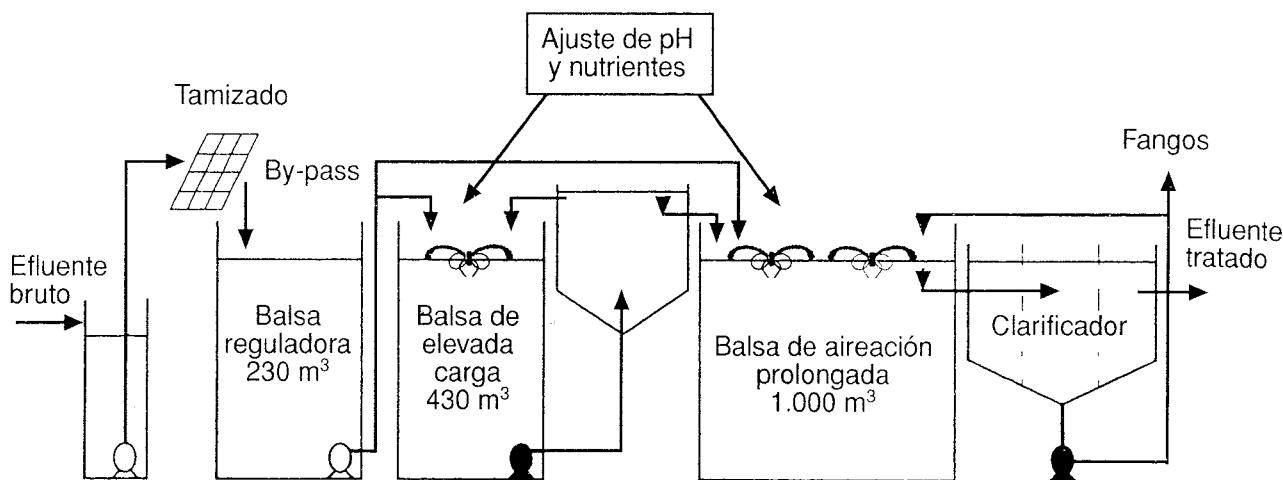
Balsa de aireación de una depuradora de fangos activados. (Tarbes - Haro - La Rioja).

1. Tamizado estático.
2. Casetta técnica.
3. Cámara de Homogeneización.
4. Cámara de Decantación.
5. Cámara Biológica.
6. Bomba de recirculación de fangos.
7. Bomba de trastado de vertido.
8. Difusores de aire.
9. Soplantes.
10. Armario eléctrico.
11. Bidón de sosa.
12. Bomba dosificadora de sosa.
13. Sonda del pH-metro.
14. Caudalímetro.
15. Filtro de grava.
16. Filtro de arena.



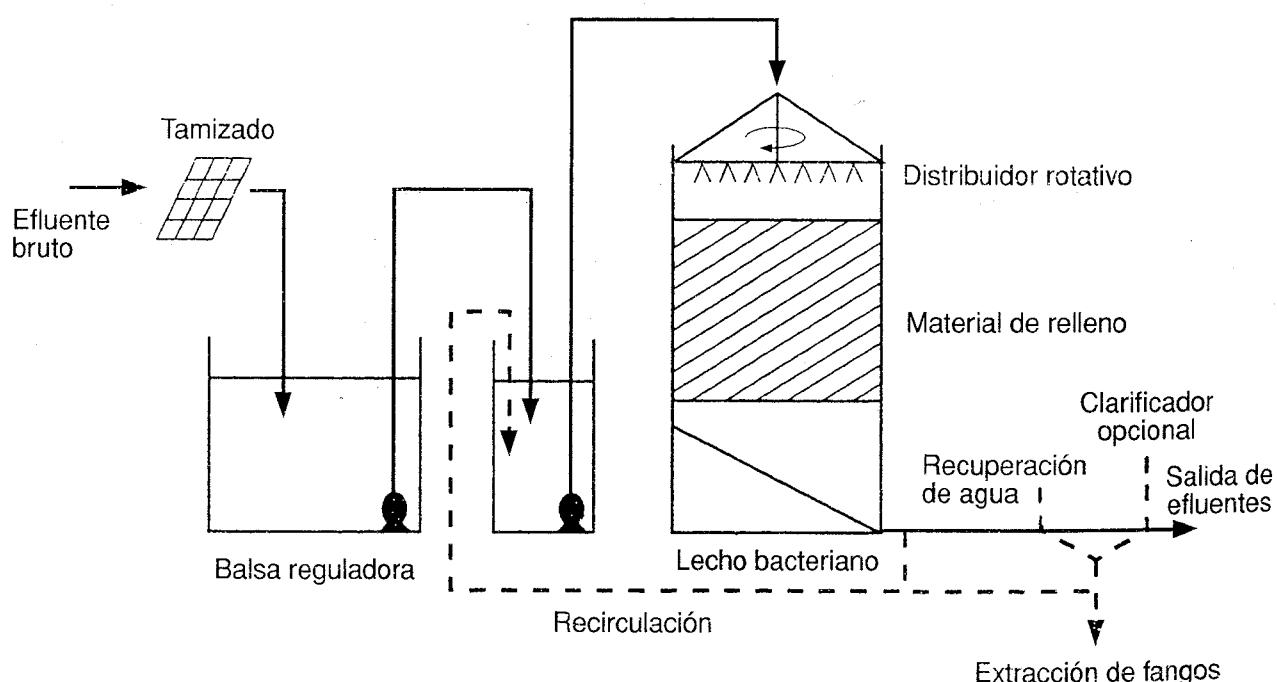
Estación depuradora de aguas residuales para pequeñas bodegas por el sistema aeróbico continuo de fangos activados con recirculación de efluentes y decantador.
(Técnicas y tratamientos de depuración).

de fangos de 4 a 9 gramos de sólidos en suspensión por litro. A continuación de la primera balsa de tratamiento se coloca un dispositivo flotador donde se eliminan parte de los fangos que flotan, pasando a continuación los efluentes hacia una segunda balsa de tratamiento de aireación prolongada, para terminar con un decantador para la separación de fangos y agua limpia. Con este sistema la producción de fangos es bastante elevada y del orden de 0,3 kg de MES/kg de DQO.



Sistema aeróbico de fangos activados con doble tratamiento, con recirculación de efluentes y decantador.
(Y. Racault y F. Jourjon).

- Instalaciones de *lecho bacteriano*, donde las bacterias son inmovilizadas sobre soportes con una gran superficie y un elevado nivel de aireación por los espacios vacíos resultantes, permiten reducir la carga contaminante de los efluentes en un 50 a 70 por 100, siendo entonces más bien considerados como un eficaz sistema para el pretratamiento de los vertidos. Dependiendo del tipo de soporte utilizado, su superficie específica puede ser de 100 a 150 m³ por m³ de efluente.



Sistema aeróbico continuo de fangos activados de lecho bacteriano, con recirculación de efluentes y decantador.
(F. Jourjon).

XXVII.3.2.2. Tratamientos anaeróbicos de depuración

Los tratamientos anaeróbicos se encuentran bien adaptados a los efluentes vínicos, donde existe una carencia de fósforo y de nitrógeno, presentando las ventajas de la utilización de una carga volúmica elevada, acompañado de un reducido consumo de energía y una pequeña producción de fangos, mientras que el control de los procesos de fermentación anaeróbicos son difíciles de realizar. Para la elección de este sistema de depuración se utiliza el siguiente criterio: cuando la DQO del efluente es menor de 2 a 3 gramos/litro se utilizan los sistemas de depuración aerobios, mientras que cuando se superan estos valores se emplean sistemas anaerobios.

En todos los sistemas anaeróbicos, la metanización producida por los microorganismos anaeróbicos sobre la materia orgánica genera anhídrido carbónico, metano y biomasa, constituyendo la primera etapa del proceso de depuración, eliminando de este modo un 80 a 90 por 100 de la carga contaminante de los efluentes, y debiendo finalizar el tratamiento mediante un sistema aeróbico de depuración.

Los sistemas anaeróbicos se utilizan preferentemente para el tratamiento de las vinazas, como producto residual de las alcoholeras, presentando una fuerte carga contaminante con una DQO de 20 a 100 gramos/litro, aunque de fácil biodegradabilidad con una relación DBO_5/DQO de 0,5 a 0,6. La composición de una vinaza de vino blanco destarrizada (INRA) puede ser la siguiente:

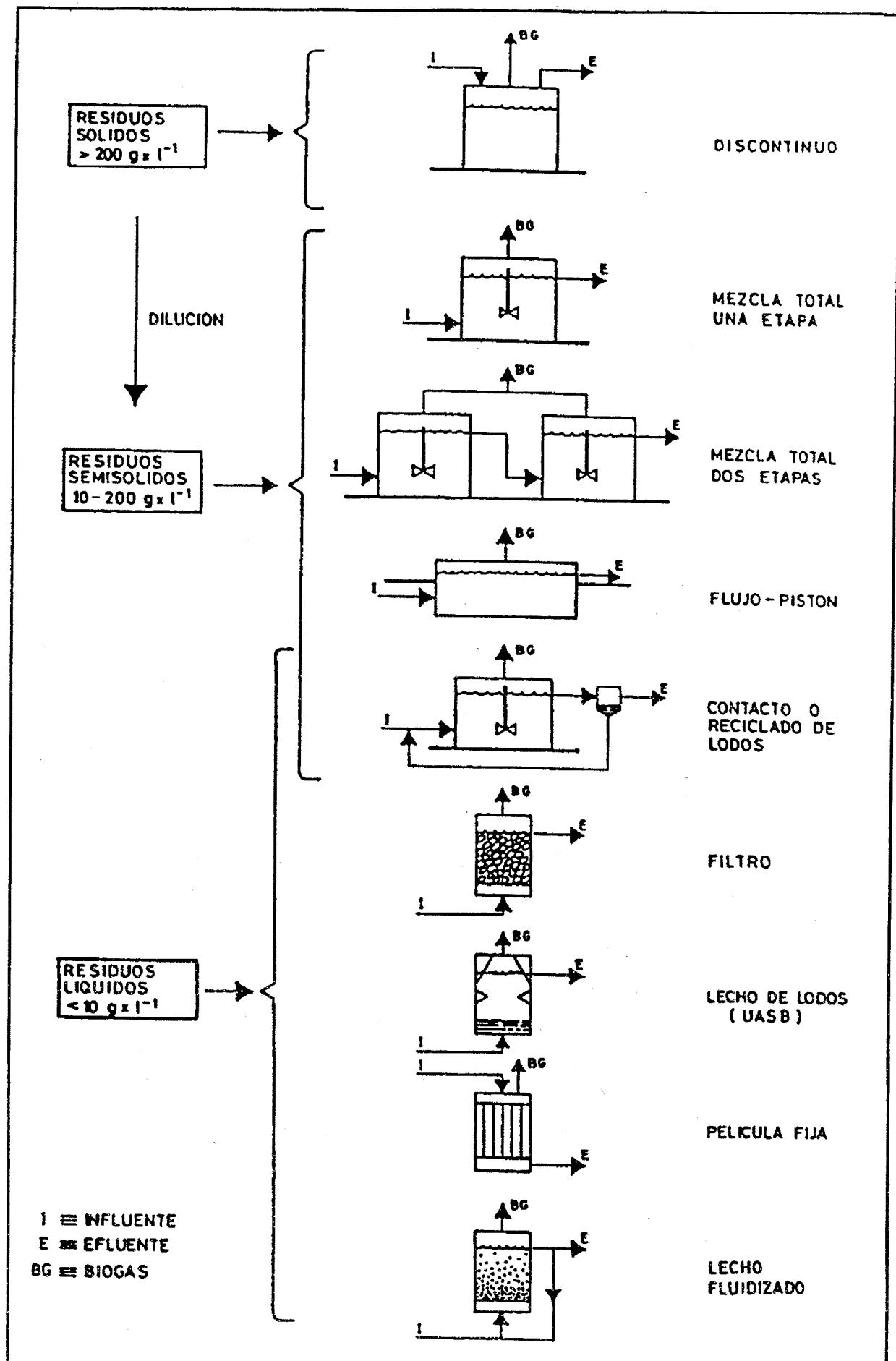
- pH: 4,7.
- MES (gramos/litro): 0,7 a 1,8.
- Carbono orgánico total (gramo/litro): 10 a 12.
- DQO (gramos/litro): 25 a 30.
- DBO_5 (gramos/litro): 12 a 35
- Glicerina (gramos/litro): 6,2 a 8,5
- Ácido láctico (gramos/litro): 4,5 a 7,0
- Ácido málico (gramos/litro): 0,3 a 3,1
- Nitrógeno total Kjeldhal (mg/litro): 450 a 500
- Fósforo total (mg/litro): 100 a 250
- Potasio (mg/litro): 1.600 a 1.700
- Sodio (mg/litro): 32 a 55
- Calcio (mg/litro): 1.200 a 1.600
- Sulfatos (mg/litro): 270
- Polifenoles (gramos/litro ac. gálico): 0,3
- Azúcares reductores (gramos/litro): 1,5

