

**PROPUESTA PRELIMINAR DE LA PROYECCIÓN
TECNOLÓGICA PARA EL TRATAMIENTO DE LOS
RESIDUALES LÍQUIDOS DE LA PLANTA DE SACRIFICIO DE
GANADO**

**Ing. Saul Dueñas Casas¹, DrC. Juana Zoila Junco Horta, DrC. Mario Yll Lavin,
DrC. Lourdes Y. González Sáez.**

*1. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3,
Matanzas, Cuba. saul.casas@umcc.cu*

Resumen

En el presente artículo se realiza un estudio de las principales etapas por la que debe encontrarse conformado un sistema de tratamiento de aguas residuales, de acuerdo a las características fundamentales de los residuales líquidos de un centro de sacrificio de ganado porcino, para proponer posteriormente una proyección tecnológica de sistema de tratamiento. Se selecciona la tecnología secuencial del sistema a partir de los diversos criterios prácticos y teóricos encontrados en la bibliografía especializada. El autor considera que el sistema de tratamiento debe encontrarse conformado por un canal con rejillas, un desarenador, una trampa de grasas, un sedimentador primario, un reactor UASB y un lecho de secado; el sistema a diseñar va a estar conformado por las siguientes operaciones unitarias desbaste, sedimentación, flotación y deshidratación.

***Palabras Claves:** depuración de aguas residuales, estudios de tratabilidad, tratamiento anaerobio*



CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Introducción

Ram *et al.* (2008), Ávila de Navia *et al.* (2009), Siew-Leng *et al.* (2012), Miravet (2016), plantean que el agua es uno de los recursos naturales más valioso e indispensable para el desarrollo de la vida en el planeta. Sin embargo, el uso indiscriminado del recurso, unido al crecimiento poblacional a nivel mundial, el desarrollo tecnológico y el incremento de la producción industrial, ha ocasionado una disminución peligrosa de la calidad del mismo en las fuentes de abasto y los ecosistemas acuáticos.

Lo anterior también ha ocasionado que los contaminantes de los residuos líquidos (industriales y/o domésticos) se incrementen día a día en volumen, carga, concentración y diversidad, que vertidos sobre los cuerpos receptores generan incrementos en el grado de contaminación y efectos nocivos sobre las distintas formas de vida (biodiversidad) presentes en estas corrientes, lo que rompe el equilibrio biológico, altera cada uno de los componentes del ciclo biodinámico y a su vez, en extremo causa enfermedades y muertes. Efectos que han inducido a los investigadores a desarrollar diferentes tipos y sistemas de tratamiento, tendientes a reducir estos impactos y efectos negativos (Maldonado y Jacipt, 2006; Russell, 2012).

El compromiso con relación al medio ambiente y los recursos naturales está expresado desde la promulgación de la nueva Constitución de la República de Cuba en 1976, artículo 27, el cual fue modificado a raíz de la Cumbre de Río en 1992 y quedó redactado de la forma siguiente: "El Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta política. Es deber de los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y de todo el uso potencial de la naturaleza".



CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Por constituir los residuales líquidos una de las vías de mayor riesgo de contaminación de los acuíferos y en muchos casos, ser alta la carga contaminante que ingresa a los mismos, por esta vía se ha comprometido en ocasiones su capacidad de autodepuración, lo que constituye una amenaza para los espejos de agua, así como la salud animal y humana (CITMA, 2016a). Al tener en cuenta el peligro que representan los mencionados residuales para los ecosistemas, la biodiversidad y la salud humana, se hace necesario el conocimiento de su estado, transportación, tratamiento y disposición final, con vistas a impedir la degradación del medio ambiente, disminuir la vulnerabilidad y el riesgo inmediato o a largo plazo del hombre a sus efectos nocivos, al elevar la resiliencia, tanto natural como humana, con repercusiones negativas al desarrollo económico y social.

La industria alimentaria es uno de los sectores productivos que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente, tanto por sus procesos productivos como por la calidad de los productos que saca al mercado. Sector con instalaciones de diversos tipos, que generan residuos orgánicos en diferentes porcentajes en consonancia con los tipos de productos que fabrican (Restrepo, 2006). La sociedad moderna se caracteriza por los costos crecientes de los productos, la disminución de la disponibilidad de materias primas y la preocupación por la contaminación ambiental, lo cual incrementa el interés por el reciclaje, reuso, recuperación y tratamiento de los residuales a verter (Laufenberg *et al.*, 2003).

