

GENERALIDADES SOBRE PROCESOS DE PURIFICACIÓN BIOLÓGICA DE AIRE/GASES

Revah S., Pérez F. y Auria R.

Area de Ingeniería Química

Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa

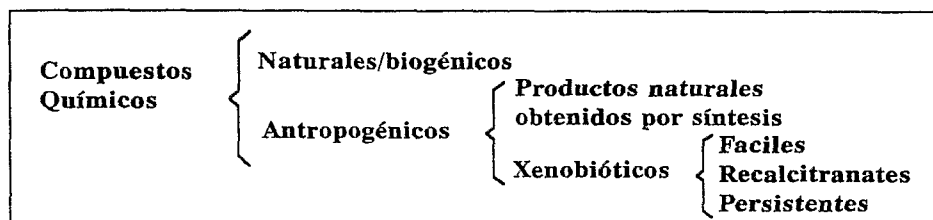
Apdo. Postal 55-534, Iztapalapa 09340, México, D.F.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, uno de los principales problemas que enfrenta la humanidad es la degradación de los recursos naturales que ponen en peligro la sustentabilidad del desarrollo. Entre los aspectos más visibles se encuentra la contaminación del medio ambiente. Es reciente la participación, tanto de la sociedad como de la comunidad científica, quienes han tomado conciencia de la gravedad de éste problema, haciéndolo objeto principal de diversos estudios. La finalidad de estos estudios es evitar la generación de contaminantes ("Tecnologías Limpias") y disminuir los efectos nocivos de la contaminación permitiendo un crecimiento sustentable.

Una parte importante de la contaminación es producida por las industrias de diversos giros. Para el caso del aire, el problema principal está asociado a la generación de gases de combustión, tanto a la escala urbana como a la global. Los efectos se ven amplificados cuando existen problemas de combustión incompleta (emisión de hidrocarburos) y de mala calidad de combustibles (SO_2 , Nox, etc.).

Un problema más puntual es la emisión de compuestos volátiles, tales como solventes, monómeros, combustibles, hidrocarburos, gases de putrefacción, etc. generados por fuentes fijas (industrias, plantas de tratamiento de aguas, basureros, gasolineras, expendios de productos químicos, etc.). Las cantidades de estos compuestos que son emitidas a la atmósfera son mucho menores que las de los gases de combustión, sin embargo, su impacto puede ser alto debido a los efectos tóxicos, además de ser, muchos de ellos, desagradables al olfato aún en bajas concentraciones. Ottengraf, en 1987, plantea una clasificación de los compuestos contaminantes (Fig. 1) de la siguiente manera:



Los compuestos naturales son los que se encuentran en la naturaleza, muchos de estos compuestos son producidos por seres vivos (biogénicos), mientras que los compuestos antropogénicos son aquellos sintetizados por el hombre. Los compuestos xenobióticos son aquellos que no existen en forma natural. Su degradación en el medio ambiente se encuentra ligada a muchos factores físicos, químicos y biológicos. La eliminación por microorganismos dependerá de la similitud química a compuestos biogénicos. Los problemas de contaminación no solo esta determinado por la liberación de sustancias de variada existencia en la naturaleza sino inclusive por la excesiva producción de compuestos biogénicos como es el caso de los gases de invernadero CO₂ y CH₄.

Un punto importante que hay que resaltar es que los compuestos xenobióticos han aumentado de manera casi exponencial, así en 1960, se habían descrito poco más de un millón de este tipo de sustancias, mientras que en 1980 ya se conocían 5 millones de las mismas (Albert, 1990).

Entre las tecnologías fisicoquímicas para la eliminación de gases contaminados se encuentran, (Rinko y Traister, 1988; Dullien, 1989), la adsorción, la absorción, la condensación y la oxidación total (incineradores). El tratamiento biológico ha sido propuesta como un sistema para el control y eliminación de algunos compuestos volátiles. En términos generales la purificación biológica es un proceso en el cual los gases contaminados son tratados al hacerlos entrar en contacto con un medio biológicamente activo. El contacto puede ser con células libres o inmovilizadas.

La degradación de los compuestos orgánicos consiste en transformarlos en compuestos más simples (CO₂, N₂, CH₄, H₂O, H₂S, S⁰, ⁻SO₄, NO₃). Una fracción de los compuestos orgánicos contaminantes pasan a formar parte del nuevo material celular.

