



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO



Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) asociadas al tratamiento y gestión de las emisiones atmosférica de olor/odorantes

Prof. Germán Aroca A., Ph.D
Escuela de Ingeniería Bioquímica
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Contenido

- Principales compuestos causantes del olor
 - Composición de emisiones gaseosas
 - Principales componentes
 - Generación
 - Eliminación
- Operaciones y Equipos de mitigación de olor
 - Mejores tecnologías disponibles para planteles porcinos
 - Biofiltros
 - Biofiltros de escurrimiento (Biotrickling)
 - Lavadores ácidos
 - Sistemas multietapas

Principales compuestos causantes de olores

En planteles porcinos

Composición química del olor

- El olor es medible pero esta compuesto por compuestos químicos volátiles que son los que deben ser removidos (oxidados, reducidos, consumidos, biodegradados ...) para eliminar o mitigar el olor

Zahn, J. A., J. L. Hatfield, Y. S. Do, A. A. DiSpirito, D. A. Laird, and R. L. Pfeiffer. 1997. Characterization of Volatile Organic Emissions and Wastes from a Swine Production Facility. *J. Environ. Qual.* 26:1687-1696. doi:10.2134/jeq1997.0047242502600060032x

¿NH₃, H₂S?

Table 2. Qualitative and quantitative chemical analysis of organic compounds present in liquid swine manure sampled from the waste storage basin.

| Compound† | Analyte concentration, mg L ⁻¹ | | | Relative gas-phase equilibrium§ |
|--|---|--------------------|----------------|---------------------------------|
| | Organic liquid-phase | SPME§ liquid-phase | SPME gas-phase | |
| Dimethyl disulfide | nd¶ | nd | 8.5 | - |
| 3-Octanone | nd | nd | 2.0 | - |
| 1-Pentanal | nd | nd | 2.6 | - |
| Dimethyl trisulfide | nd | nd | 7.6 | - |
| 2-Undecanone | nd | nd | 59.3 | - |
| Acetic acid | nd | 639.9 | 546.5 | 100 |
| Propionic acid | nd | 306.7 | 233.2 | 77 |
| 2-Methyl propionic | nd | 27.3 | 26.4 | 83 |
| Butanoic acid | 4.4 | 106.6 | 118.1 | 44 |
| 3-Methyl butanoic acid | nd | 25.5 | 38.8 | 50 |
| Pentanoic acid | 2.0 | 28.6 | 37.8 | 32 |
| 4-Methyl pentanoic acid | nd | 3.5 | 3.5 | 34 |
| Hexanoic acid | 4.6 | 16.2 | 9.3 | 26 |
| Heptanoic acid | nd | 3.9 | nd | 24 |
| Phenol 2-6 bis(1,1 dimethylethyl) 4-methyl | nd | nd | 2.2 | - |
| Phenol | 19.5 | 22.0 | 26.8 | 21 |
| Octanoic acid | 1.2 | 1.4 | nd | - |
| 4-Methyl phenol | 3.9 | 4.9 | 5.6 | 27 |
| 3-Methyl phenol | 0.7 | nd | 1.1 | - |
| 2-Piperidinone | nd | 1.9 | nd | - |
| 4-Ethyl phenol | 11.0 | 11.8 | 18.1 | 31 |
| 2-Amino acetophenone | nd | 2.5 | 1.8 | - |
| Benzoic acid | nd | 4.0 | nd | - |
| Indole | 4.6 | 4.8 | 5.3 | 27 |
| 3-Methyl indole | 11.9 | 10.2 | 13.7 | 29 |

Clasificación de compuestos causantes de olores

- Compuestos nitrogenados reducidos (NRC)
 - NH₃, Aminas primarias, secundarias, terciarias, pirazinas...
- Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC)
 - Ac orgánicos, aldehídos, cetonas, alifáticos,....
- Compuestos azufrados reducidos (TRS)
 - H₂S, Dimetilsulfuro, Dimetildisulfuro,...

Umbral de detección olfativo

| Nitrogenados reducidos | ppm |
|------------------------|---------|
| Methylamine | 0.021 |
| Dimethylamine | 0.047 |
| Trimethylamine | 0.00021 |
| Skatole | 0.019 |
| Ammonia | 46.8 |
| VOCs | ppm |
| Acetaldehyde | 0.21 |
| Propionaldehyde | 0.0095 |
| Acetic acid | 1.0 |
| Propionic acid | 20.0 |
| Butyric acid | 0.001 |
| Azufrados reducidos | ppm |
| Methanethiol | 0.0021 |
| Ethanethiol | 0.001 |
| Propanethiol | 0.00074 |
| t-Butylthiol | 0.00009 |
| Dimethyl sulfide | 0.001 |
| Hydrogen sulfide | 0.0072 |

Liu et al, 2014. A Review of Practices and Technologies for Odor Control in Swine Production facilities. *Applied Engineering in Agriculture* 30 (3) 477-492.

Table 1. Emission rates from swine facilities and concentrations at the edge of swine facilities for odor, VOC, NH₃, and H₂S.

| | Concentrations at the Edge of Swine Facilities | Emission Rates from Swine Houses | Emission Rates from Manure Storage Facilities |
|------------------|--|--------------------------------------|---|
| Odor | 120 (40-960) OU/m ³ [4] | 5 (0.4-24) OU/s/pig ^[6] | 5 (1-17) OU/s/m ² [4] |
| VOC | 50 (1-27700) µg/m ³ [4] | 0.4 (0-4.4) kg/yr/pig ^[6] | 1.4 (0-6.2) kg/yr/pig ^[4] |
| NH ₃ | 6 (0.3-16) ppm ^[4] | 2.8 (0-32) kg/yr/pig ^[6] | 2.1 (0-23) kg/yr/pig ^[4] |
| H ₂ S | 20 (2-115) ppb ^[4] | 0.1 (0-3.1) kg/yr/pig ^[6] | 0.2 (0-1.3) kg/yr/pig ^[4] |

Note: Values before the parentheses are medians; values within the parentheses are ranges reported in literature.