Las dificultades económicas y financieras del país han llevado a la industria cubana a destinar la mayor parte de los recursos para mantener los procesos productivos, y en alguna medida han quedado a un lado las acciones de control y tratamiento de la contaminación generada en cumplimiento de la política aprobada. A lo anterior no escapa la industria alimentaria, calificado como uno de los sectores socioeconómicos que más aporta a la contaminación por vertimiento de residuales líquidos, situación determinada por un elevado nivel productivo de sus actividades en la economía



nacional, presencia de tecnologías obsoletas, instalaciones sin sistema o capacidad de tratamiento y la baja eficiencia e inoperatividad de los existentes.

Dentro de la industria alimentaria los centros de sacrificio de ganado en la mayoría de las localidades donde se asientan provocan un impacto ambiental negativo. Los subproductos (pieles, grasas, vísceras, huesos, etc.), que en otro momento tuvieron gran importancia económica han disminuido su valor comercial, como consecuencia de la prohibición de utilizarlos como harinas cárnicas y la caída del consumo de la tripería. Es decir los subproductos de fuente de ingresos, se convirtieron en un serio problema económico y ambiental, pues generalmente conforman las aguas residuales (Muñoz, 2005).

No obstante en los últimos años, debido a razones económicas y medioambientales se observa la introducción de nuevos métodos y políticas de manipulación y tratamiento de residuales en el procesamiento de alimentos encaminados a la recuperación, bioconversión y utilización de los constituyentes valiosos que los mismos poseen (Laufenberg *et al.*, 2003).

La Empresa Cárnica de Ciego de Ávila, es una de las industrias que se encuentran enfrascadas en gestionar un mejoramiento en la repercusión medioambiental de sus operaciones empresariales. La UEB “Pedro Martínez Brito” perteneciente a la misma, se organiza para el cumplimiento de sus objetivos productivos en tres áreas fundamentales: el centro de sacrificio de cerdos, la fábrica de embutidos de sangre y la fábrica de croquetas, cuyos residuales líquidos se vierten directamente al medio al no contar con un sistema de tratamiento.

La investigación se sostiene sobre una serie de estudios precedentes realizados por la licenciada Mary Leidy Tans Pardo (2016), que demuestran la incidencia negativa del vertimiento de estos residuales al medio ambiente y define las características del terreno disponible.



1.1 Agua residual

Las aguas residuales o residuales líquidos son aquellas que en su función de abastecimiento la calidad se ha deteriorado, ya sean procedentes de viviendas, instituciones públicas, establecimientos industriales, agropecuarios y comerciales, a los que pueden agregarse de manera eventual, determinados volúmenes de aguas subterráneas, superficiales y pluviales (Metcalf & Eddy, 1995).

Se entiende por contaminación de las aguas, la alteración química, física, biológica o simplemente estética, producida por la actividad del hombre de forma directa o indirecta que puede llegar a inutilizarla para determinado uso (Pérez, 2001; Álvarez *et al.*, 2012). Esto hace imprescindible que cada día, con mayor conciencia y eficacia el propio hombre deba intervenir para evitar o reducir la contaminación de los recursos hídricos en cualquier escenario. Pérez (2001), Sorrequieta (2004), Davis (2010) y Marín y Osés (2013), coinciden en que la medición de la contaminación se realiza a través de diversos parámetros e indicadores característicos de la naturaleza de las corrientes residuales, que por lo general se dividen en físicos, químicos y microbiológicos.

En Cuba las concentraciones de los parámetros reportados por la caracterización de las aguas residuales, deben ser comparadas con los límites máximos permisibles establecidos en la “Norma Cubana de Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado. Especificaciones” (NC 27:2012). Como resultado de dicha comparación se establece el grado de cumplimiento o incumplimiento de la normativa ambiental, a la vez que establece la necesidad de implementar medidas de control de la contaminación y de tratamiento final de ser necesario (Rivero, 2013).

1.2 Características físicas, químicas y biológicas del agua residual de la fabricación de productos cárnicos

Las aguas residuales de fabricación de productos cárnicos se caracterizan por presentar un alto contenido de grasa libre, sangre, sólidos flotantes y suspendidos, productos lignocelulósicos; altas cargas de materia orgánica: demanda bioquímica de oxígeno



(DBO_5) y demanda química de oxígeno (DQO); potencial de hidrógeno (pH) y fosfatos (Pt) (Diez *et al.*, 1996; Beily *et al.*, 2012; Rivero, 2013).