Actualmente, esta técnica esta siendo implementada en Europa, Japon y más recientemente en los Estados Unidos. En dichos países se ha aplicado en la industria farmacéutica, química, de celulosa y papel, alimentaria, en plantas de tratamiento de aguas y donde se aplican pinturas (fabricas de automóviles, muebles, talleres, etc.) principalmente.

Procesos biotecnológicos para el tratamiento de gases

Aunque su implantación industrial es reciente, el principio de la purificación de gases residuales mediante el contacto con una población microbiana fue establecido desde 1923 cuando éste método fue propuesto para el tratamiento de H₂S proveniente de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Posteriormente, para su control en 1934, fue aplicada una de las primeras patentes en éste campo: "Purificación de aire u oxígeno, los cuales contengan compuestos olorosos o partículas biológicamente desagradables". Hoy en día está técnica ofrece amplias posibilidades para el tratamiento de un gran numero de contaminantes gaseosos.

A partir de 1950, los conceptos originales son publicados en los Estados Unidos y en Alemania Occidental originando una amplia difusión de ésta tecnología. En 1957, fue registrada en Estados Unidos la patente N° 2793091, que describe el concepto de lechos de tierra, (Soil Bed), así como su instalación en California. Alrededor de 1959, un lecho de tierra fue instalado en una planta de tratamiento de aguas en Nuremberg, Alemania, para controlar la emisión de olores.

Más recientemente, las primeras investigaciones sistemáticas sobre la biofiltración de H_2S fueron conducidas por Carlson y Leiser en los Estados Unidos durante los años 60's. Su trabajo incluye la instalación de diversos filtros de tierra en las plantas de tratamiento de aguas de Seattle. Estos autores demostraron que la transferencia de masa a través de la película líquida, podía ser el paso controlante (Carlson y Leiler, 1966).

A lo largo de las siguientes décadas diversos investigadores realizaron importantes avances, sin embargo, existen pocos reportes acerca de la implementación de éste tipo de proceso a diferentes escalas (Laboratorio, Planta piloto e Industrial).

Los procesos empleados para la purificación biológica de gases, pueden subdividirse dependiendo de las condiciones en las que se encuentran los microorganismos en el sistema y del patrón de flujo de la fase líquida (Diks y Ottengraf, 1991):

		Fase Líquida	
		<i>En movimiento</i>	<i>Estacionaria</i>
Fase Biológica	<i>Dispersa</i>	Biolavador	
	<i>Inmovilizada</i>	Biolavador de lecho escurrido	Biofiltro

En los biofiltros y los rectores de escurrimiento, la purificación de gases se realiza haciendo pasar la corriente gaseosa a través de un filtro biológicamente activo, en el cual se tienen las bacterias inmovilizadas en un soporte que bien puede ser de desechos de madera, composta, plásticos, etc.

Las características de cada uno de los éstos equipos se desglosa a continuación:

a) **Biolavadores.**- Generalmente, consisten de un compartimiento biolavador y otro de regeneración. El primero es una columna atomizadora de una suspensión de las bacterias degradantes de los contaminantes en agua, en la cual las gotas de agua fluyen en contracorriente con el gas a purificar. En esta etapa existe una constante transferencia de masa del contaminante y de oxígeno hacia la fase líquida (figura 1).

La tasa de transferencia de masa de un compuesto dado ésta determinada por el producto del coeficiente total de transferencia, por el área total de contacto en la columna y el gradiente promedio de concentración (la diferencia entre la concentración de equilibrio y la concentración del compuesto en la fase líquida). El mezclado por agitación o aireación es necesario para prevenir la sedimentación microbiana.