Sistemas de balsas de metanización

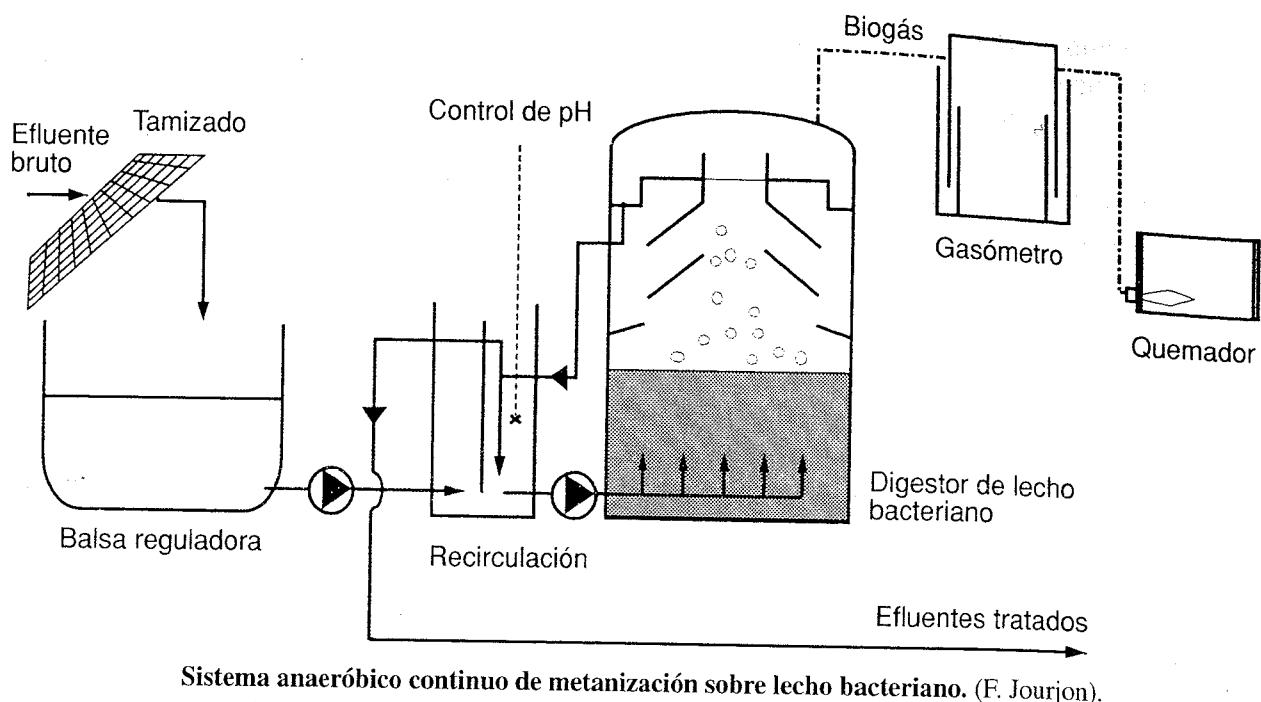
Los efluentes son neutralizados a la entrada de una balsa de metanización estanca y con una profundidad de 3 a 4 metros. El dimensionamiento se realiza con una carga volúmica (C_v) del orden de 0,2 a 1,0 kg DQO/m³ y día, durante un tiempo de unos 30 días, a una temperatura de tratamiento de 18° a 20° C, consiguiendo por este sistema una reducción de la DQO de hasta el 90 por 100.

Sistemas intensivos de metanización

En estos sistemas se utilizan dispositivos digestores de la biomasa, pudiendo encontrarse los microorganismos en estado libre o bien fijados sobre un soporte, donde se consiguen cargas volúmicas (C_v) del orden de 2 a 5 kg DQO/m³ y día, en un tiempo de tratamiento de 2 a 5 días, alcanzando una reducción de la carga contaminante de los efluentes de hasta el 98 por 100 de la DQO o DBO_5 inicial. El gas metano producido puede ser aprovechado para su combustión, produciendo energía que puede ser utilizada para el calentamiento del aparato digestor hasta una temperatura óptima de 35° C. La tecnología de lechos inmovilizados de fangos se conoce como UASB (upflow anaerobic sludge blanket).



Tipos de digestores y sistemas de digestión.



XXVII.3.2.3. Otros sistemas biológicos de depuración

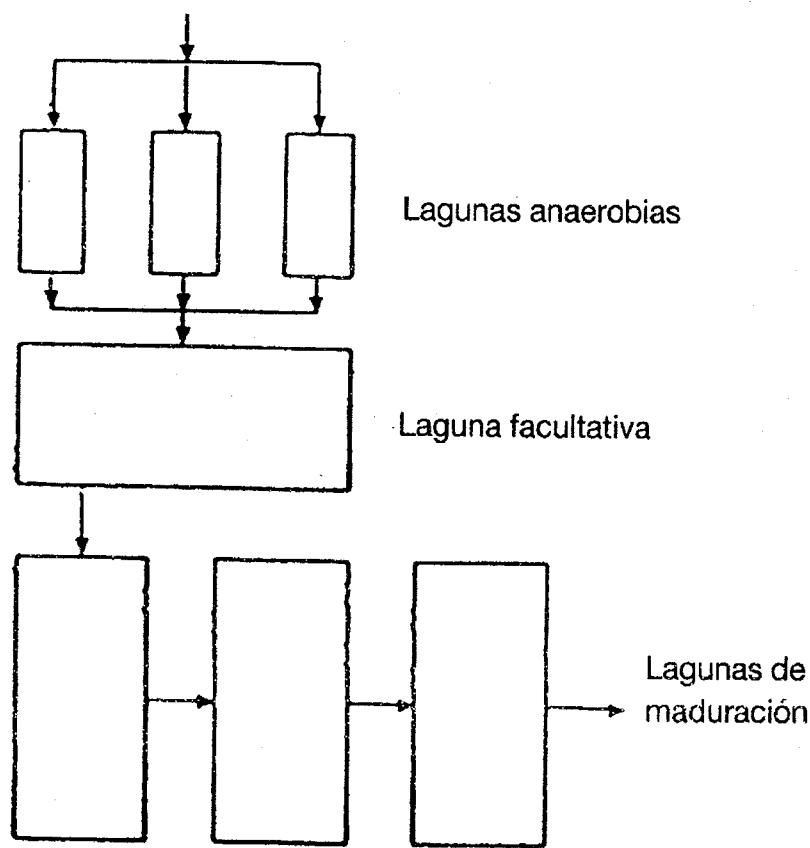
Para la depuración de los efluentes líquidos, también se pueden utilizar otros sistemas de depuración, también basados en diversos fenómenos biológicos, donde destacan el lagunaje, los contactores biológicos rotativos, los lechos de turba, y los tratamientos mediante plantas acuáticas, además de los tratamientos por aplicación al suelo por riego o rociado agrícola antes mencionados.

Lagunaje

El funcionamiento se basa en la interacción simbiótica algas-bacterias, no siendo necesaria la instalación de equipos de aireación, ya que el oxígeno es proporcionado por la fotosíntesis y por agitación natural de las lagunas. Estas instalaciones son factibles cuando existe espacio suficiente disponible de bajo coste. Según la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos (EPA), las lagunas pueden clasificarse atendiendo los siguientes criterios:

- *Según las reacciones biológicas producidas:*
 - Lagunas anaerobias. Reciben las aguas residuales brutas. La carga orgánica es tan elevada, que la mayor parte de la masa de agua se encuentra en anaerobiosis, siendo esencialmente digestores que no requieren oxígeno disuelto y donde las bacterias estabilizan la materia orgánica. Suelen ser profundas con más de 3 metros.
 - Lagunas aerobias o de maduración. Son lagunas poco profundas de menos de 1,5 metros, situándose generalmente al final de los procesos de depuración, por lo que los efluentes acceden con una pequeña carga contaminante.
 - Lagunas facultativas. Son lagunas que participan de las dos anteriores, con una profundidad comprendida entre 1,5 a 2,5 metros, donde en la zona superior predominan los procesos metabólicos aerobios, y en la zona inferior los anaerobios. El oxígeno procede de la fotosíntesis de las algas que se desarrollan en su interior.
- *Según las condiciones de carga:*
 - Lagunas sin descarga. El nivel de la laguna se mantiene constante, compensándose las pérdidas debidas a la evaporación con los aportes y las precipitaciones, siendo por lo tanto de funcionamiento discontinuo.
 - Lagunas de descarga controlada. Son de funcionamiento semicontinuo con entradas y salidas intermitentes.