Las características de estos vertidos pueden variar de manera apreciable de unas instalaciones a otras según las medidas preventivas que en las mismas se adopten (Villamar *et al.*, 2012). En este sentido la separación de la sangre es muy importante, ya que es un subproducto del que se puede obtener beneficio económico y su presencia en las aguas residuales dificulta su tratabilidad. De igual manera, la separación de los sólidos generados durante el proceso, mejora considerablemente sus características.

Una característica determinante de este tipo de efluente es su biodegradabilidad. Mientras que en las aguas residuales urbanas este parámetro tienen un valor elevado, con una relación DBO_5/DQO de 0,5 a 0,6, las aguas residuales de los centros de sacrificio habitualmente tienen una relación comprendida entre 0,3 y 0,5 (Del Pozo *et al.*, 2003; Janet, 2012).

Un aspecto importante a considerar son los protocolos de limpieza y desinfección, en los que se usan desinfectantes y detergentes para cumplir con las reglas higiénicas y sanitarias, que pueden actuar como inhibidores de los procesos biológicos. Además, en el caso de los detergentes contienen agentes tensoactivos, que pueden reducir el efecto de los separadores de grasa.

Las características del residual están en dependencia del tipo de animal sacrificado, de la existencia o no de canales de captación, las prácticas de retirada de estiércol y la frecuencia de los lavados. Cuando no se respetan las prácticas de limpieza, aumenta el número de coliformes y la carga orgánica en las aguas residuales descargadas (FAO, 2016). Sin embargo, en el documento *Matadero y Elaboración de productos Cárnicos* (2005), y Espinosa (2011) se agregan otros criterios como el grado de procesado y el equipamiento de retención de líquidos y sólidos.



Debido a la diversidad de instalaciones, distintas formas de operación y la heterogeneidad de las especies sacrificadas, resulta muy difícil caracterizar globalmente esta agua. Incluso para una misma industria, en cada período o lapso de tiempo, el vertido producido puede ser distinto, esto origina la existencia de gran disparidad de datos, en ocasiones contradictorios. Existen estudios que indican valores de materia orgánica que superan al doble del valor medio diario de esta (Escuela Organización Industrial, 2008).

1.3 Fuentes y características de los residuales de centros de sacrificio

Según la Comisión Nacional de Medio Ambiente (1998), las principales fuentes generadoras de residuos líquidos en los centros de sacrificio son las aguas de lavado y las corrientes provenientes de los procesos de desangrado y evisceración. Estas aportan gran cantidad de la carga orgánica, por lo que se considera conveniente la segregación de dichas corrientes y el consiguiente tratamiento individualizado. Estos efluentes contienen: sangre, estiércol, pelos, plumas, grasas, huesos, proteínas y otros contaminantes solubles. En general, los efluentes alcanzan altas temperaturas y contienen elementos patógenos, además de elevadas concentraciones de compuestos orgánicos y nitrógeno (N). La relación promedio de DQO : DBO₅ : N en un centro de sacrificio de ganado es de 12:4:1.

Uno de los procesos primarios que ocurren en este tipo de instalación es la estabulación del animal en corrales, donde se originan excrementos líquidos y las aguas del lavado contienen estiércol (Garzón, 2013; FAO, 2016); además de arena o arcilla, transportados por el animal desde los sitios de crianza en partes del cuerpo como la piel, cascos y pezuñas.

Proteínas y grasas son el principal componente de la carga orgánica presente en las aguas de lavado, además de otras sustancias como la heparina y sales biliares. También contienen hidratos de carbono como glucosa y celulosa, y generalmente detergentes y desinfectantes. Cabe destacar que estas corrientes presentan un contenido de



microorganismos patógenos considerable. Se estima que entre el 25 y 55 % del total de la carga contaminante medida en DBO_5 , son arrastradas por las aguas de limpieza. El consumo de agua en los centros de sacrificio e industria de procesamiento de carnes, tanto de lavado como de enfriamiento, varía de una planta a otra (Comisión Nacional de Medio Ambiente, 1998).

El pH puede alcanzar niveles cercanos a 7, que varía por la presencia o ausencia de detergentes y desinfectantes (Altaner, 2009; Espinosa, 2011). Antecedentes internacionales, indican que el valor aproximado del caudal de aguas residuales producido en un centro de sacrificio, varía de los 100 a 1500 L/unidad sacrificada.