References:

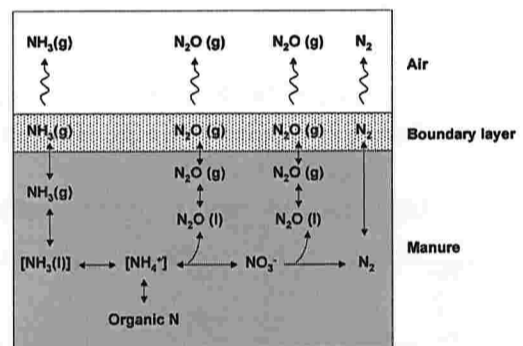
- [5] Lim et al., 2001; Lim et al., 2003; Godbout et al., 2009; Rahman and Newman, 2012.
 [6] Jacobson et al., 2003; Lim et al., 2003; Lim et al., 2004; Sun et al., 2010.
 [4] Heber et al., 2000a,b; McGahan et al., 2001; Lim et al., 2003; Bicudo et al., 2004.
 [4] Schiffman et al., 2001; Zahn et al., 2001b; Hernandez et al., 2012; Parker et al., 2012.
 [4] Heber, 2010; Li et al., 2011.
 [4] Zahn et al., 1997; Zahn et al., 2001b; Bicudo et al., 2004; Rumsey et al., 2012.
 [4] Lim et al., 2000a; Childers et al., 2001; Zahn et al., 2001b; Walker et al., 2008.
 [4] Liu et al., 2013.
 [4] Zahn et al., 2001b; Lim et al., 2003; Hoff et al., 2009; Thorne et al., 2009.

Concentración promedio en pabellones de cerdos

| | Promedio | Rango | Unidades |
|------------------|----------|-----------|-------------------|
| Olor | 120 | 40-960 | OU/m ³ |
| VOC | 50 | 1 - 27700 | ug/m ³ |
| NH ₃ | 6 | 0,3 - 16 | ppm |
| H ₂ S | 20 | 2 - 115 | ppb |

Amoniaco NH₃

- Gas incoloro, tóxico, reactivo, corrosivo, con un olor muy agudo
- Mas liviano que el aire
- Muy soluble en agua, donde se encuentra ionizado en la formar de ion amonio NH₄⁺.
- Solubilidad en agua depende de:
 - pH, temperatura, otros compuestos disueltos y presión atmosférica
- Detección olfato humano > 50 ppm.
- Entre 50 y 100 ppm: irritación de los ojos y tracto respiratorio.



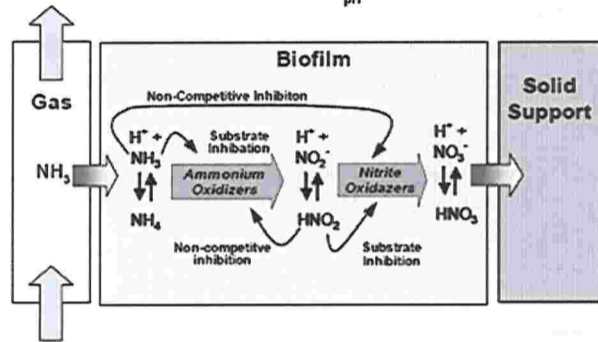
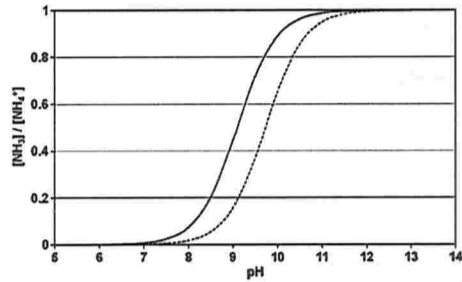
- Mineralización de la proteína no digerida por degradación microbiana
- Descomposición aerobia del ac. úrico

$$C_5H_4O_3N_4 + 1,5 O_2 + H_2O \rightarrow 5 CO_2 + 4 NH_3$$
- Hidrólisis de la urea

$$CO(NH_2)_2 + H_2O \rightarrow CO_2 + 2NH_3$$

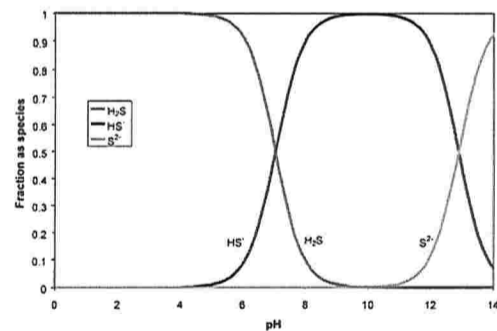
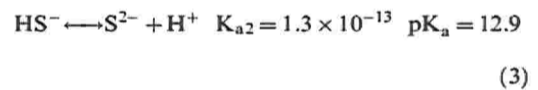
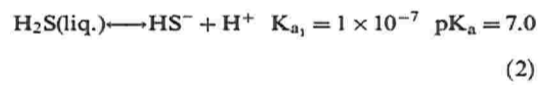
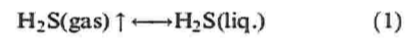
Eliminación de amoniaco

- Eliminación química
 - Absorción en soluciones ácida ej.: Solución de ac. sulfúrico
- Eliminación biológica
 - Amonio es fuente de nitrógeno para el crecimiento de microorganismos
 - Nitrificación biológica



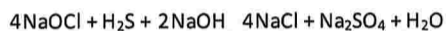
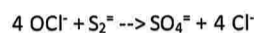
Sulfuro de Hidrógeno - H₂S Ac. Sulfhídrico_(a)

- Producido por bacterias reductoras de sulfato utilizando fuentes de carbono como donadores de electrones
- Gas altamente soluble en agua
- Los problemas de olor asociados con H₂S son, altamente dependientes del pH del medio en que se encuentre.
- pH menor que 5, todo está como H₂S y en equilibrio físico con la fase gaseosa;
- a pH 10 está mayoritariamente como HS⁻
- pH de alrededor de 7, H₂S y HS⁻ estará presente en una solución próxima a una proporción igual (50% para cada uno).