- Lagunas de descarga continua. El funcionamiento es continuo, con una caudal de influente e idéntico al efluente. La mayor parte de las lagunas de estabilización pertenecen a esta clase.
- *Según el tratamiento previo de los efluentes:*
 - Lagunas primarias. Reciben las aguas residuales brutas, encontrándose las lagunas anaerobias, facultativas, etc.
 - Lagunas secundarias. Reciben la aguas residuales con un tratamiento primario, encontrándose las lagunas facultativas, secundarias de recirculación, etc.
 - Lagunas terciarias. Reciben las aguas residuales con un tratamiento secundario, actuando como complemento o afinamiento de las aguas depuradas, siendo poco profundas, encontrándose las lagunas de maduración, polishing, etc.
- *Según el sistema de aireación:*
 - Lagunas aerobias. Los procesos son de tipo aerobio, donde el aporte de oxígeno lo hacen las algas y la aireación superficial.
 - Lagunas aireadas. Son más pequeñas que las anteriores, donde la aireación se recibe por sistemas forzados de turbinas y difusores.
- *Tipos de lagunas:*
 - Sistema de lagunas de estabilización o WSPS (wastewater stabilization ponds system). Son la combinación de lagunas anaerobias, facultativas y de maduración, que pueden funcionar en serie o en paralelo según casos. En este tipo de lagunas se puede realizar una recirculación cuando se produce un exceso de carga contaminante en el efluente de entrada.
 - Lagunas «knightsoil». Son lagunas primarias que no reciben flujo continuo de agua residual. Se emplean llenándose completamente y dejando que los vertidos se depuren durante semanas hasta su vaciado.
 - Lagunas «polishing». Son lagunas aerobias de embellecimiento o afinamiento, siendo por lo tanto, lagunas terciarias de maduración, utilizándose frecuentemente como final de un proceso de depuración de fangos activos.



- Lagunas macrofitas. Son lagunas de maduración con plantas flotantes o enraizadas, empleándose como lagunas terciarias de maduración. Son muy eficaces para reducir nutrientes, tales como nitrato, amonio y fósforo.
- Lagunas de alta tasa de oxidación (HORP). Presentan una forma de canal continuo equipado con aireadores-mezcladores para poner en agitación toda la masa de agua, y así favorecer el intercambio de gases (CO_2 y O_2) entre algas y organismos aerobios. Son canales de poca profundidad (0,6 metros) y con bajo tiempo de retención de 5 días. Funcionan como lagunas primarias o secundarias, estando diseñadas para optimizar el crecimiento de algas, por lo que es importante separarlas antes del vertido.
- Lagunas profundas. Son lagunas que combinan el lagunaje aerobio y anaerobio en la misma unidad.
- Lagunas de peces. El efluente procedente de un sistema WSPS, contiene una flora y fauna que lo hace utilizable para la cría de peces sin aporte de nutrientes supplementarios.

El *lagunaje clásico*, comprende la instalación de secuencial de una o varias lagunas anaerobias, seguidas de otras lagunas facultativas, y terminando por lagunas aerobias o de maduración, cuyo funcionamiento y cálculo se describe como sigue.

Lagunas anaerobias → Lagunas facultativas → Lagunas de maduración

- Lagunas anaerobias. La descomposición de la materia orgánica se produce por el proceso de metanogénesis antes descrito, cuyo resultado es la formación de un conjunto de sustancias gaseosas inflamables denominado «biogás», siendo un proceso lento y con la emisión de malos olores. Estas lagunas se calculan sus dimensiones de acuerdo con los siguientes criterios:

Carga superficial: $L_s = 2.000 \text{ a } 4.000 \text{ kg DBO}_5/\text{día}$.

Carga volumétrica: $L_v = 100 \text{ a } 180 \text{ gramos DBO}_5/\text{m}^3 \text{ y día}$.

Tiempo de retención: $T_r = 2 \text{ a } 5 \text{ días}$.

Profundidad: 3 a 6 metros.

En estas lagunas la reducción media anual de la DBO_5 es de un 40 por 100, considerando un valor del 50 a 60 por 100 en verano y del 30 por 100 en invierno. Del mismo modo se considera como un valor medio de reducción de sólidos en suspensión del 65 a 70 por 100.

- Lagunas facultativas. En estos embalses se encuentra una capa superior aerobia, otra intermedia con bacterias facultativas y una zona inferior anaerobias con lodos. Los microorganismos aerobios, fundamentalmente bacterias, oxidan el carbono de la materia orgánica formando dióxido de carbono, utilizando además otros elementos para formar nuevos microorganismos, lo que se traduce en una reducción de la carga de materia orgánica contenida en el vertido de un agua residual.

El cálculo de estas lagunas se hace partiendo del nivel de contaminación resultante de las anteriores lagunas anaerobias, pudiendo estimarse la superficie de acuerdo con los siguientes criterios:

- Método sudafricano:

$$A = \frac{Q}{Le} \times \left(\frac{Li}{Le} - 1 \right)$$

A: superficie de lámina de agua necesaria (m^2).

T: temperatura media del agua ($^{\circ}\text{C}$).

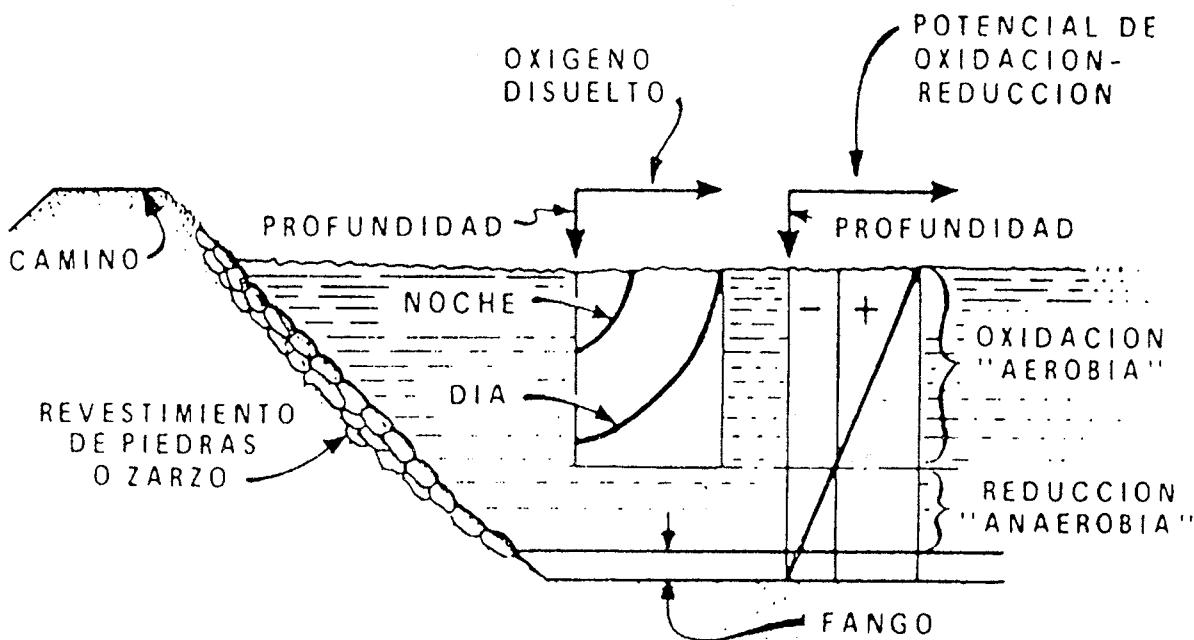
K: coeficiente de temperatura. $K = 0,3 \times (1,05)^{T-20}$

Q: caudal de entrada ($\text{m}^3/\text{día}$).

Li: DBO_5 de entrada (mg/litro).

Le: BDO_5 de salida (mg/litro).

D: profundidad (metros).



Esquema de un estanque de lagunaje facultativo.

- Método de Mc Garry-Pescod:

$$\lambda = 20 \times T - 20$$

λ : carga máxima admisible (kg/ha y día).

T: temperatura media del semestre más frío ($^{\circ}$ C).

- Método de la India:

$$\lambda = 375 - 6,25 \times L$$

λ : carga máxima admisible (kg/ha y día).

L: valor de la latitud del lugar (grados).

- Método de Oswald-Gotaas: para la estabilización de 1,12 kg/ha y día son necesarios una radiación de 1,15 Langley/día, por lo que conociendo este valor se puede estimar la carga máxima admisible. El valor mínimo de la radiación diaria es de 221,2 langleyes, por lo que resulta:

$$\lambda = \frac{221,2 \times 1,12}{1,5} = 165,2 \text{ kg/ha y día}$$

- Método empírico israelí: en condiciones de clima mediterráneo se aconseja diseñar la lagunas facultativas de manera que no se sobrepase una carga media de 120 kg/ha y día.

- Lagunas de maduración. En este lugar se supone que la totalidad de la masa de agua se encuentra en condiciones de aerobiosis, donde la profundidad debe ser de 0,8 a 1,2 metros, y el tiempo mínimo de retención de 5 días. Además de contribuir a la reducción final de la DBO_5 , su verdadera finalidad es la eliminación de los microorganismos patógenos por la acción de la radiación solar, la oxigenación y el estrés nutritivo.

En el diseño de las lagunas anaerobias se utiliza el concepto de eliminación de coliformes fecales como una ecuación de primer orden dada por la siguiente expresión:

$$Be = \frac{Bi}{1 + Kb \times T}$$

Be: número de coliformes fecales por 100 ml de efluente.

Bi: número de coliformes fecales por 100 ml de influente.

Kb: $2,6 \times (1,19)^{T-20}$

T: tiempo de retención hidráulica (días).

Para la serie de lagunas de un lagunaje clásico, el rendimiento por cada tipo de laguna viene dado por la siguiente expresión:

$$\eta_i = 1 - \frac{1}{1 + Kb \times Ti}$$

Así para el sistema de lagunaje anaerobio + facultativo + maduración resulta:

$$\eta_{ana} = 1 - \frac{1}{1 + Kb \times T_{ana}}$$

$$\eta_{fac} = 1 - \frac{1}{1 + Kb \times T_{fac}}$$

$$\eta_{mad} = 1 - \frac{1}{1 + Kb \times T_{mad}}$$

$$\eta_{total} = 1 - (1 - \eta_{ana}) \times (1 - \eta_{fac}) \times (1 - \eta_{mad})$$

Contactores biológicos rotativos: biodiscos y biocilindros

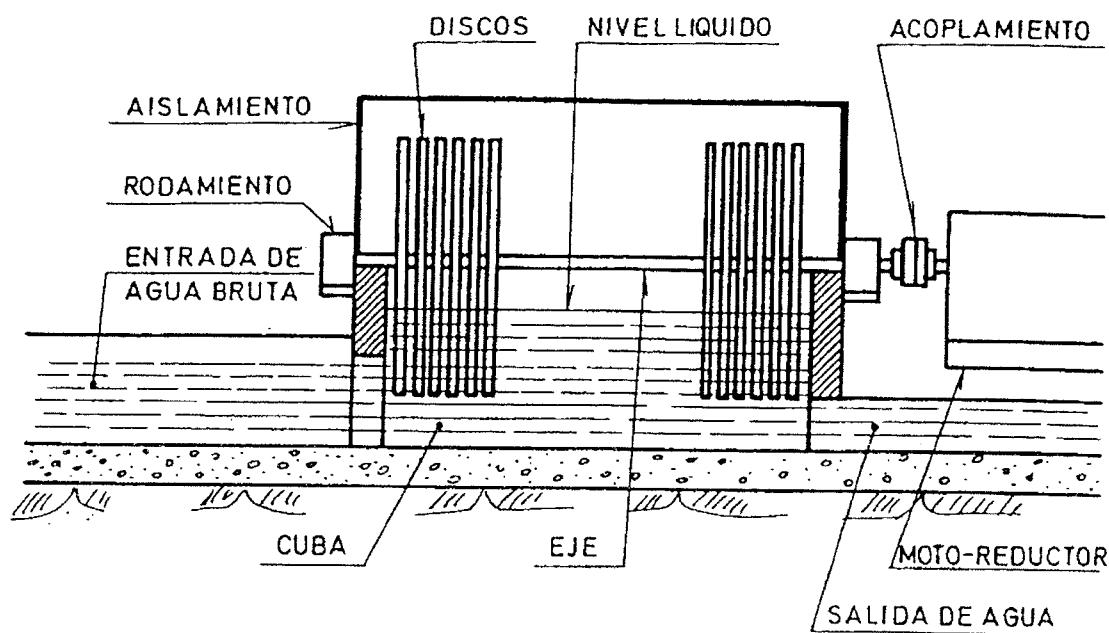
Con este sistema, el agua pasa horizontalmente a través de un tanque, en que giran unos ejes con discos de gran diámetro, suficientemente separados, para permitir el crecimiento de la biomasa sobre su superficie. Cuando los discos giran, la materia orgánica es absorbida en la película biológica que crece en los biodiscos, poniéndose alternativamente en contacto con el aire al salir del agua. Así se produce la transferencia de oxígeno a las colonias de bacterias que producen la oxidación de la materia orgánica, además de airearse también el agua contenida en el tanque. La biomasa de los discos se desprende debido a la fuerza centrífuga creada en su rotación.