Las principales fuentes generadoras de residuos sólidos se localizan en los corrales, procesos de descuerado, corte y evisceración. En los corrales se generan grandes cantidades de estiércol mezclado con orina. Después de la sangría el animal es descuerado, proceso que suma otros despojos como: pezuñas, huesos y cuernos. Finalmente la evisceración aporta la mayor cantidad de restos sólidos, principalmente el rúm en o el contenido de los estómagos, que junto con la sangre, son las materias causantes de mayor contaminación, por su contenido de lignocelulosa, mucosas y fermentos digestivos, además de presentar un elevado contenido de microorganismos patógenos (Comisión Nacional de Medio Ambiente, 1998).

Aproximadamente entre un 20 y 50 % del peso del animal no es apto para el consumo humano. La mayor parte de los desechos son putrefactibles y deben manejarse cuidadosamente para prevenir los malos olores y la transmisión de enfermedades. Todos con excepción de las heces fecales generadas en el transporte, almacenamiento y matanza de los animales, pueden ser reutilizados, lo que permite reducir considerablemente la generación de residuos sólidos.

1.4 Tecnologías de tratamiento de aguas residuales

Las aguas residuales constituyen un foco de contaminación de los ecosistemas acuáticos, lo cual hace necesarios los sistemas de depuración previa a su evacuación como medida importante para su conservación (Valencia, 2012). La depuración como proceso que persigue eliminar en la mayor cantidad posible, la carga contaminante del vertido antes de que incida sobre un cauce específico, de forma que los parámetros perjudiciales del efluente ya tratado queden en los niveles permisibles y sea asimilado de manera natural por el cuerpo receptor.

Hay distintos tipos de tratamiento de las aguas residuales donde cada uno de los métodos específicos se clasifica en operaciones unitarias, las cuales a su vez se dividen en físicas, químicas y biológicas (Reyes, 2013; Alcaldía, 2014). Una planta depuradora de aguas residuales está conformada por la combinación de estas y son necesarias para conseguir el cumplimiento de los requisitos de vertido determinados para el efluente (Henze *et al.*, 1995; Jiménez, 2010; Lier, 2013).

Según Marín y Osés (2013) una Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), es un conjunto de estructuras y unidades en donde se remueven total y parcialmente los contaminantes contenidos en el agua, a través de la implementación de diferentes procesos dispuestos en orden creciente de complejidad o combinados.

Una planta de tratamiento para efluentes de centros de sacrificio de ganado, requiere ser diseñada para remover los niveles contaminantes de parámetros, tales como: DBO₅, aceites y grasas, sólidos suspendidos totales (SST), DQO y microorganismos patógenos, entre otros.

La Comisión Nacional del Medio Ambiente (1998), Muñoz (2005), Castillo *et al* (2010), Marín y Osés (2013) y Rivero (2013), coinciden en que una planta de tratamiento de agua residual debe estar estructurada por las etapas de pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario o avanzado, pero otros plantean la



combinación de dos tratamientos secundarios. El nivel de tratamiento recomendable dependerá del uso final destinado a las aguas tratadas, no obstante, la solución que en cada planta se adopte, podrá presentar variaciones en función de las cargas contaminantes, concentración y programa de prevención existente, entre otros.

1.4.1 Tratamiento Preliminar

Marín y Osés (2013), plantean que los tratamientos preliminares son destinados a preparar las aguas residuales para que puedan recibir un tratamiento subsiguiente sin perjudicar a los equipos mecánicos y sin obstruir tuberías y causar depósitos permanentes en tanques. Sirven también para minimizar algunos efectos negativos al tratamiento, tales como grandes variaciones de caudal y de composición y la presencia de materiales flotantes, como aceites, grasas y otros.

El objetivo de la separación del material grueso es eliminar contaminantes que podrían dificultar la operación al obstruir equipos mecánicos. Es por esta razón que en el proceso de tratamiento, esta etapa tiene una importancia considerable, en la medida en que permite que el mismo se lleve a cabo sin mayores dificultades, aun cuando el material grueso representa porcentualmente solo una pequeña parte de los elementos agresivos, por lo cual es preciso adoptar medidas de precaución para garantizar una operación confiable en las siguientes etapas.

Según Marín y Osés (2013), en dependencia de las características del residual, se llevarán a cabo los procesos de: separación de grandes sólidos (Pozo de Gruesos), desbaste, cribado, tamizado, desengrasado, trampa de grasas (González, 2013; Hernández, 2014), preaireación (Reyes, 2013), sistema de homogeneización (Rivero, 2013) y desarenadores (Ayala y Gonzales, 2008; Suárez *et al.*, 2015).