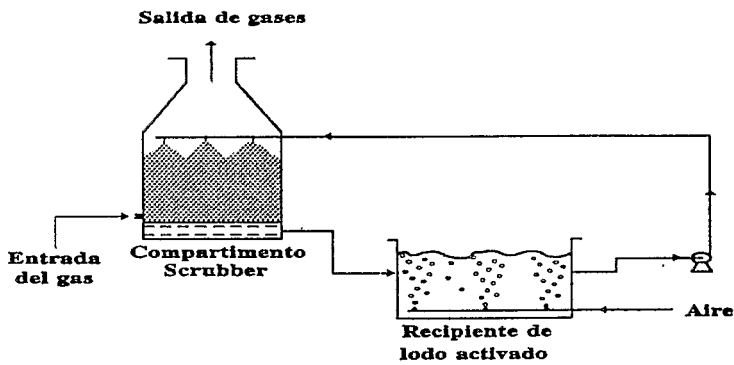


Figura 1. Diagrama de proceso de un biolavador

Los procesos con biolavadores han sido empleados en varias ramas de la Industria; en el tratamiento de gases con ciertos alcoholes, glicoles, cetonas productos aromáticos, resinas, etc. o gases provenientes de incineradores y fundidoras que contienen aminas, fenoles, formaldehído, amonía, etc.

b) **Filtros de escurrimiento.**- En contraste con los bilavadores, en los filtros de escurrimiento, los procesos de absorción de gases y regeneración de la fase líquida ocurren simultáneamente.

Generalmente consisten en columnas empacadas con algún material que permite el desarrollo de una película microbiana de algunos milímetros de espeso. El área específica del empaque (área de contacto por unidad de volumen de columna) es relativamente baja, de 100 a $300\text{m}^2/\text{m}^3$. Esto genera un gran volumen vacío para el tránsito del gas, lo que permite minimizar la caída de presión en la columna y el riesgo de que el espacio vacío sea obstruido por el crecimiento biológico y la película microbiana se pierda.

La corriente líquida, que contiene los nutrientes inorgánicos disueltos, es llevada continuamente a la parte superior de la columna, donde es distribuida de manera homogénea (figura 2). El agua fluye hacia abajo en delgadas capas que rodean el material de empaque. El gas es obligado a fluir a contra corriente. Los componentes gaseosos solubles son transferidos de la fase líquida hacia la biocapa, donde son eliminados por reacciones biológicas aerobias.

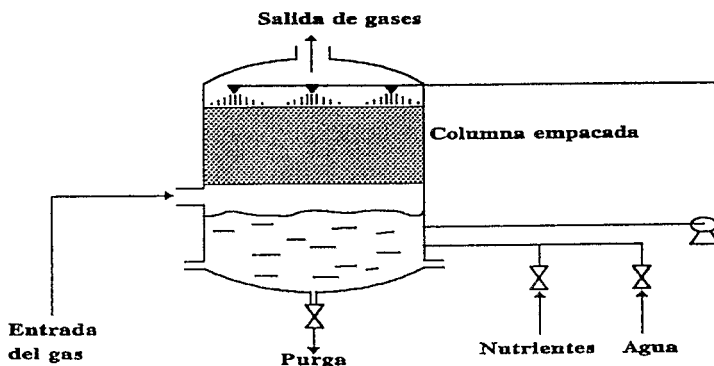


Figura 2. Diagrama de proceso de un reactor de escurrimiento

Este tipo de tecnología ha sido adaptada por Torre *et al.*, (1993) para mezclas de H₂S y CS₂, y llevada hasta tratamiento de flujos de 300 m³/min de corrientes contaminadas, (Revah *et al.*, 1994). Este trabajo reporta las experiencias con otros tipos de contaminantes como vapores de solventes (thinner) y cloruro de vinilo.

c) **Biofiltros.**- En principio, la biofiltración fue usada principalmente para combatir el mal olor en las plantas de tratamiento de aguas. Actualmente, es utilizada en un amplio espectro según muestra la tabla 1. En los biofiltros, el gas maloliente es obligado a atravesar una capa de material biológicamente activa de un espesor de alrededor de 50 a 100 cm. Esta capa se encuentra inmovilizada sobre composta, desechos de madera, etc., materiales que sirven como soporte de microorganismos (principalmente bacterias y hongos) y los abastecen de los nutrientes inorgánicos necesarios para la vida microbiana (figura 3).