Lechos de turba

El elemento fundamental de este sistema es un lecho de material turboso a través del cual circula el agua residual. Este lecho descansa sobre una delgada capa de arena, apoyada a su vez en otra capa de grava. En el fondo del filtro se establece un sistema de drenaje para la salida del agua tratada. Este método se basa en la capacidad absorbente y de formación de complejos con respecto a las sustancias disueltas y coloidales que contienen las aguas residuales, además de un fenómeno físico de retención mecánica de las materias en suspensión, y también un fenómeno biológico de oxidación del componente orgánico.

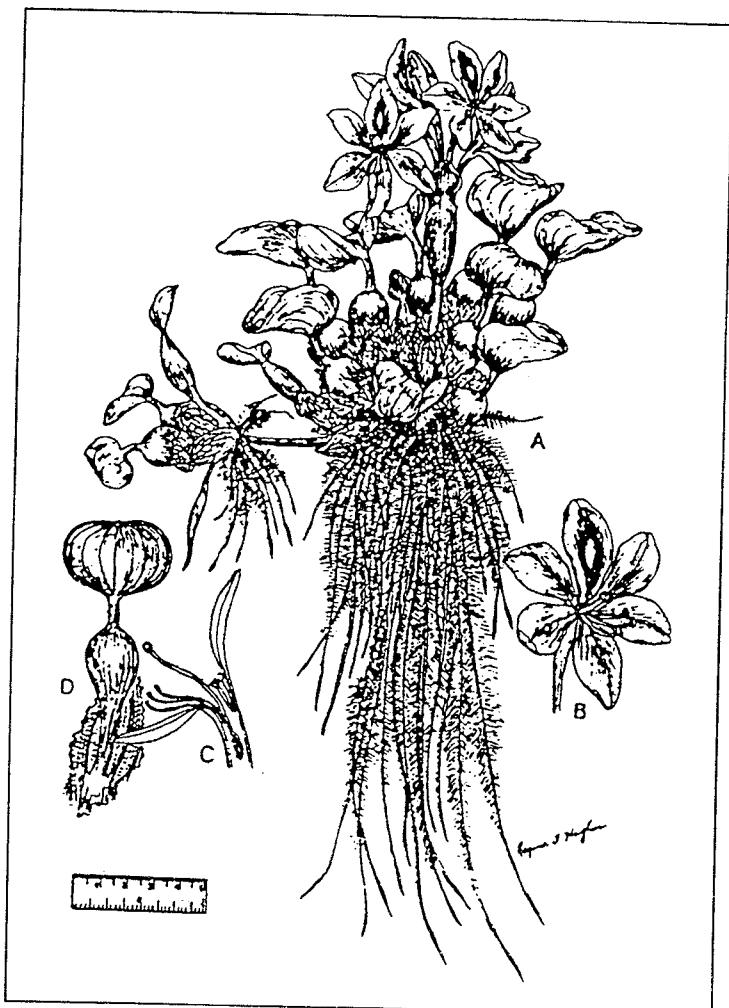
Tratamiento mediante plantas acuáticas

Este sistema de depuración de aguas residuales se puede utilizar como secundario, aunque su mayor aplicación resulta como terciario, para la eliminación en las aguas de nutrientes y



materia orgánica residual procedente del tratamiento secundario. Estos métodos se pueden clasificar según la naturaleza de las especies vegetales utilizadas en los siguientes:

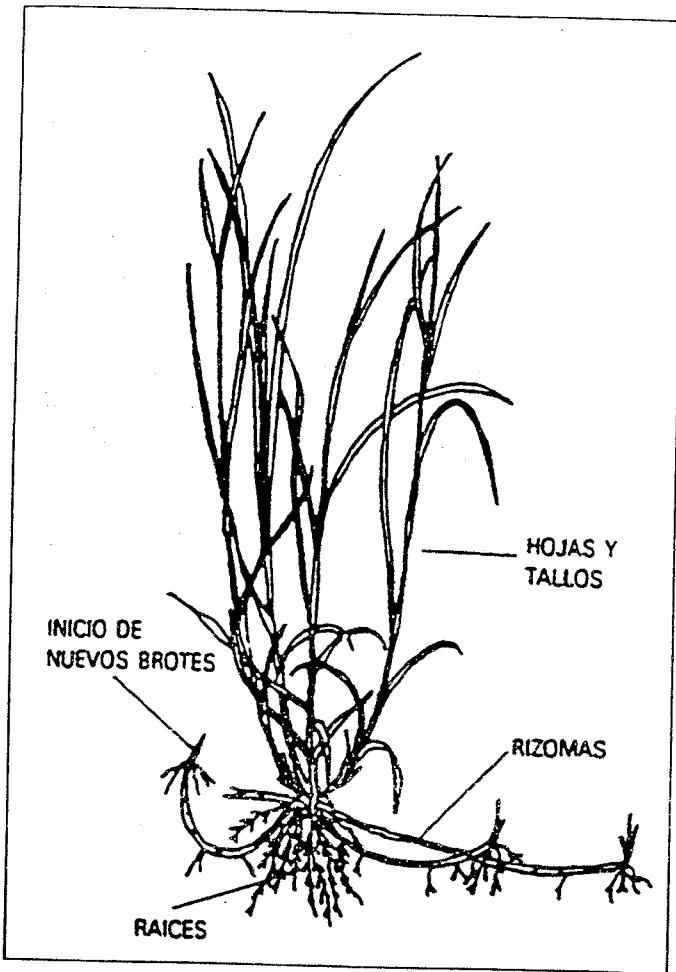
- *Sistemas con especies flotantes.* Consisten en estanques o canales de profundidad variable de 0,4 a 1,5 metros, alimentados con aguas residuales, en los que se desarrolla una especie vegetal flotante. La biomasa que se produce, se recolecta periódicamente y antes de que se produzca su descomposición en el agua, procediendo del mismo modo, a la eliminación periódica de los fangos generados. La presencia de las plantas en el agua, impiden el desarrollo de las algas, debido a que compiten con ellas, por lo que este sistema no es muy eficaz para la eliminación de la materia orgánica, aunque sin embargo resulta muy adecuado para la eliminación de nutrientes disueltos, especialmente en nitrógeno y fósforo. Las plantas recolectadas pueden ser aprovechadas como alimento para animales. Las especies vegetales flotantes más utilizadas son las siguientes:
 - Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*). Se trata de una planta nativa de Sudamérica, extendida por todas las regiones cálidas del mundo, muy sensible a las heladas y con una temperatura óptima de crecimiento de 25 a 30° C. Es una de las plantas más productivas, con rendimientos del orden de 150 toneladas de materia seca por hectárea y año en climas cálidos y de 40 a 50 toneladas de materia seca por hectárea y año en climas más templados. Los microorganismos asociados a la zona radicular contribuyen significativamente a la reducción de la DBO del agua, aprovechando el oxígeno transportado desde las hojas hasta las raíces. Se emplea en estanques de 1 a 2 metros de profundidad, con un 80 por 100 de cobertura, para depurar cargas orgánicas de 140 kg/ha y día. La eliminación de nitrógeno y fósforo se realiza en una proporción N/P de 6/1.
 - Lentejas de agua. Esta familia de Lemnáceas consta de cuatro géneros: *Lemna*, *Spirodella*, *Wolffia* y *Wolfiella*, siendo unas pequeñas plantas flotantes que forman una fina cubierta sobre la superficie del agua, lográndose producciones de 2 a 4 toneladas por hectárea y año. Su menor producción respecto del jacinto de agua se compensa con una mejor recolección por barrido, un amplio período de crecimiento en climas templados-fríos, una buena capacidad de asimilación de nutrientes, y una biomasa excelente para la alimentación animal debido a su elevado contenido proteico y a su alta digestibilidad.
 - *Sistemas con especies sumergidas.* Estas plantas crecen sumergidas en el agua, produciendo órganos reproductores aéreos o flotantes, siendo poco productivas y presentando una dificultad en su recolección.



Jacinto de agua.

A. Planta entera. B, C, detalles de la flor.
D, hoja de pecíolo inflado.

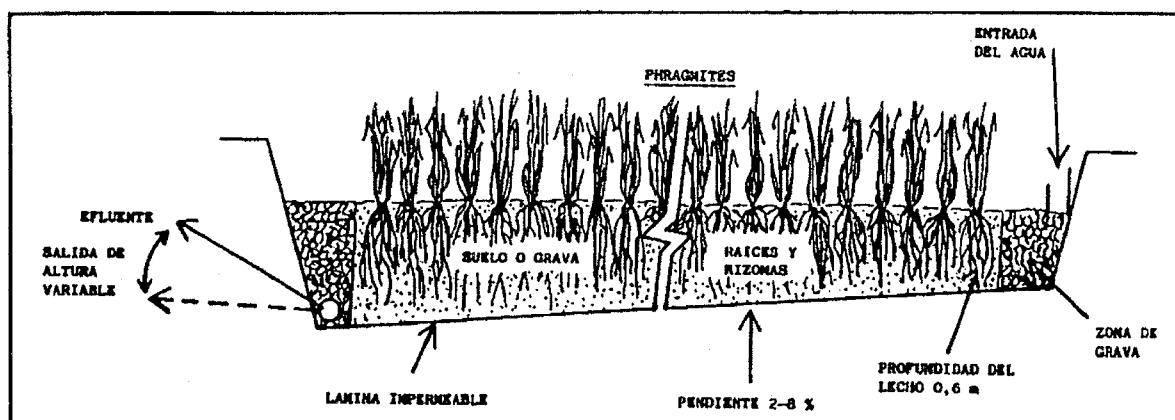
(Tomado de «Handbook of Biosolar Resources - CRC»).



Esquema de una planta emergente típica.