Ácido Sulfídrico Sistemas de eliminación Físico-químicos

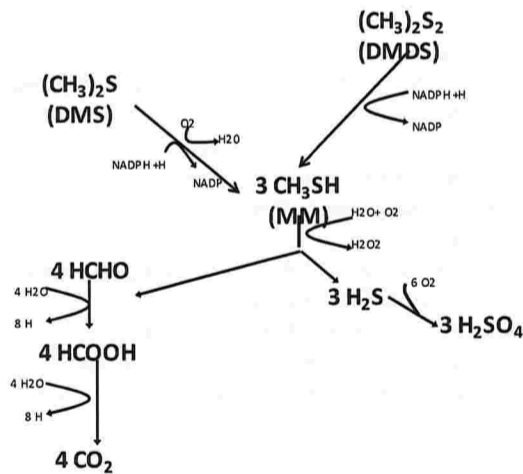
- Reacción química en fase líquida
 - Alkilaminas
 - Sales alcalinas
 - Absorción en fase líquida
 - Sulfinol (sulfolane y di-isopropanol amina)
 - Selexol (Dimetileter o polietilenglicol)
- Adsorción en fase sólida
 - Esponja de fierro (óxido de fierro) $\rightarrow S^0$
 - Tamiz molecular (aluminosilicatos alcalinos) $\rightarrow S^0$
 - Conversión directa
 - Stretford (carbonato de sodio, Vanadato de sodio..) $\rightarrow S^0$
 - Lo-cat (ion ferrico) $\rightarrow S^0$



Ácido Sulfídrico Oxidación biológica

- *Clorobium limicola*

$$\text{H}_2\text{S} + 2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$$
- *Xanthomonas sp*
- *Thiobacillus denitrificans*
- *Thiobacillus thioparus*
- *Acidithiobacillus thiooxidans*
- *Acidithiobacillus ferrooxidans*
 - $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S}^0 \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$



Biofiltración mezclas de TRS

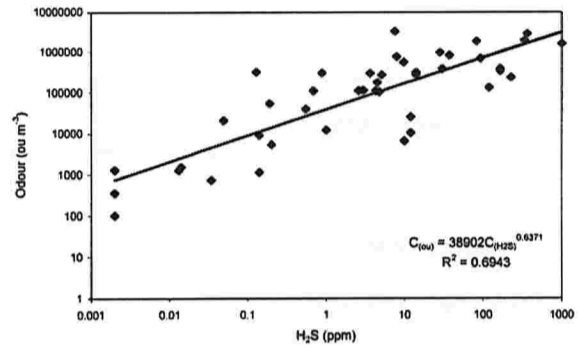
| Microorganisms | Biooxidation | | | | Gas | gS/kg dry peat·d |
|-------------------------------|------------------|-----|-----|------|------------------|------------------|
| | H ₂ S | MT | DMS | DMDS | | |
| <i>T.thioparus</i> DW44 | ++++ | +++ | ++ | + | H ₂ S | 5.52 |
| <i>Hyphomicrobium</i> sp. I55 | ++++ | +++ | ++ | + | MM | 1.16 |
| <i>Xanthomonas</i> sp.DY44 | ++++ | +++ | - | - | DMS | 0.5 |
| <i>Thiobacillus</i> sp.HA43 | ++++ | +++ | - | - | DMDS | 1.02 |

Operaciones y Equipos de mitigación de olor (*end of pipe*)

Planteles porcinos

Características de los Problemas de Olores

- Compuestos volátiles en bajas concentraciones y con umbral de detección olfativo muy bajo
- Necesidad de remoción muy elevada; sobre 95%
- Volúmenes a tratar (Flujos) altos
- Baja correlación entre concentración de compuestos olorosos y olor



P. Gostelow, S.A. Parsons, R.M. Stuetz 2001 Odour measurements for sewage treatment works, *Water Research* 35 (3) 579-597
[http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00313-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00313-4)

15

Pabellones de crianza abiertos

Control de temperatura



Table 4.129: Types of exhaust air cleaning systems in animal housing, their applicability and removal performance

| Type of air cleaning system | Applicability | | Removal performance | | |
|---|------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------|------|
| | Animal category | Manure removal system | Odour | NH ₃ | Dust |
| Biofilter | Pigs | Liquid manure system | ++ | NS | + |
| Biotrickling filter | Pigs | Solid and liquid manure system | + | + | + |
| Acid scrubber | Pigs, dry manure store | Solid and liquid manure system | NS | ++ | + |
| MULTI-STAGE AIR CLEANING SYSTEMS | | | | | |
| Two stages | | | | | |
| Water scrubber + acid scrubber | All animal categories | Liquid and solid manure system | 0/+ | ++ | ++ |
| Water scrubber + biofilter | All animal categories | Liquid and solid manure system | ++ | 0/+ | ++ |
| Acid scrubber + biofilter | All animal categories | Liquid and solid manure system | ++ | ++ | ++ |
| Acid scrubber + biotrickling filter | All animal categories | Liquid and solid manure system | + | ++ | ++ |
| Three stages | | | | | |
| Water scrubber + water scrubber + acid scrubber | All animal categories | Liquid and solid manure system | ++ | + | +++ |
| Water scrubber + acid scrubber + biofilter | All animal categories | Liquid and solid manure system | +++ | +++ | +++ |

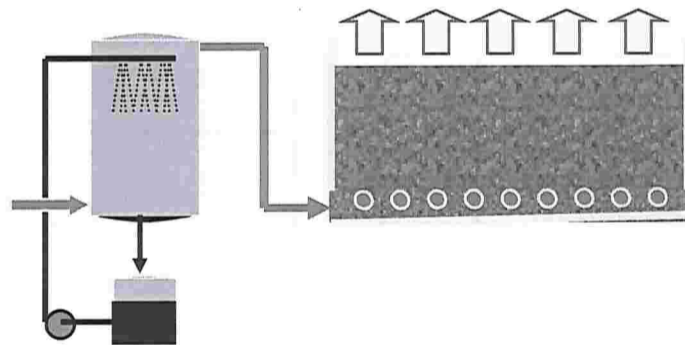
NB: NS= not suitable; 0 = conditionally suitable; += suitable ++ = good; +++ = very good
Source: [424, VERA 2010]