1.4.2 Tratamiento Primario

Con este nombre se designan los procesos cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos que pueden ser: por sedimentación simple o sedimentación con sustancias químicas o flotación. Los lodos producidos no se encuentran estabilizados.

Las unidades de tratamiento primario más empleados son: tanques de sedimentación (Zaror, 2000; Marín y Osés, 2013), flotación por aire disuelto (DAF) (Marín y Osés, 2013), fosa séptica (Martín *et al.*, 2006), tanque Imhoff (Martín *et al.*, 2006; Marín y Osés, 2013), tecnologías de membranas (Comisión Nacional de Medio Ambiente, 1998).

1.4.3 Tratamiento Secundario

Marín y Osés (2013), plantean que se utiliza para eliminar los desechos y sustancias que no se eliminaron en los procesos anteriores y para remover la DBO_5 , como proceso que acelera la descomposición de los contaminantes orgánicos. El procedimiento secundario más habitual es un proceso biológico en el que se facilita que las bacterias aerobias digieran la materia orgánica que llevan las aguas.

Los tratamientos biológicos también permiten la eliminación de los nutrientes responsables de la eutrofización, como el nitrógeno y el fósforo.

Entonces para el tratamiento de la materia orgánica, se pueden emplear: lagunas de estabilización (Martín *et al.*, 2006; Hygnstrom *et al.*, 2010; Marín y Osés, 2013), zanjas de oxidación (Massé and Masse, 2000), sistema de Biodiscos (Ayala y González, 2008; Marín y Osés, 2013), filtros percoladores (rociadores) (Massé and Masse, 2000) y humedales artificiales (Martín *et al.*, 2006; Marín y Osés, 2013; Paredes, 2014).

Además de todos los sistemas anteriores, se pueden emplear biorreactores o biodigestores anaerobios de alta velocidad, el desarrollo tecnológico ha dado lugar a tres generaciones de estos: la primera donde la biomasa anaeróbica puede tener crecimiento suspendido como en los de mezcla completa; la segunda en la que la biomasa se

encuentra retenida en el reactor mediante un soporte o por autoadhesión de los lodos como en el caso de los de flujo ascendente y por último están los reactores de lecho expandido o fluidizado (MINENERGIA, 2011).

Los principales componentes de un digestor lo constituyen un reactor o contenedor de las materias primas a digerir, un contenedor de gas con los accesorios para salida de biogás, entrada o carga de materias orgánicas primas y salida o descarga de materias orgánicas estabilizadas. El reactor es el dispositivo principal donde ocurre el proceso bioquímico de degradación de la materia orgánica, con agitación y que opera bajo condiciones mesófilas o termófilas. El éxito de su funcionamiento está relacionado con el tiempo de retención de sólidos (TRS) y la reducción de sólidos volátiles. Según los criterios de MINENERGIA (2011), los principales tipos se describen a continuación:

- **Proceso anaeróbico por contacto.** Se compone de un reactor anaeróbico de tipo convencional con agitación, donde se pone en contacto el efluente que alimenta el reactor con la biomasa anaeróbica que existe dentro del. Sus principales limitaciones son una eficacia moderada, gran formación de espumas y los problemas de flotación del fango derivados del recubrimiento de los flóculos con grasas.
- **Filtro anaeróbico.** En dependencia de la forma de alimentación, un filtro anaeróbico puede clasificarse como filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA), filtro anaeróbico de flujo descendente (FAFD) o filtro anaeróbico de alimentación múltiple (FAAM). Generalmente no se recomienda la recirculación para una máxima recuperación de energía.
 - a. **FAFA.** Tipo de reactor anaeróbico tubular que opera en régimen continuo y en flujo ascendente, es decir, la alimentación entra por la parte inferior del reactor, atraviesa todo el perfil longitudinal a través de un lecho de piedras, plástico sintético o cerámicas y sale por la parte superior. Permite la realización de un buen tratamiento a altas tasas de cargas orgánicas. Además, se requiere un menor

volumen de reacción y de espacio, y al mismo tiempo, se produce una gran cantidad de biogás, y por tanto de energía.