— *Sistemas con especies emergentes.* Las helofitas son plantas anfibias, que viven en aguas poco profundas arraigadas en el lecho, y cuyos tallos y hojas emergen fuera del agua, pudiendo alcanzar una altura de hasta 2 a 3 metros. Son plantas vivaces cuyas hojas se desecan en invierno y brotan en primavera a partir de órganos subterráneos como rizomas. Son plantas altamente productivas y por lo tanto muy interesantes para el tratamiento de aguas residuales. Existen dos procedimientos de duración con estas especies vegetales:

- Proceso MPIP (Max Planck Institute). También conocido como sistema «Krefeld», que consiste en el paso sucesivo de un agua residual previamente decantada, por una serie de canales con un lecho artificial de grava o arena en el que se desarrollan las plantas. Los canales son de 2 a 4 metros de anchura, hasta 100 metros de longitud y de 0,5 a 1,0 metros de profundidad, utilizándose generalmente las especies Phragmites, Scirpus y Typha. Los resultados de depuración de las aguas son buenos, aunque la eliminación de fósforo no es muy elevada, y además el lecho debe ser renovado cada 10 a 15 años por la acumulación de lodos y otros residuos.
- Proceso RZM (Root Zone Meted) o «método de la zona radicular». Este sistema se caracteriza por la creación de un sustrato poroso de elevada conductividad hidráulica, en el que se maximiza la actividad microbiana, y por lo tanto la degradación de la materia orgánica contenida en el agua residual. El sustrato es un conjunto de suelos-rizomas-raíces permeable, por donde discurre el agua en un nivel inferior a su superficie. Generalmente se utiliza una Phragmites por su elevada profundidad de enraizamiento, no recomendándose su recolección.



Esquema de un sistema típico de «Zona Radicular» para el tratamiento de aguas residuales (sección longitudinal). (De Cooper y Boom, 1986).

El área de la sección del lecho se establece según la ley de Darcy por la siguiente ecuación:

$$Ac = \frac{Qs}{Kf \times dh/ds}$$

Ac: área de la sección del lecho (m^2).

Qs: caudal medio del agua residual (m^3/seg).

Kf: conductividad hidráulica del lecho (m/seg).

dh/ds: pendiente del lecho.

La conductividad hidráulica (Kf) después de 3 a 5 años es del orden de 3×10^{-3} metros por segundo, aunque ésta puede variar desde 10^{-1} a 10^{-4} metros por segundo. La velocidad horizontal del agua se recomienda que esté por debajo de 10^{-4} metros por segundo, con una pendiente

Especies emergentes más utilizadas en estudios de depuración de aguas residuales

FAMILIA	NOMBRE LATINO	NOMBRES COMUNES MÁS USUALES
Ciperáceas	<u>Carex</u> sp. <u>Eleocharis</u> sp. <u>Scirpus lacustris</u> L. (*)	— — Junco de laguna
Gramíneas	<u>Glyceria fluitans</u> (L.) R. Br. <u>Phragmites australis</u> (Cav.) Trin. ex Steudel (*)	Hierba del maná Carizo
Iridáceas	<u>Iris pseudacorus</u> L.	Lirio amarillo, espaldaña fina
Juncáceas	<u>Juncus</u> sp.	Juncos
Tifáceas	<u>Typha</u> sp. (*)	Eneas, aneas, espadañas

(*) Especies más utilizadas entre todas

del 2 a 6 por 100 y una profundidad del suelo de al menos 60 cm. El dimensionamiento del lecho puede realizarse con la siguiente ecuación:

$$Ah = f \times Qd \times (\ln Co - \ln Ct)$$

Ah: superficie del sistema (m^2).

Qd: caudal diario medio del agua residual ($m^3/día$).

Co: DBO₅ media diaria del influente (mg/litro).

Ct: DBO₅ media diaria del efluente (mg/litro).

f: factor que depende de la biodegradabilidad del agua residual y de la profundidad del lecho, pudiendo llegar al valor de 15 en lechos poco profundos de 0,3 metros. En aguas residuales domésticas, este valor es del orden de 5,0.

XXVII.3.3. Ejemplo de una estación depuradora de aguas residuales

Un grupo de bodegas ubicadas en el Barrio de la Estación de Haro (La Rioja): Bodegas Bil-bainas, Bodegas Ibaiondo, Bodegas Muga, Bodegas Rioja Santiago, Bodegas Roda. Bodegas v-

viñedos Gómez Cruzado, Compañía Vinícola del Norte de España, y La Rioja Alta, deciden abordar la instalación de una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) de manera conjunta, siendo diseñada esta planta para un procesado de 16.400.000 kg de vendimia tinta y 19.800.000 litros de vino en crianza en barricas, obteniéndose mediante un estudio previo de los vertidos los siguientes parámetros:

Meses	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Caudal medio diario (m^3) ...	350	258	221	229	210	182	169	154	185	194	195	288
Caudal punta diario (m^3) ...	525	387	331	344	315	274	154	231	278	290	292	433
Caudal mensual total (m^3) ...	9508	5484	4308	4576	4344	4205	3905	3426	3711	4043	3851	4795
DQO media diaria (mg/l) ...	4246	3424	2535	2400	1990	2015	1895	1862	2020	1766	1463	2371
DQO total mensual (kg)	40371	18766	10920	10982	8624	8472	5864	6380	7496	7140	5634	11369
H. Eq. medios diarios	13623	8100	5135	5043	3827	3377	2939	2634	3426	3134	2614	6273
H. Eq. punta diarios	20435	12149	7703	7565	5740	5065	4408	2634	3426	3134	2614	6273
Variación de pH	4-6	5-7	5-7	6-8	6-8	6-8			6-8		7-9	
MES (mg/litro)	1200	1000			800				500			
Nitrógeno (mg/litro)	10-20	7-15			5-12				3-12			
Fósforo (mg/litro)	2-10	1-8			1-6				1-5			

La estación depuradora se dimensiona para las *condiciones punta del mes de octubre*, pues en este período se producen las cargas orgánicas y los caudales más elevados:

- Caudal medio diario (m^3): 350.
- Caudal punta diario (m^3): 525.
- Caudal mensual total (m^3): 9.508.
- DQO media diaria (mg/litro): 4.246.
- DQO punta diaria (mg/litro): 5.520.
- DQO total mensual (kg): 40.371.
- H. Eq. medios diarios: 13.623.
- H. Eq. punta diarios: 20.435.
- Variaciones de pH: 4 a 6.
- MES (mg/litro): 600 a 1.200.
- Nitrógeno amoniacal (mg/l): 10 a 20.
- Fósforo (mg/litro): 2 a 10.
- Carga contaminante media en el mes punta: $350\text{ m}^3/\text{día} \cdot 4246\text{ mg DQO/litro} = 1.487\text{ kg DQO/día}$.
- Carga de diseño: $525\text{ m}^3/\text{día} \cdot 4246\text{ mg DQO/litro} = 2.230\text{ kg/DQO/día}$.

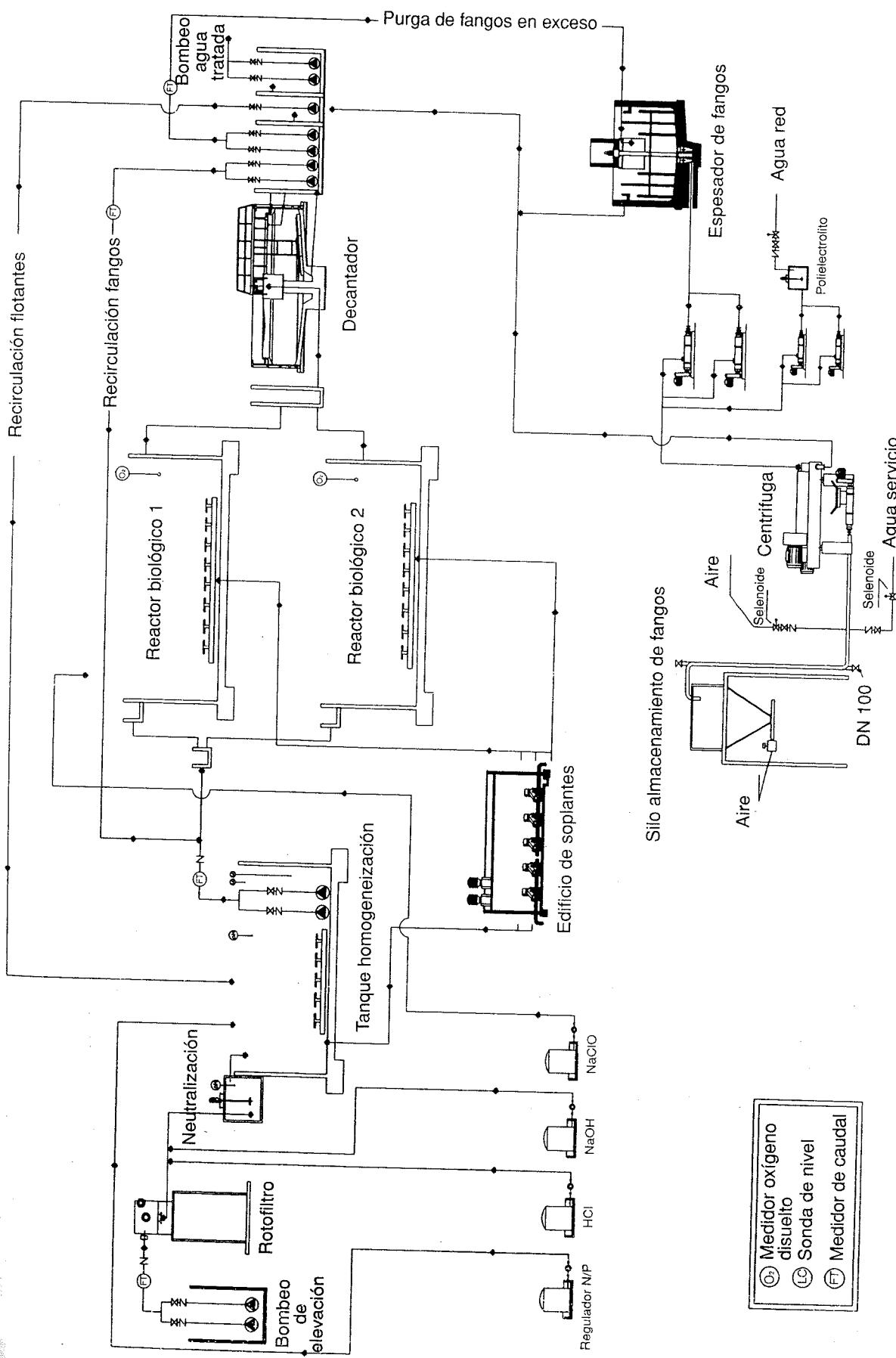
Los *caudales de diseño* se establecen para el colector unitario de recogida de aguas, sobredimensionándose en cinco veces el caudal punta por recoger aguas de lluvia, con una capacidad de bombeo dos veces el caudal punta, y en consecuencia un aliviadero de tres veces el caudal punta. El pretratamiento asumirá dos veces el del caudal punta, con un aliviadero a su salida para desaguar una vez este caudal y diseñando el resto de la instalación para tratar el caudal punta.