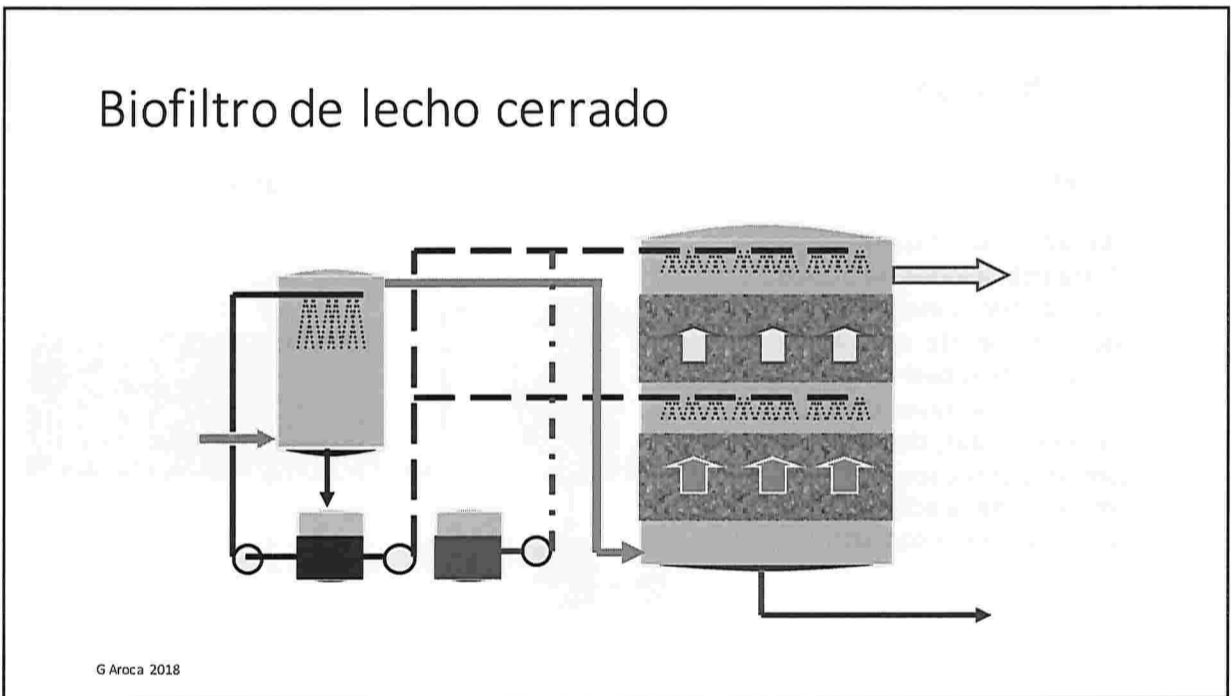
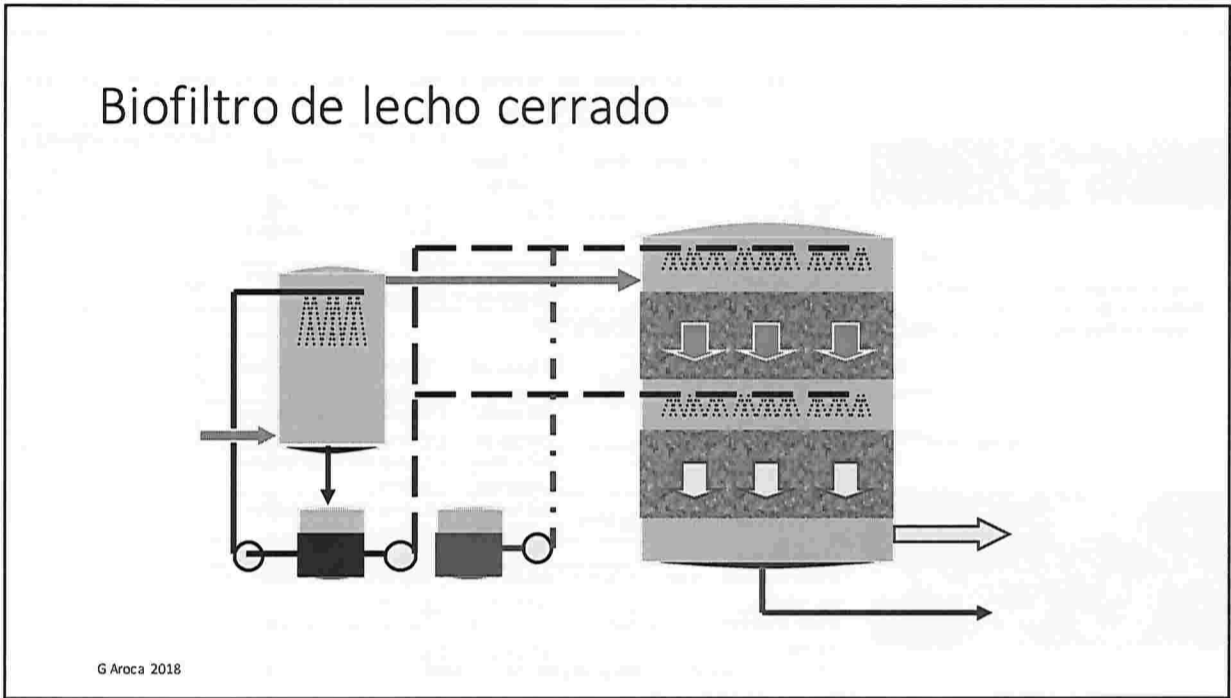
Biofiltración

Biofiltro

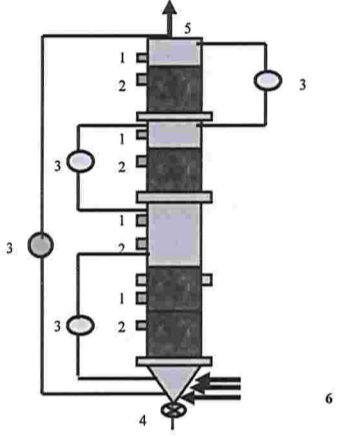


Operación de tratamiento que utiliza poblaciones microbianas puras o mixtas establecidas sobre un soporte orgánico de elevada porosidad (área específica), a través del cual atraviesa el gas, donde los contaminantes son degradados por la biomasa activa contenida (adherida) en el soporte.