b. FAFD. Este sistema es similar al de flujo ascendente, excepto que la biomasa es verdaderamente adherida al medio. La biomasa no adherida es lavada del reactor. En este proceso el soporte bacteriano es acoplado al reactor lo que forma canales verticales o tubos. La combinación de flujo hacia abajo y de los canales verticales minimiza la acumulación de sólidos en suspensión en el reactor. Por lo tanto, estos reactores son capaces de tratar compuestos solubles e insolubles.

c. FAAM. La alimentación al reactor entra por diversos puntos a través del filtro. Este régimen de operación permite: una distribución homogénea de la biomasa a través del lecho, para el mantenimiento de un régimen de mezcla completa a través de todo el reactor, concentración uniforme del sustrato en todo el reactor y la utilización efectiva de todo el lecho del filtro con un volumen de trabajo de 87 %, comparado con el 65 % de un punto de alimentación simple

- Reactor anaeróbico en secuencia tipo batch. Este sistema funciona por ciclos y no en flujo continuo, donde cada ciclo de operación se divide en cuatro etapas:
 - a. Alimentación: el afluente es incorporado al reactor.
 - b. Reacción: etapa de tiempo variable donde ocurre en mayor grado, la degradación de la materia orgánica.
 - c. Sedimentación: se detiene la agitación y la biomasa decanta y se separa del efluente clarificado.
 - d. Descarga: el efluente depurado (clarificado) es retirado del reactor.
- Reactor de lecho expandido. Corresponde a una estructura cilíndrica, empaquetada hasta un 10 % del volumen del reactor con un soporte inerte de pequeño tamaño lo que permite la acumulación de elevadas concentraciones de biomasa que forman películas alrededor de dichas partículas
- Reactor de lecho fluidizado. Es un reactor de película fija, puesto que la biomasa suspendida tiende a lavarse del sistema debido a la alta velocidad del flujo

ascendente. No presenta problemas de obstrucción y proporciona una mejor difusión del sustrato dentro de la biopelícula.

- Bioreactor de membrana anaerobia. Integra una unidad de membrana dentro de un reactor o en un circuito externo para facilitar la separación sólido-líquido. En la actualidad, las membranas presentan un gran potencial en la biotecnología anaeróbica para la obtención de energías renovables.
- Digestor de mezcla completa sin recirculación. Consiste en un reactor en el que se mantiene una distribución uniforme de concentraciones, tanto de sustrato como de microorganismos. Esto se consigue mediante un sistema de agitación mecánica (agitador de hélice o palas, de eje vertical u horizontal) o neumática (recirculación de biogás a presión), y se realiza a baja velocidad. Esta tipología de reactor no ofrece problemas de diseño y es el más utilizado para residuos.
- Digestor de mezcla completa con recirculación. Este sistema tiene el nombre de reactor anaerobio de contacto. Se comprueba que si se regula la recirculación es posible conseguir tiempos de retención hidráulica más bajos que en un reactor simple de mezcla completa. Esto es a costa de aumentar el tiempo de retención de los microorganismos, gracias a su confinamiento en el sistema mediante la separación en el decantador y recirculación.
- Reactores anaeróbicos híbridos. Los reactores anteriores pueden ser combinados para conseguir sistemas más eficientes, según el tipo de residuo a tratar.
 - a. Sistemas de dos etapas. Estos sistemas consisten en un primer reactor con elevado tiempo de retención, en el cual se favorece la hidrólisis, seguido de un reactor de bajo tiempo de retención que digiere la materia orgánica disuelta y los ácidos producidos en la primera etapa.
 - b. Sistemas de dos fases. A diferencia de los sistemas de dos etapas, la separación de fases mantiene dos reactores en serie, en los cuales se llevan a cabo las fases de acidogénesis y metanogénesis, respectivamente, y su objetivo es conseguir un tiempo de retención global inferior al correspondiente a un único reactor de mezcla completa.

- Reactor DAFA (Digestor Anaerobio de Flujo Ascendente) o UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket). La operación de los reactores UASB se basa en la actividad autorregulada de diferentes grupos de bacterias que degradan la materia orgánica y se desarrollan en forma interactiva, formando un lodo o barro biológicamente activo en el reactor (Iglesias, 2015). La turbulencia generada por el flujo de agua residual que ingresa al reactor y el burbujeo ocasionado por la producción de biogás son suficientes para asegurar un buen contacto entre el agua residual y la biomasa bacteriana (Fernández, 2015). Los U.A.S.B. funcionan como tratamiento primario y secundario, pero no llegan a eficiencias de remoción superiores al 82 %. Para lograrlo, deben complementarse con sistemas aerobios tradicionales (lodos activados, filtros percoladores o lagunas).