El destino de los efluentes de la estación depuradora será el colector general de la ciudad de Haro, debiendo cumplir la normativa de vertido a dicho cauce, por lo que se establecen y garantizan las siguientes *calidades de vertido*:

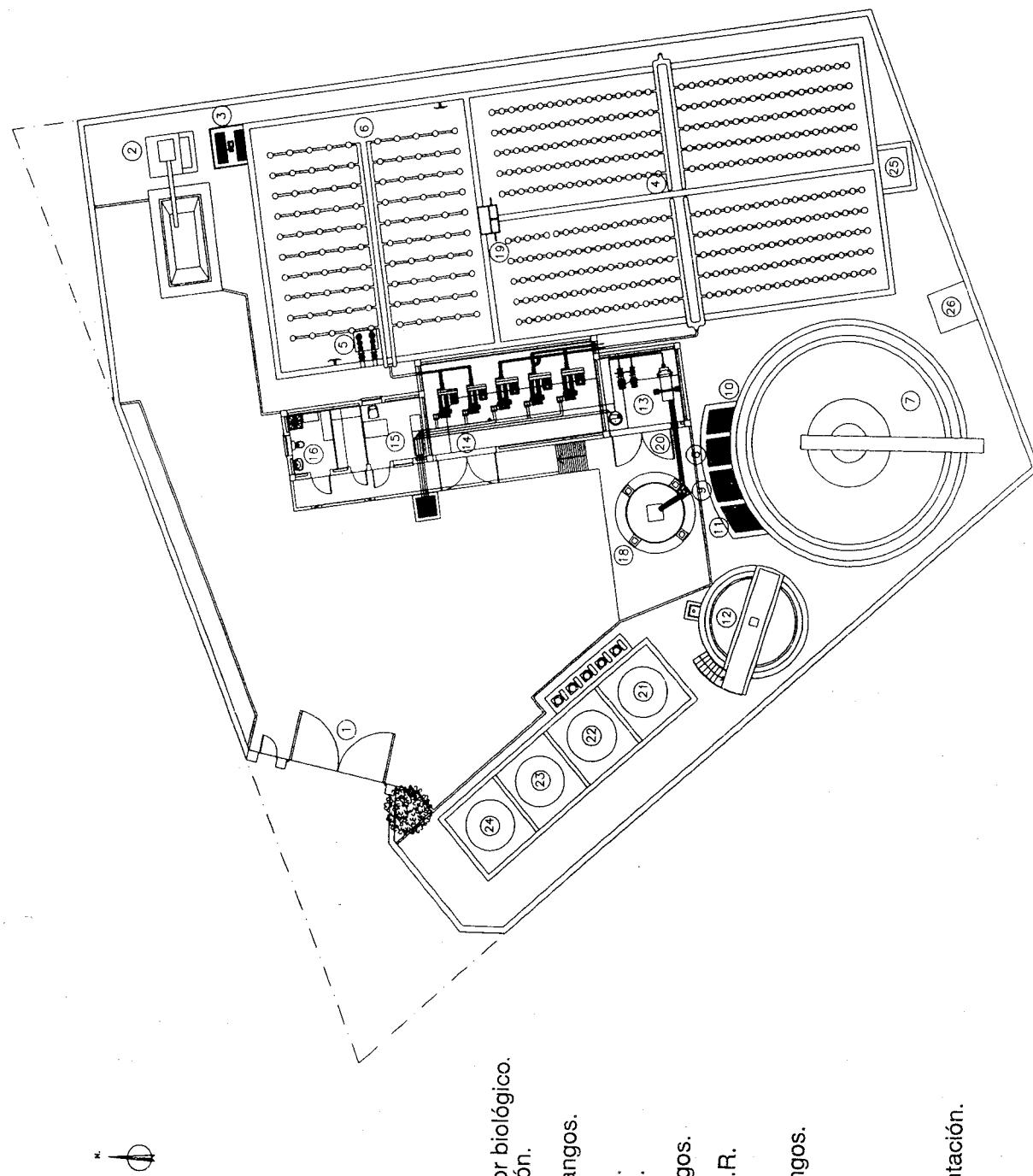
	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	MES (mg/l)
Valores garantizados	500	250	100
Valores estimados de octubre a enero	< 160	< 40	< 80
Valores estimados de febrero a septiembre	< 125	< 25	< 35

La estación depuradora de aguas residuales consta de las siguientes instalaciones:

- Desbaste mediante un rototamiz de caudal nominal de 124 m^3 /hora y una luz de malla de 1,5 mm, con transporte de sólidos por un tornillo hacia un contenedor.



Estación depuradora de aguas residuales mancomunada del Barrio de la Estación de Haro. (La Rioja).



1. Acceso E.D.A.R.
2. Desbaste en rototamiz.
3. Arqueta de neutralización.
4. Reactor biológico.
5. Tanque de homogeneización.
6. Clarificador secundario.
7. Bombeo recirculación de fangos.
8. Bombeo purga de fangos.
9. Bombeo purga de flotantes.
10. Bombeo de agua de salida.
11. Espesador de fangos.
12. Sala deshidratación de fangos.
13. Sala de flotantes.
14. Sala de control de la E.D.A.R.
15. Sala de servicios.
16. Almacén.
17. Silo almacenamiento de fangos.
18. Arqueta de reparto.
19. Tornillo transportador.
20. Depósito HCl.
21. Depósito NaOH.
22. Depósito N/P.
23. Depósito NaOCl.
24. Arqueta de reunión a decantación.
25. Estación transformadora.

Estación depuradora de aguas residuales mancomunada del Barrio de la Estación de Haro. (La Rioja).

- Neutralización de las aguas hasta pH próximo a 7, mediante inyección automática de sosa o ácido clorhídrico, desde unos depósitos de almacenamiento de 5 m³ dotados de las correspondientes bombas dosificadoras y una arqueta de tratamiento de 1,5 × 1,5 × 1,3 metros.
 - Balsa de regulación y homogeneización de efluentes de 600 m³ de capacidad, dotada de dos agitadores de 2,5 kW de potencia y 100 difusores de aire alimentados por un soplante de émbolos rotativos de 500 Nm³/hora a una presión de 650 mbar. Los vertidos se conducen al siguiente elementos por medio de una bomba de 25 m³/hora.
 - Adición de nutrientes para el desarrollo de los microorganismos, mediante la inyección de unas soluciones de nitrógeno (urea) y de fósforo (ácido fosfórico), contenidas en sendos depósitos y por medio de las correspondientes bombas dosificadoras.
 - Tratamiento biológico por fangos activados, en una balsa de 1.100 m³ divididos en dos cámaras de 550 m³ cada una, que permiten funcionar con las dos balsas en períodos de alta carga y de una cámara en los de baja carga. Las condiciones de operación en los distintos períodos son las siguientes:
 - Período punta (octubre):

Carga másica: 0,20 kg DBO₅/kg MVS y día.
Edad del fango: 8,0 días.
Carga volúmica: 0,78 kg DBO₅/m³ y día.
Volumen del reactor: 1.100 m³.
 - Período de alta carga (octubre a enero):

Carga másica: 0,09 kg DBO₅/kg MVS y día.
Edad del fango: 15,8 días.
Carga volúmica: 0,37 kg DBO₅/m³ y día.
Volumen del reactor: 1.100 m³.
 - Período de baja carga (resto del año):

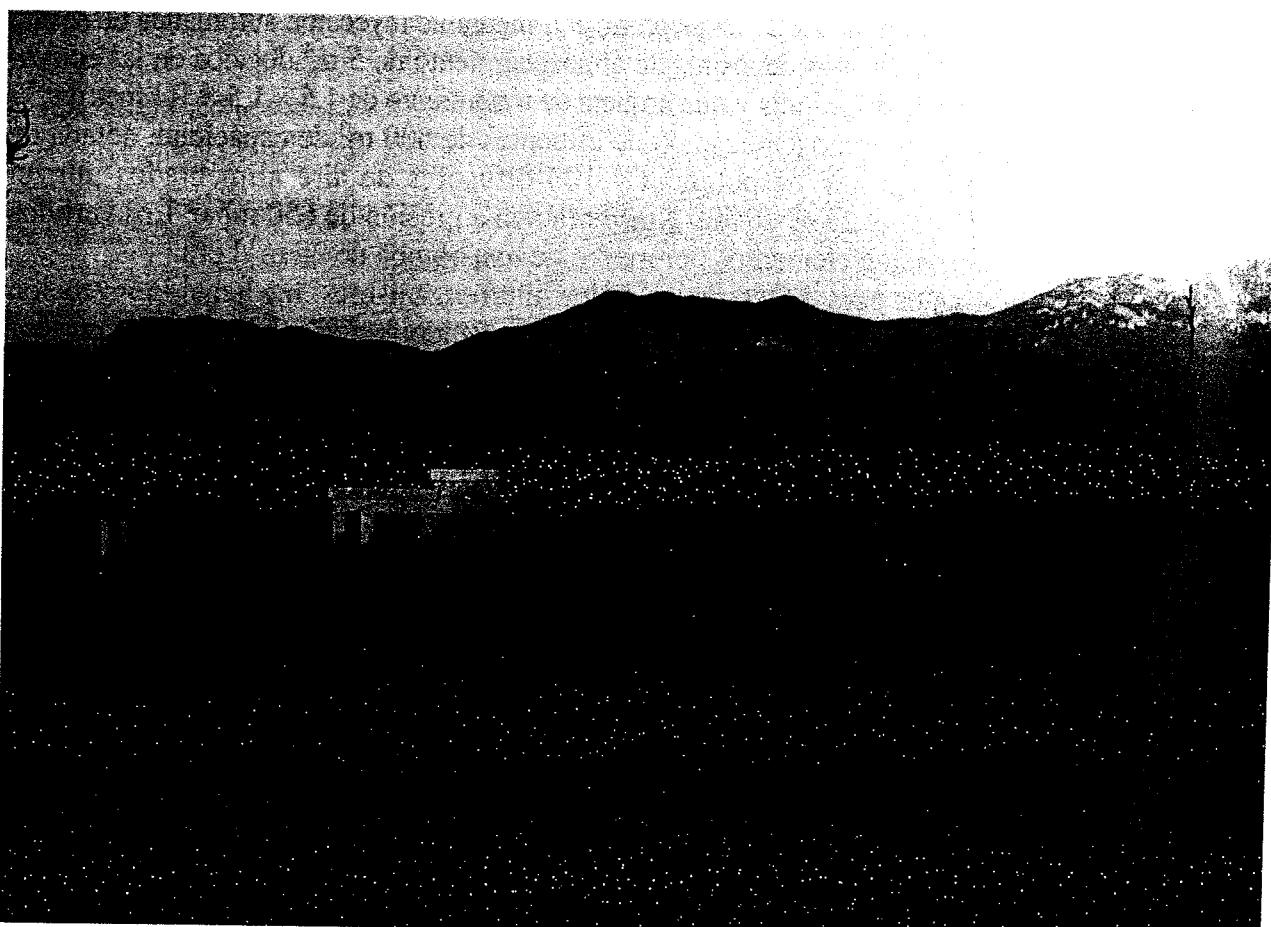
Con dos cámaras operativas:
Carga másica: 0,06 kg DBO₅/kg MVS y día.
Edad del fango: 21,6 días.
Carga volúmica: 0,23 kg DBO₅/m³ y día.
Volumen del reactor: 1.100 m³.