Biofiltro de lecho abierto





Sistema de control de olores
Biofiltro

21

Materiales utilizados como lecho biofiltrante

Orgánicos

- Turba
- Compost
- Bagazo
- Cascarilla de arroz
- Escobajo
- Chips de madera

Inorgánicos

- Vermiculita
- Perlita
- Conchuela
- Espumas de poliuretano

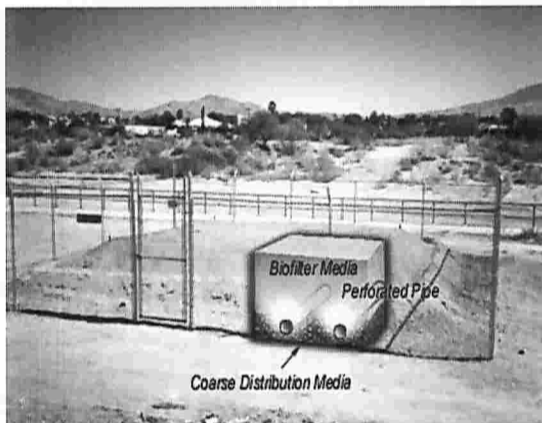



G Aroca 2018

Biofiltros; Características de los Rellenos

- Alto contenido de material orgánico → Efecto sobre el diseño
- Alta superficie específica → Eficiencia remoción
- Buena retención de agua → Altura del lecho
- Baja densidad → Tiempo de residencia del gas
- Porosidad → Eficiencia energética
- Granulometría homogénea
- Baja pérdida de carga
- Buena capacidad buffer para
mantención de pH

Biofiltros de 1ra generación



- 17,000 m³/hr
- olores residuos avícolas.

Fuente Bohn Biofilters Co.

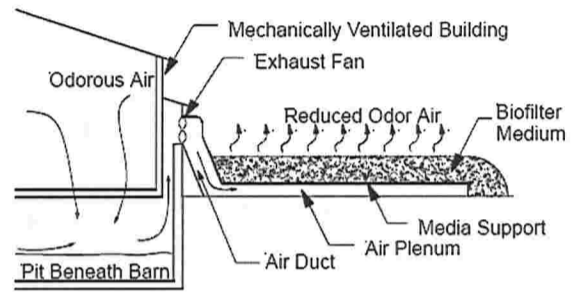


Figure 1. Schematic of a typical open bed biofilter.

David Schmidt, Kevin Janni, Richard Nicolai **Biofilter Design Information. Biosystems and Agricultural Engineering Update.**
 Department of Biosystems and Agricultural Engineering, College of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of
 Minnesota, March 2004

German Aroca A. EIB/PUCV

Biofiltros de 2a generación AMETEK Rotron



AMETEK Rotron



Envirogen (Planta Viscosa)
750 m³/min

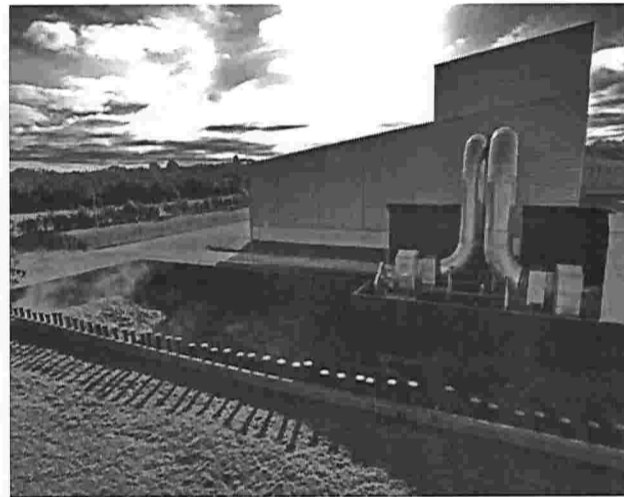
Biofiltro
Exp. Los Fiordos
Planta de Alimentos
Pargua, Chile

Sistema de tratamiento de olores que se utiliza en la planta elaboradora de alimentos para peces de la empresa Exportadora Los Fiordos Ltda., capacidad de producción 75.000 Ton/año, con proyección de duplicar capacidad, ubicada en el sector Los Calafates, a 2 km. al Noreste de Pargua, Comuna de Calbuco, Provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos.

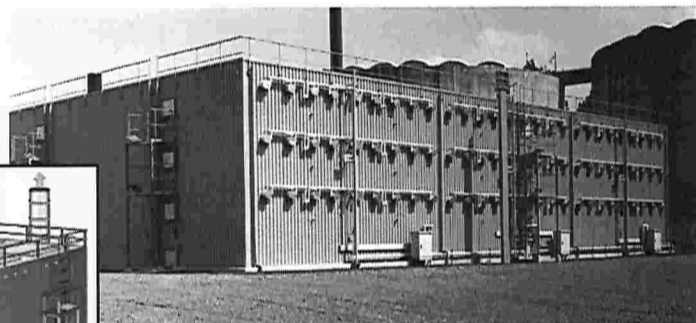
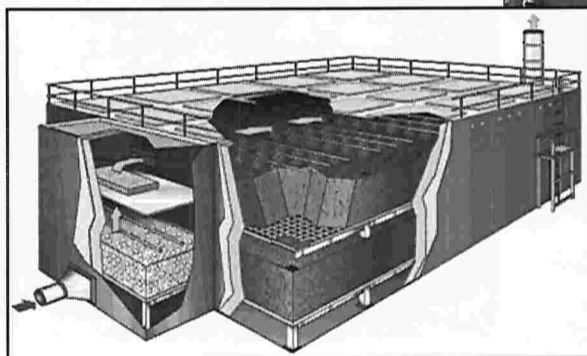
Entró en operación en diciembre del 2007.