La elección del sistema más adecuado depende de los costos, del nivel de demanda bioquímica de oxígeno requerido, de la superficie de tierras disponibles, del nivel de los olores y de los requisitos municipales, en la forma en que proceda (Muñoz, 2005).

1.4.4 Tratamiento terciario

El tratamiento terciario o de tercera fase, suele emplearse para eliminar el fósforo, pero cuando es avanzado puede incluir pasos adicionales para mejorar la calidad del efluente. En el tratamiento de agua residual de centros de sacrificio de ganado no se recomienda utilizar ninguno de los tratamientos avanzados por razones de costo y complejidad de los sistemas (Muñoz, 2005).

Consisten en un proceso físico-químico que utiliza la precipitación, la filtración y/o la cloración para reducir drásticamente los niveles de nutrientes inorgánicos, especialmente nitratos y fosfatos del efluente final y así, aumentar los estándares requeridos antes de que sean descargados al ambiente receptor. No han sido ampliamente adoptados por ser muy costosos. Algunos de estos tipos de tratamientos son: la filtración por arena, grava, antracita y por gravedad. La adsorción con carbón



activado, coagulación–floculación, intercambio iónico, microfiltración, membranas a presión, ósmosis inversa, filtración a presión, filtros de discos y desinfección.

1.4.5 Tratamiento de lodos

Según y Rivera (2010) y Tans (2016), en los procesos de tratamientos de las aguas residuales se producen distintos tipos de lodos según la etapa del proceso de origen: lodo crudo, lodo primario, lodo activado, lodo activado de recirculación, lodo secundario y lodo terciario. El esquema general del proceso de tratamiento de lodos pasa por las etapas de espesamiento, estabilización y deshidratación.

- **Espesamiento.** Consiste en reducir el volumen para hacerlo más denso y manejable, al retirar parte del agua se acondiciona para una posterior etapa de tratamiento. Las tecnologías más usadas son: espesamiento por gravedad, mesa de espesamiento y espesador de disco.
- **Estabilización.** Durante este proceso se evita la descomposición de la materia orgánica contenida en los lodos, la disminución de los microorganismos patógenos y la atracción de vectores de enfermedades. Las técnicas de digestión de lodos más recurridas son: digestión aerobia, digestión anaerobia, estabilización con cal y el compostaje.
- **Deshidratación.** Este proceso reside en extraer el agua para formar una masa manejable de sólido, lo que se puede lograr mediante lechos de secado, filtros prensa, filtros bandas o decantadores centrífugos.

1.5 Tecnologías más empleadas en el tratamiento de aguas residuales de centros de sacrificio de ganado

Las tecnologías referentes para este tipo de instalaciones a nivel mundial, van desde las que requieren actuaciones de bajo impacto ambiental (Tecnologías no Convencionales), al lograr la reducción de la carga contaminante con bajos costes de operación, pues se maniobra a velocidad natural o sin aporte de energía, los procesos se desarrollan en un



único reactor-sistema y el ahorro en energía se compensa con una mayor necesidad de superficie hasta las tecnologías convencionales, muy costosas, fundamentalmente por la instalación de un equipamiento que requiere consumo de energía, mantenimiento del equipo, mano de obra especializada y aplicación de tratamientos terciarios en caso de una mayor calidad del efluente que se vierte a los cuerpos receptores (Martín *et al.*, 2006).

Las operaciones de recuperación dentro de la misma fábrica, filtrado, flotación y tratamiento biológico, son los métodos que principalmente se utilizan para tratar los vertidos de las fábricas de productos cárnicos (MacLeod, 2013; Sadava, 2014; Alberts, 2015). Con respecto a este tema Muñoz (2005), recomienda desde el punto de vista técnico: utilizar cualquiera de las instalaciones biológicas con digestión anaerobia, instalaciones biológicas convencionales con digestión anaerobia de lodos, reactores anaeróbicos o bioreactores UASB; y completar el tratamiento con procesos naturales, eliminación de lodos estabilizados y su aprovechamiento en otros productos de valor agregado.

La digestión anaerobia de desechos de animales empleando reactores empacados y de microorganismos en suspensión ha recibido una considerable atención en los últimos años (Kennedy *et al.*, 1982; Blanchard *et al.*, 1984; Wilkie *et al.*, 1984, 1986; Lo *et al.*, 1984; Hill *et al.*, 1985, 1988; Shoemaker *et al.*, 1986; Viñas., 1990, 1991), reportaron el empleo del proceso UASB en el tratamiento de estos desechos.