Con una cámara operativa:
Carga másica: 0,09 kg DBO₅/kg MVS y día.
Edad del fango: 12,0 días.
Carga volúmica: 0,46 kg DBO₅/m³ y día.
Volumen del reactor: 550 m³.
- La producción anual de fangos deshidratados con una humedad del 20 por 100 son las siguientes:
- | | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| Período punta (1 mes) | 70 m ³ |
| Período de alta carga (4 meses) | 140 m ³ |
| Período de baja carga (7 meses) | 200 m ³ |
| Total: | 410 m³ |

La aireación se realiza mediante 430 difusores de caudal unitario de 4 m³/hora dispuestos en el fondo de las balsas, con dos soplantes de émbolos rotativos de caudal unitario de 950 Nm³/hora a una presión de 6 m.c.a. proporcionando las siguientes demandas de aire:

- Período punta (octubre): 1.425 m³/hora.
- Período de alta carga (octubre a enero): 956 m³/hora.
- Período de baja carga (febrero a septiembre): 660 m³/hora.

La demanda de aire para mezcla en un reactor de fangos activados se sitúa entre 20 a 30 m³/minuto y 1.000 m³ de capacidad, precisándose para 1.100 m³ una necesidad



Estación depuradora de aguas residuales mancomunada del Barrio de la Estación de Haro. La Rioja. (TARBES).

mínima de 22 m³/minuto que equivale a 1.320 m³/hora, mientras que en la época de baja carga con una cámara de 550 m³ se demandan 11 m³/minuto o 660 m³/hora.

- Clarificación secundaria y bombeo de recirculación. A la salida del tratamiento biológico se separan el agua tratada y el fango biológico, mediante un decantador de 10 metros de diámetro por 3 de alto, con una altura de lámina de agua de 3 metros, y de fondo troncocónico donde se acumulan los fangos gracias a un dispositivo rascador de fondo y superficie. Un pozo de bombeo recoge las aguas limpias enviándolas depuradas al cauce receptor, existiendo otro de recirculación de fangos con una bomba de 50 m³/hora, un tercer pozo con una bomba de 10 m³/ hora para el vaciado de fangos, y un último pozo con bomba para enviar al espesador las espumas y fangos extraídos por el rascador flotante antes mencionado. La instalación posee un equipo de dosificación de hipoclorito sódico para prevenir la aparición de bacterias filamentosas.
- Espesador de fangos de forma troncocónica, con 5 metros de diámetro y 3 metros de altura, y un fondo inclinado con una pendiente del 8 por 100, donde los fangos procedentes del decantador se concentran hasta lograr un 4 por 100 de sólidos, siendo enviado el líquido sobrenadante hacia la balsa de homogeneización.
- Deshidratador de fangos y tolva de almacenamiento. Una centrífuga de masas o decantadora de rendimiento de 5 a 9 m³/hora, recibe los fangos del espesador por medio de una bomba de rotor excéntrico, siendo previamente dosificados con un polielectrolito catiónico como sustancia coagulante, obteniéndose un fango deshidratado y un líquido resultante enviado hacia la balsa de homogenización. Los fangos deshidratados se envían con una bomba de rotor excéntrico a una tolva elevada de 20 m³ de capacidad, dotada de compuertas tajadera para su descarga directa sobre los remolques o camiones de transporte.
- Sistema informático de control automático de la estación depuradora.

XXVII.3.4. Utilización de lodos de depuradora como fertilizante

La importancia creciente de la producción de lodos, procedentes de la depuración de aguas residuales domésticas o urbanas, está presentando serios problemas para su almacenamiento y sobre todo para su eliminación. Por otra parte, la composición de estos lodos, aunque variable, les convierte en una fuente de materia orgánica y de elementos fertilizantes para su utilización en la actividad agraria, que resulta ser la vía más adecuada para su eliminación, al permitir su incorporación a los ciclos naturales de la materia y la energía. Producíendose de este modo un doble beneficio, ambiental y agrario, consecuencia, por una parte, de su eliminación sin alteración relevante del equilibrio ecológico, y por otra, del efecto que se deriva de su aplicación en los suelos agrícolas, donde se observa una acelerada y preocupante disminución de su contenido en materia orgánica.

Hasta ahora, estos lodos han estado y se están utilizando con esta finalidad, lo que ha permitido adquirir una notable experiencia en relación con su naturaleza, forma y dosis de aplicación y efectos sobre el suelo, el agua, la cubierta vegetal y la salud humana; haciendo constatar el carácter perjudicial que pueden tener los lodos, cuando determinados elementos químicos inorgánicos, como los denominados metales pesados, alcanzan concentraciones superiores a un cierto umbral y son aplicados de forma sistemática o discontinua, en determinados tipos de suelos, a dosis muy altas o en momentos determinados del ciclo vegetativo de las plantas que van a ser aprovechadas directamente por los animales domésticos o por el hombre. La normativa legal que permite compaginar la producción de lodos de depuración y su utilización agraria, se contempla en el Real Decreto 1310/1990 de 29 de octubre del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, cuyos principales aspectos se exponen a continuación.

«Lodos de depuración» son los residuos que salen de todo tipo de estaciones depuradoras de aguas residuales domésticas, urbanas o de aguas residuales de composición similar a las anteriormente citadas, así como los procedentes de fosas sépticas y de otras instalaciones de depuración similares utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales.

«Lodos tratados» son los lodos de depuración tratados por una vía biológica, química o térmica, mediante almacenamiento a largo plazo o por cualquier otro procedimiento apropiado, de manera que se reduzca de forma significativa su poder de fermentación y los inconvenientes sanitarios de su utilización.

Un ejemplo de lodos de depuración de estaciones depuradoras de aguas residuales urbana y agrícola vinícola podría tener la siguiente analítica referida a materia seca:

	EDAR urbana	EDAR vinícola
pH 1/5:	6,4	6,8
Nitrógeno:	5,2 %	39,8 g/kg
Fósforo:	2,3 % P ₂ O ₅	4,5 g/kg
Materia orgánica:	13,7 %	86,6 %
Cadmio total:	4,1 mg/kg m.s.	< 1,0 mg/kg m.s.
Cobre total:	280 mg/kg m.s.	182 mg/kg m.s.
Níquel total:	43 mg/kg m.s.	69 mg/kg m.s.
Plomo total:	140 mg/kg m.s.	62 mg/kg m.s.
Cinc total:	610 mg/kg m.s.	551 mg/kg m.s.
Mercurio total:	2,8 mg/kg m.s.	0,2 mg/kg m.s.
Cromo total:	470 mg/kg m.s.	54 mg/kg m.s.
Magnesio asimilable:	3.004 mg/kg m.s.	
Calcio asimilable:	2.758 mg/kg m.s.	
Sodio asimilable:	525 mg/kg m.s.	
Potasio asimilable:	6.150 mg/kg m.s.	
Hierro total:	5.340 mg/kg m.s.	

Solamente podrán destinarse a la actividad agrícola los lodos tratados, y éstos estarán amparados por una documentación expedida por el titular de la estación depuradora.

residuales, en la que quedará claramente establecido el proceso de tratamiento utilizado y su composición analítica; debiendo el receptor o usuario de estos lodos poseer la citada documentación, que podrá ser objeto de la correspondiente inspección por las autoridades pertinentes. Los suelos sobre los que podrán aplicarse los lodos tratados, deberán tener una concentración de metales pesados inferior a los siguientes:

	mg/kg de suelo seco	
	Suelos con pH < 7	Suelos con pH > 7
Cadmio:	1,0	3,0
Cobre:	50,0	210,0
Níquel:	30,0	112,0
Plomo:	50,0	300,0
Cinc:	150,0	450,0
Mercurio:	1,0	1,5
Cromo:	100,0	150,0

Las muestras de suelo serán la media de 25 muestras tomadas en una superficie inferior o igual a 5 hectáreas, tomadas a una profundidad de 25 cm, salvo que la profundidad del horizonte de laboreo sea más baja, y en ningún caso inferior a los 10 cm.

Los lodos tratados a utilizar en los suelos no excederán de los siguientes valores límite en metales pesados, analizado después de una descomposición mediante ácido fuerte, y utilizando la técnica de espectrometría por absorción atómica. El límite de detección para cada metal no deberá superar el 10 por 100 del valor límite correspondiente.

	mg/kg de materia seca	
	Suelos con pH < 7	Suelos con pH > 7
Cadmio:	20	40
Cobre:	1.000	1.750
Níquel:	300	400
Plomo:	750	1.200
Cinc:	2.500	4.000
Mercurio:	16	25
Cromo:	1.000	1.500

Las cantidades máximas de lodos tratados que podrán aportarse al suelo por hectárea y año, serán las que de acuerdo con el contenido en metales pesados de los suelos y lodos a aplicar, no rebasen los valores límite de incorporación de los siguientes valores de metales pesados:

	Valores límite (kg/ha y año)
Cadmio:	0,15
Cobre:	12,00
Níquel:	3,00
Plomo:	15,00
Cinc:	30,00
Mercurio:	0,10
Cromo:	3,00

En todo caso, se establecen las siguientes prohibiciones a la utilización de estos lodos en la agricultura:

- Aplicar lodos tratados en praderas, pastizales y demás aprovechamientos a utilizar en pastoreo directo por el ganado, con una antelación menor de tres semanas respecto de la fecha de comienzo del citado aprovechamiento directo.
- Aplicar lodos tratados en cultivos hortícolas y frutícolas durante su ciclo vegetativo, con la excepción de los cultivos de árboles frutales, o en un plazo menor de diez meses antes de la recolección y durante la recolección de la misma, cuando se trata de cultivos hortícolas o frutícolas cuyos órganos o partes vegetativas a comercializar y consumir en fresco estén normalmente en contacto directo con el suelo.

Como regla general, los lodos de depuración deberán analizarse, al menos cada seis meses en la fase de producción. Si surgen cambios en la calidad de las aguas tratadas, la frecuencia de tales análisis deberá aumentarse. Si los resultados de los análisis no varían de forma significativa a lo largo de un período de un año, los lodos deberán analizarse, al menos, con la frecuencia que aconseje su variación estacional y, como máximo cada doce meses. En el caso de depuradoras con capacidad de tratamiento inferior a 300 kg DBO₅ por día, correspondiente a 5.000 unidades de habitantes equivalentes, el análisis de los lodos se limitará una vez al año. Los parámetros mínimos de análisis de lodos serán los siguientes: materia seca, materia orgánica, pH, nitrógeno, fósforo y metales pesados (cadmio, cobre, níquel, plomo, cinc, mercurio y cromo).