Eficiencia de remoción de olores > 99,7 %

Ref:



Biofiltros 3a. Generación



Clairtech Co., Vol. 2,000 m³, 75,000 m³/h,
Industrial y PTAR

Biofiltros

Características generales

| Parámetro | | Unidad |
|--------------------------|----------|----------------------------------|
| Altura del lecho | 0,5-3 | m |
| Rango de flujos tratados | 50 - 300 | m ³ /m ³ h |
| Rango de conc. tratadas | 0 - 5 | g/m ³ |
| Rango de cargas tratadas | 0 - 500 | gr /m ³ h |

Germán Aroca A. EIB/PUCV

Biofiltración de Amoníaco

Materiales de relleno utilizados

| Material de relleno | Velocidad de remoción g NH ₃ /m ³ h | Eficiencia de remoción | Referencia |
|--|--|---------------------------|---|
| Compost, burk mulch, chips de madera | 1 | | Pinnette, Giggey, Marcy & O'Brien, 1994 |
| Compost, conchas de ostras, perlite | 10.6 | 96.40% | Kapahi & Gross, 1995 |
| Mezcla de compost y carbón activo | 0.8-16 | 95-99.7% | Yonkun Liang, et al., 2000 |
| Turba | | 98.30% | Bonnin, Martin & Gragnic, 1994 |
| Chips de madera | | 70-95% | Sheridan, Curran & Dodd, 2002 |
| Biofiltro de escala industrial, compost agrícola | 1.8 | >97% | Pistarino, 2002 |

- Velocidades de flujo: 0.005 - 0.025 m/s, normalmente entre 0.015-0.02 m/s
- Caídas de presión esperadas para estas velocidades: 20 - 120 mm H₂O por metro de profundidad.
- Mayores caídas de presión en compost denso y tierra.
- Porcentajes de remoción: 70-98 %.

Liu et al, 2014. A Review of Practices and Technologies for Odor Control in Swine Production facilities. *Applied Engineering in Agriculture* 30 (3) 477-492.

Table 6. Effectiveness of biofilters for reducing odor, H₂S, and NH₃ emissions.

| References | Description of Biofilters ^[a] | Reduction in Emissions | | |
|-------------------------|--|------------------------|----------------------|---------------------|
| | | Odor (%) | H ₂ S (%) | NH ₃ (%) |
| Akdeniz and Janni, 2012 | Flat-bed, depth = 0.3–0.4 m, EBRT = 5–7 s. | - | 49–85 | 53–86 |
| Chen and Hoff, 2012 | Wood chip-based, moisture = 72%, EBRT = 3.7–5.5 s. | 51 | 83 | 41 |
| Lim et al., 2012 | Wood chip-based, depth = 1.27–2.54 m, EBRT = 0.3–0.6 s, pressure drop = 29.6–57.2 N/m ² . | - | 23.6–42.4 | 18.1–45.8 |
| Chen et al., 2009 | Wood chip-based, moisture = 60%, EBRT = 1.6–7.3 s. | 70.1–82.3 | 81.8–88.6 | 43.4–74 |
| Nicolai et al., 2006 | 50:50 mixture of yard waste compost and wood chips, moisture = 40–60%, EBRT = 5 s. | - | - | 76.7–82.3 |
| Chang et al., 2004 | 70:30 mixture of pine and perlite, moisture = 60–80%, EBRT = ~10 s. | - | 82.4 | 95.6 |
| Sheridan et al., 2002 | Wood chip-based, moisture = 64–69%, pH = 6–8, pressure drop = 14–64 N/m ² , EBRT = 2–5 s. | 77–95 | - | 54–93 |
| Hartung et al., 2001 | Coconut fiber and peat fiber mixture, EBRT = 3–40 s. | 78–80 | - | 15–36 |
| Nicolai and Janni, 2001 | 70:30 mixture of wood chips and compost, moisture = 54.7%. | Up to 78.8 | Up to 87 | Up to 81 |
| Sun et al., 2000 | Mixture of wood chips and compost, moisture = 30–50%, EBRT = 5–20 s. | - | 47–94 | 25–90 |
| Nicolai and Janni, 1997 | Mixture of wood chips and compost, moisture = 50%, EBRT = 20 s. | - | 93–94 | 76–90 |
| Nicolai and Janni, 1997 | Compost/bean straw, EBRT = 8.8 s, pressure drop = 25–47 N/m ² . | 78 | 86 | 50 |

^[a] EBRT = Empty bed residence time.

Biofiltros de lecho orgánico

Ventajas

- Tecnología sencilla
- Poco efluente líquido
- Baja inversión
- Bajo costo de operación
- Permite el tratamiento de contaminantes poco solubles en agua

Desventajas

- Proceso difícil de controlar
- No soporta altas cargas
- Las poblaciones microbianas pueden inhibirse
- Compactación => canalizaciones => baja eficiencia

Biofiltro de escurrimiento *Biotrickling filter*

- Reactor de biopelícula
- Capacidad de remoción (oxidación) depende de las poblaciones microbianas establecidas en la biopelícula
- Mediada por la transferencia de masa del contaminante desde la fase gaseosa a la "fase" biopelícula