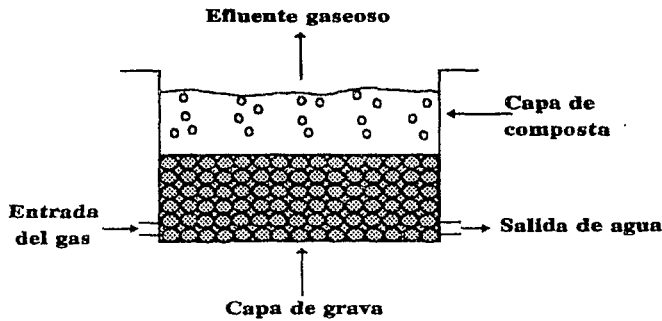
Tabla 1. Ejemplos de aplicaciones de Biofiltros (Fuente: Leson & Winer, 1991)

Adhesivos	Rastros	Sabores y fragancias
Recubrimientos	Reciclado de aceites	Procesador de tabaco
Manufactura química	Tostado de café y cocoa	Olores de plantas de tratamiento
Almacenamiento de productos químicos	Olor en beneficiadoras de aceite, pescado, plumas, etc.	Olores de plantas de tratamiento municipal
Fundidoras	Freidoras de pescado	Olores plantas de composteo
Industrias de pinturas e impresión	Olores en plantas de alimentos para animales	Extracción de gas de rellenos sanitarios

Estos nutrientes son reciclados, para finalmente ser liberados por el proceso de mineralización. Por lo tanto, el material de empaque será consumido y generalmente se debe renovar después de varios años de operación. El tamaño de las partículas de empaque utilizadas en los filtros biológicos debe permitir una superficie de absorción considerable y una resistencia al flujo aceptable.

Esta tecnología se estudia para la remoción de compuestos volátiles medianamente recalcitrantes como tolueno y para altamente degradables como etanol en equipos piloto (Morales *et al.*, 1994) Los principales retos es mantener la estabilidad de la población microbiana bajo condiciones de uso de largo plazo.

Según la literatura todos estos sistemas han sido aplicados en diversas industrias (OECD, 1994). La tendencia actual, definida por el panel *ad-hoc* de la OECD es de los equipos de biofiltración con inoculos naturales adaptados para bajas concentraciones de compuestos biogénicos, como los filtros de tierra y biofiltros hacia los biolavadores de células libres y de lecho de escurrimiento para altas concentraciones y con microorganismos seleccionados y adaptados. Estos equipos se conocen como de segunda generación.



BIBLIOGRAFÍA

- Albert, A. L., (1990). Curso básico de toxicología ambiental. LIMUSA Noriega. 1a. reimpresión. México. pp 7-19.
- Carlson, D.A. and Leiser, C.P., (1966). "Soil bed for the control of sewage odors" J. Wat. Poll. Contr. Fed. 38:829
- Diks R. M.M. and Ottengraf S.P.P., (1991a) " Process engineering aspects of biological waste gas purification". in International Symposium of Environmental Biotechnology Oostende (Belgium) 22-25 April.
- Dullien F.A.L., (1989). Introduction to Industrial Gas Cleaning. Academic Press, E.U.
- Leson G. and Winer A.M., (1991). Biofiltration: an innovative air pollution technology for VOC emissions. J. AWMA. 41: 1045-1054.
- Morales M., Pérez F., Auria R. y Revah S. (1994). Toluene removal from air stream by biofiltration. In "Advances in Bioprocess Engineering", Galindo E. y Ramírez T., Eds., Kluwer Academic Press, pp 450-411.
- OECD (1994). Biotechnology for a Clean Environment, Organization for Economic Cooperation and Development, pp 201.
- Ottengraf S.P.P., (1987). Biological systems for waste gas elimination., Trends in Biotechnol. Vol 5. Elsevier Publications, Cambridge. pp 132-137.
- Revah S., Hinojosa A., Marroquín E. y Morales V. (1994). Biotechnological process for the treatment of hydrogen sulfide and Carbon disulfide in a waste gas. In First North American Conference: Emerging Clean Air Technologies.
- Rinko J. Jr., and Traister m. (1988). Practical considerations for the selection of pollution control equipment for VOC emissions. 81st Annual Meeting of APCA., paper 65.6, Dallas, texas. june 19-24.
- Torres M., Revah S., Hinojosa A., Paez F. y Morales V. (1993). Biological process for the elimination of sulfur compounds present in gas mixture. U.S. Patent 5, 2236, 67.