XXVII.4. ENVASES Y RESIDUOS DE ENVASES

El sector vitivinícola y en especial el embotellado o envasado y comercialización de los mostos o vinos, son unas actividades donde además de los productos comercializados, se utilizan otros materiales complementarios, como: vidrio, madera, corcho, plástico, cartón, papel, metales, etc., que una vez consumidos son susceptibles de ser vertidos al medio ambiente, produciendo por lo tanto un determinado grado de contaminación. Para corregir este negativo efecto, existe en nuestro país una Ley de Envases y Residuos de Envases 11/1997, donde se dispone de una normativa específica, que establece las condiciones de funcionamiento y la responsabilidad medioambiental de los fabricantes de envases y de los envasadores, y donde se obliga a estos operadores a acogerse a dos posibles sistemas de prevención: *sistema de depósito, devolución y retorno o sistemas integrados de gestión de residuos de envases y envases usados*. Las definiciones establecidas en la normativa, son las siguientes:

- *Envase*: todo producto fabricado con materiales de cualquier naturaleza y que se utilice para contener, proteger, distribuir y presentar mercancías, desde materias primas hasta artículos acabados, en cualquier fase de la cadena de fabricación, distribución o consumo. Se considerarán también envases todos los artículos desechables utilizables con este mismo fin. Dentro de este concepto se incluyen únicamente los envases de venta o primarios, los envases colectivos o secundarios, y los envases de transporte o terciarios. Se considerarán envases industriales o comerciales aquellos que sean de uso y consumo exclusivo en las industrias, comercios, servicios o explotaciones agrícolas o ganaderas y que, por lo tanto, no sean susceptibles de uso y consumo ordinario en los domicilios particulares.
- *Residuo de envase*: todo envase o material de envase del cual se desprenda su poseedor o tenga obligación de desprenderse en virtud de las disposiciones en vigor.
- *Gestión de residuos de envases*: la recogida, la clasificación, el transporte, el almacenamiento, la valorización y la eliminación de los residuos de envases, incluida la vigilancia de estas operaciones y de los lugares de descarga después de su cierre.
- *Prevención*: la reducción, en particular mediante el desarrollo de productos y técnicas no contaminantes, de la cantidad y del impacto para el medio ambiente de los materiales y sustancias utilizadas en los envases y presentes en los residuos de envases; y los envases y residuos de envases en el proceso de producción, y en la comercialización, la distribución, la utilización y la eliminación.

- *Reutilización*: toda operación en la que el envase concebido y diseñado para realizar un número mínimo de circuitos, rotaciones, o usos a lo largo de su ciclo de vida, sea rellenado o reutilizado con el mismo fin para el que fue diseñado, con o sin ayuda de productos auxiliares presentes en el mercado que permitan el llenado del envase mismo. Estos envases se considerarán residuos cuando ya no se reutilicen.
- *Reciclado*: la transformación de los residuos de envases, dentro de un proceso de producción, para su fin inicial o para otros fines, incluido en compostaje, y la biometanización, pero no la recuperación de energía. A estos efectos, el enterramiento en vertedero no se considerará compostaje ni tampoco biometanización.
- *Valorización*: todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos de envases, incluida la incineración con recuperación de energía, sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.
- *Recuperación de energía*: el uso de residuos de envases combustibles para generar energía mediante incineración directa con o sin otros residuos, pero con recuperación de calor.
- *Eliminación*: todo procedimiento dirigido, bien al almacenamiento o vertido controlado de los residuos de envases o bien a su destrucción, total o parcial, por incineración u otros métodos que no impliquen recuperación de energía, sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.
- *Agentes económicos*: los fabricantes e importadores, o adquirientes en otros Estados miembros de la Unión Europea, de materias primas para la fabricación de envases, así como los valorizadores o recicladores. Los fabricantes de envases, los envasadores y los comerciantes o distribuidores. Los recuperadores de residuos de envases y envases usados. Los consumidores y usuarios. Las Administraciones Públicas.
- *Fabricantes de envases*: los agentes económicos dedicados tanto a la fabricación de envases como a la importación o adquisición en otros Estados miembros de la Unión Europea, de envases vacíos ya fabricados.
- *Envasadores*: los agentes económicos dedicados tanto al envasado de productos como a la importación o adquisición en otros Estados miembros de la Unión Europea de productos envasados, para su puesta en mercado.
- *Comerciantes o distribuidores*: los agentes económicos dedicados a la distribución, mayoristas o minoristas, de envases o de productos envasados, distinguiéndose los comerciantes o distribuidores de envases, de los comerciantes o distribuidores de productos envasados.
- *Recuperadores de residuos de envases y envases usados*: los agentes económicos dedicados a la recogida, clasificación, almacenamiento, acondicionamiento y comercialización de residuos de envases para su reutilización, reciclado y otras formas de valorización.

XXVII.4.1. Sistema de depósito, devolución y retorno

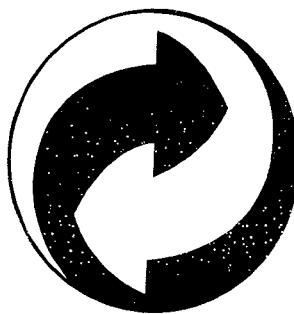
Los envasadores y los comerciantes de productos envasados o, cuando no sea posible identificar a los anteriores, los responsables de la primera puesta en mercado de los productos envasados, estarán obligados a cobrar a sus clientes, hasta el consumidor final, una cantidad individualizada por cada envase que sea objeto de la transacción. Esta cantidad no tendrá la consideración de precio, ni estará sujeta a tributación alguna. Aceptar la devolución o retorno de los residuos de envases y envases usados cuyo tipo, formato o marca comercialicen, devolviendo la misma cantidad que haya correspondido cobrar de acuerdo con lo establecido antes.

Los envasadores sólo estarán obligados a aceptar la devolución y retorno de los envases de aquellos productos puestos en el mercado por ellos. Asimismo los comerciantes sólo estarán obligados a aceptar la devolución y retorno de los residuos de envases y envases usados de los productores que ellos hubieran distribuido o acreditado de forma que puedan ser claramente identificados.

XXVII.4.2. Sistemas integrados de gestión de residuos de envases y envases usados

Los sistemas integrados de gestión (SIG) tendrán como finalidad la recogida periódica de envases usados y residuos de envases, en el domicilio del consumidor o entre sus proximidades, se constituirán en virtud de acuerdos adoptados entre los agentes económicos que operen en los sectores interesados, con excepción de los consumidores y usuarios y de las Administraciones Públicas, y deberán ser autorizados por el órgano competente de cada una de las Comunidades Autónomas en los que se implanten territorialmente, previa audiencia de los consumidores y usuarios. Las Comunidades Autónomas comunicarán al Ministerio de Medio Ambiente las autorizaciones que hayan concedido.

Los envases incluidos en un sistema integrado de gestión deberán identificarse mediante símbolos acreditativos, idénticos en todo el ámbito del territorio de dicho sistema, sin perjuicio de las Competencias Autónomas en sus respectivos ámbitos territoriales. Reglamentariamente podrá establecerse que determinados productos envasados sólo pueden acogerse a este sistema, cuando su composición química o de material que han contenido, no presenten unas características de peligrosidad o toxicidad que comprometan el reciclado o la disposición de las distintas fracciones residuales constitutivas de los residuos municipales o supongan un riesgo para la salud de las personas o el medio ambiente.



Símbolo identificativo de un sistema integrado de gestión de envases.

Los requisitos de los envases y condiciones de seguridad son los siguientes:

- La suma de los niveles de concentración de plomo, cadmio, mercurio y cromo hexavalente presentes en los envases o sus componentes no será superior a 100 ppm en peso.
- Los niveles de concentración contemplados en el apartado anterior no se aplicarán a los envases totalmente fabricados de vidrio transparente con óxido de plomo.
- Los residuos de envases o envases usados devueltos o recogidos deberán ser almacenados, dispuestos o manipulados, de manera que quede garantizada la protección del medio ambiente, la salud e higiene públicas y la seguridad de los consumidores.

Los envases deberán ostentar el marcado correspondiente, bien sobre el propio envase o bien en la etiqueta. Dicho marcado deberá ser claramente visible y fácilmente legible y deberá tener una persistencia y una durabilidad adecuadas, incluso una vez abierto el envase. Queda prohibida la comercialización de envases etiquetados o marcados con la leyenda de «no retornables» u otra de contenido similar.

En España los sectores vitivinícola y de bebidas espirituosas utilizan en la comercialización de sus producciones los siguientes envases y materiales:

- Vidrio: botellas.
- Madera: palets y cajas.
- Papel y cartón: cajas, estuches, separadores, bandejas, planchas, etiquetas, precintos, alveolos, briks y exteriores de bag-in-box.
- Plástico: cajas, films, tapones corona, tapones, tapones irrellenables, cápsulas, flejes, garrafas, vasitos y botellas.
- Metal: cápsulas, tapones de rosca y estuches.
- Corcho: tapones y cajas.

La distribución porcentual de estos materiales en el año 2001, en peso de residuos (Kr) expresados en kilogramos fue la siguiente:

	Sector vitivinícola y de bebidas espirituosas	Bodega de vinos tintos de crianza
Vidrio.....	91,3 por 100	87,8 por 100
Papel y cartón.....	7,0 por 100	8,9 por 100
Madera.....	0,7 por 100	2,0 por 100
Plástico	0,5 por 100	
Metal	0,2 por 100	0,3 por 100
Corcho.....		0,6 por 100
Otros.....	0,3 por 100	0,4 por 100

Durante el período de tiempo desde el año 1997 donde entró en vigencia la Ley de Envases y Residuos de envases, hasta el año 2001, la evolución del peso de residuos de envases generados (Kr) por peso de productos comercializados (Kp) en los sectores vitivinícolas y de bebidas espirituosas, ha supuesto una importante reducción del 4,3 por 100:

Año	Kr/Kp
1997	0,601
1999	0,589
2000	0,581
2001	0,575

El vidrio es el principal material empleado en el envasado de los productos vitivinícolas y de bebidas espirituosas, alcanzando una cantidad cercana al 90 por 100 en peso, empleándose también para contener otros productos, donde destacan principalmente otras bebidas. Durante el año 2006 se consumieron en nuestro país 1.654.000 toneladas de vidrio, de las que 1.638.000 toneladas estaban adheridas a un SIG, lo que representa un porcentaje de adhesión del 99 por 100. Del consumo total de vidrio anual, la distribución por productos es la siguiente:

Vinos y bebidas espirituosas:	37 %
Cerveza	31 %
Sidra:	22 %

La recogida selectiva del vidrio en contenedores especiales y su reciclado presenta una serie de importantes ventajas:

- Ahorro energético, equivaliendo por cada tonelada de vidrio reciclado a unos 100 kg de fuel, suponiendo por lo tanto para 1.638.000 toneladas recogidas y recicladas un ahorro de combustible de 163.800 toneladas de fuel.
- Ahorro de materias primas y conservación de los terrenos productores de materias primas, equivaliendo unas 3.000 botellas a una tonelada de materias primas.
- Reducción de residuos en los vertederos, equivaliendo unas 3.000 botellas a unos 1.000 kg menos de vertidos.
- Reducción de la contaminación del aire en un 20 por 100, al quemar una menor cantidad de combustible para la fabricación de nuevos envases. Equivaliendo unas 3.000 botellas a una reducción de emisiones de 600 kg de dióxido carbónico.

Ecovidrio es el principal sistema integrado de gestión español de recogida y reciclado de vidrio, contando en el año 2006 con más de dos mil agentes económicos adheridos, distribuyendo por el territorio más de 136.000 contenedores de recogida de vidrio, con un ratio de un contenedor por cada 327 habitantes y una media de 12,9 kg de vidrio por habitante y año, habiendo recogido en este año una cantidad de 840.131 toneladas de vidrio, que supone un 50,8 por 100 sobre el total de vidrio consumido. Recogiéndose directamente 576.968 toneladas de vidrio en contenedores o iglús, y el resto, 263.163 toneladas de vidrio, mediante otros sistemas.