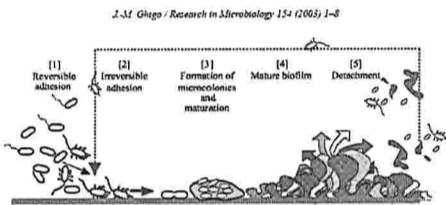
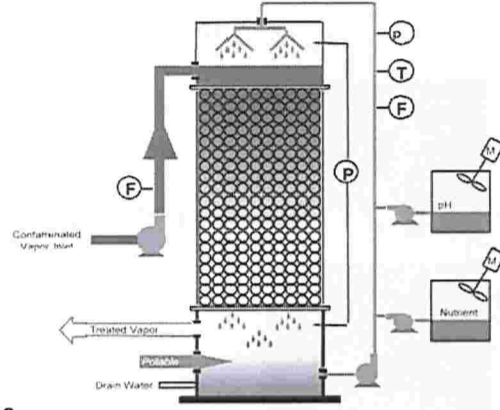
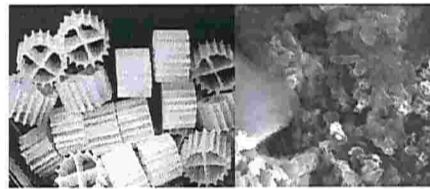
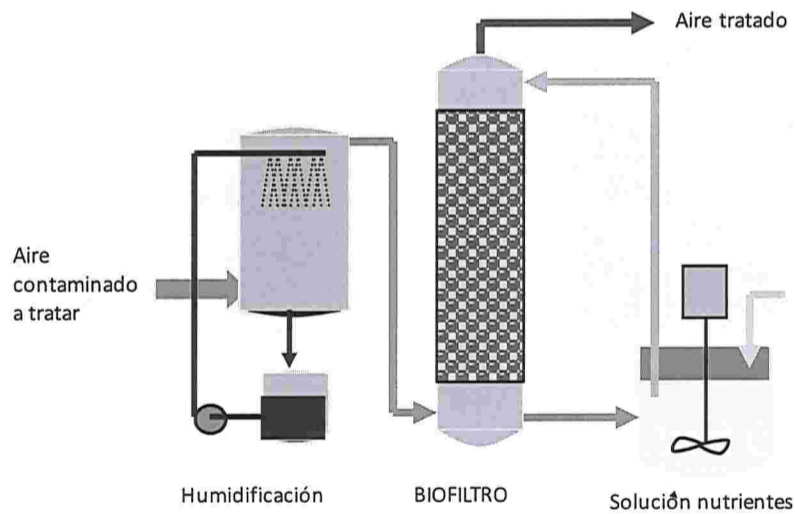


Fig. 1. Development of a bacterial biofilm: a model.



Biofiltros de Lecho Escurrido



G Aroca 2018

Tipo de soporte



Anillos Raschig



Tellerette



"Berl Saddles"

Sillas



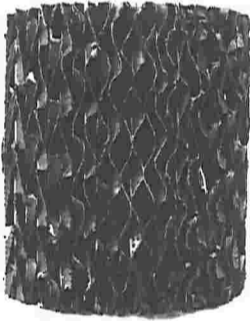
"Intalox Saddles"



Anillos Pall


G Aroca 2018

Empaques



Empaque limpio

PVC- estructurado
223 m⁻¹

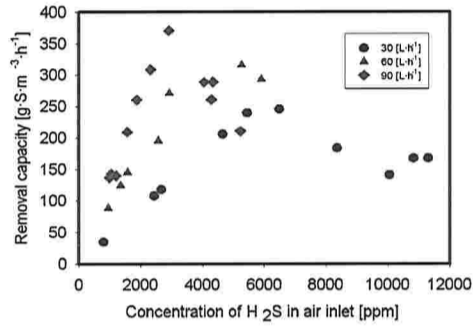
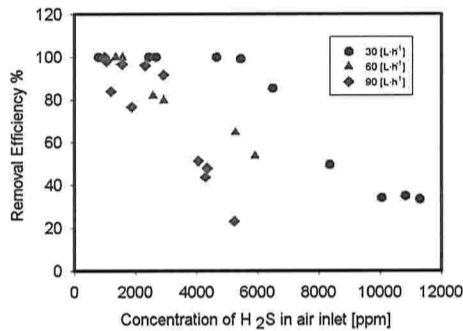


Empaque colonizado

G Aroca 2018

Biooxidation of H₂S

Biofilm of *At. thioxidans*, pH 1.8-2.5



G. Aroca, P. Oyarzún, D. Nuñez. Removal of Hydrogen Sulfide in a Biotrickling Filter
5th International Conference on Biofiltration, October 31 and November 1, 2002, Newport Beach, California, USA

37

Biofiltros de Escurrimiento

Ventajas

- Permite un mejor control de las condiciones de operación
- Permite tratar en forma mas eficiente compuestos VOCs, nitrogenados y azufrados
- No genera desecho sólido de difícil disposición
- Altas eficiencias de remoción 95-98 %

Desventajas

- Problemas de oclusión por aumento desmedido de la biopelícula (EPS) →
 - Canalizaciones
 - Pérdida de eficiencia
- Son mas complejos de construir y operar que los biofiltros
- Efluente líquido para tratar, requiere de una PTR

38

Tecnologías Químicas

Absorción

G Aroca 2018

39

ABSORCION

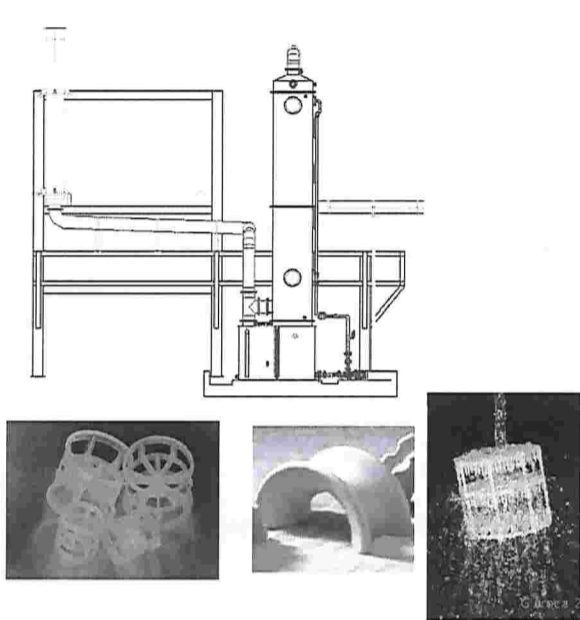
Sistemas de Lavado Químico (*Scrubbers*)

- Eficaz para tratar emisiones contaminadas con partículas y con compuestos polares como los compuestos inorgánicos H_2S , NH_3 , aminas, y de algunos Compuestos Orgánicos Volátiles hidrosolubles como el metanol, la acetona,...



G Aroca 2018

40



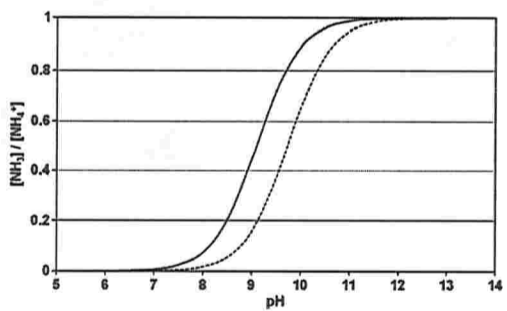
En los sistemas de absorción a contracorriente se introduce por la parte inferior el gas residual a tratar y por la parte superior de la columna la solución absorbente. Para mejorar la eficiencia del sistema se debe incrementar el área y el tiempo de contacto entre ambas corrientes lo cual se consigue introduciendo en la columna rellenos sintéticos.

018 41

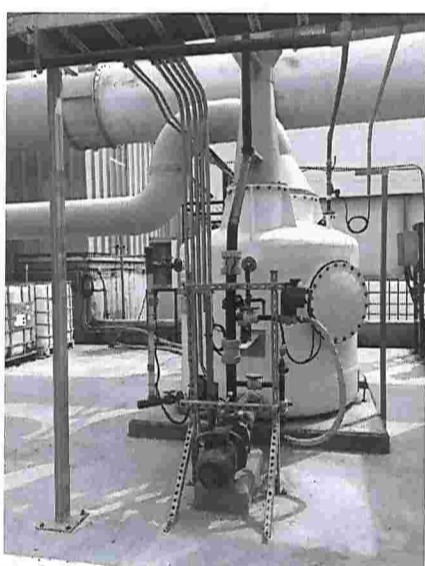
Lavador ácido

Acid scrubber

- Eliminación de amoníaco
- Solución de lavado de H_2SO_4
- Eficiencias sobre 95 %

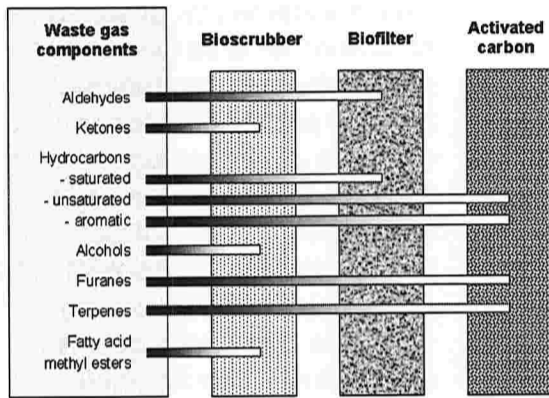


The graph plots the efficiency of ammonia removal, $[NH_3] / [NH_4^+]$, on the y-axis (ranging from 0 to 1) against the pH on the x-axis (ranging from 5 to 14). Two curves are shown: a solid line and a dashed line. Both curves show a sharp increase in efficiency starting around pH 8, reaching a plateau of 1.0 at approximately pH 11. The solid line reaches the plateau slightly earlier than the dashed line.



Scrubber spray

Sistemas multietapa para eliminar todos los componentes de la emisión (100 %).

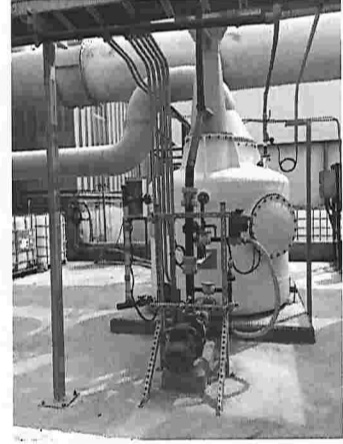


Schlegelmilch, M.; J. Streese, R. Stegmann. 2005.

G Aroca 2018

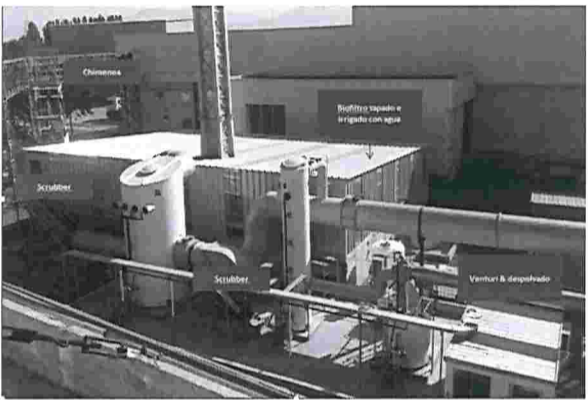
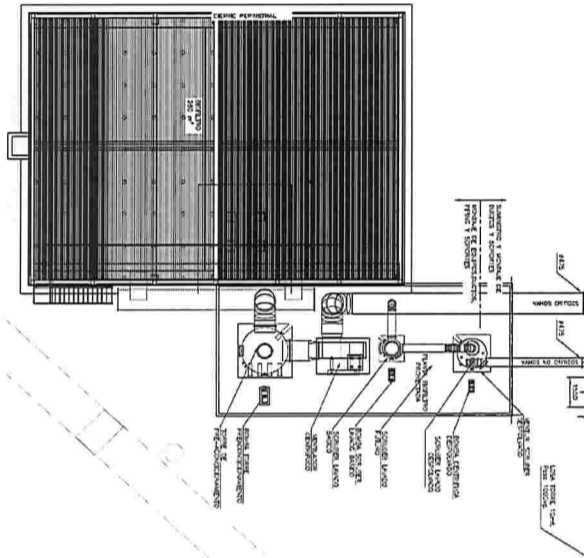
43

Sistema de Tratamiento de Olores Multietapa



Planta Sopraval , Nogales , V Región

Sistema de Tratamiento de Olores



Planta Sopraval , Nogales, V Región



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO



Gracias por su atención !!

Prof. Germán Aroca A., Ph.D
Escuela de Ingeniería Bioquímica
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
German.Aroca@pucv.cl