Maldonado y Jacipt (2006), plantean que el empleo de reactores RAFA combinados con biodisco, se pueden utilizar en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales de centros de sacrificio de ganado con eficiencias en la remoción de DBO_5 entre el 92 y 97 %.

Torres (2012), plantea que la aplicación de reactores UASB en los países en desarrollo, asociados a otras unidades de tratamiento para producir un efluente de mejor calidad,



resulta una alternativa simple, asequible y manejable para el tratamiento de aguas residuales como es el caso de la tecnología anaerobia, en términos de costos de inversión y operación. Según Iglesias (2015), el reactor UASB está siendo experimentado con éxito en el tratamiento de aguas residuales muy diversas de procesos de la industria de alimentos, industriales, urbanas y lixiviados, aunque inicialmente se desarrolló para aguas residuales de tipos principalmente solubles y de concentración media; el tratamiento anaerobio se recomienda para el lixiviado con una relación de DBO_5/DQO entre 0,7 y 0,3 (residuos parcialmente estabilizados).

Márquez y Guevara (2004), para aguas residuales de la industria avícola, demostraron la calidad del efluente de acuerdo a los parámetros de vertimiento, al emplear la combinación de operaciones físicas y procesos biológicos, que operan en la siguiente secuencia: desbaste, tanque de homogeneización, flotación por aire disuelto (FAD), lodos activados, biodisco y tanque de cloración. Las unidades para el manejo de lodos, incluyen tanques para depósito por separado de lodos de FAD y biológicos.

Resulta provechosa y rentable la aplicación de métodos para reducir la cantidad o la fuerza de los vertidos, entre los que se encuentran: la recuperación de la sangre y la grasa, así como la reducción del consumo de agua. La recuperación de las grasas se consigue habitualmente por medio de depósitos con tabiques de contención y de trampas que se colocan por donde pasan los vertidos. Prácticamente todas las plantas o fábricas recuperan la mayor parte de la sangre.

El consumo de agua excesivo da lugar a un gran volumen de residuos líquidos, de esta forma se encarecen las alternativas de manejo, tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos (Muñoz, 2005; Barat y Velez, 2013; Rivero, 2013).

Vega (2017), recomienda para este tipo de residuales un sistema de tratamiento compuesto por canal con rejillas, tanque desarenador, trampa de grasa, sedimentador y laguna de estabilización. Sin embargo Tans (2016), propone para las aguas residuales de



un centro de sacrificio de ganado una planta de tratamiento compuesta por tratamiento preliminar (reja de desbaste, trampas de grasas, desarenador, triturador, pasteurización/maceración), tratamiento primario (reactor UASB), tratamiento secundario (humedal artificial de flujo subsuperficial) y tratamiento de lodos (lechos de secado).

Con respecto a las tecnologías existentes en Cuba para el tratamiento de residuales provenientes de centros de sacrificio de ganado, no es vasta la información que aparece en la bibliografía consultada. En el matadero-empacadora de la Empresa Pecuaria Macún en Villa Clara, el tratamiento de sus residuales se realiza mediante el reactor UASB y garantiza que los efluentes cumplan con los parámetros de vertimiento de la NC 27:2012 (Rivero, 2013).

El autor coincide con la Comisión Nacional del Medio Ambiente (1998), Muñoz (2005) Marín y Osés (2013) y Rivero (2013), en que el sistema de tratamiento debe encontrarse conformado por las etapas de pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario, además de un tratamiento de lodos.

También el autor es del criterio que la etapa de pretratamiento debe encontrarse compuesta por un canal con rejillas, un desarenador y una trampa de grasa que coinciden con lo expuesto por Tans (2016) y Vega (2017); la primaria de un sedimentador; la secundaria de un reactor UASB y el tratamiento de los lodos por medio de un lecho de secado.

Conclusiones

A partir del análisis y evaluación de las diferentes fuentes bibliográficas en relación con los objetivos de la investigación, el autor considera que: existe una amplia diversidad de tecnologías para aplicar a residuales líquidos de composición orgánica que pueden constituir referencia para lograr los requisitos de vertimiento; las industrias procesadoras de carne y los centros de sacrificio de ganado, generan un volumen grande de residuales y los sistemas de tratamientos empleados aunque están en función de la disminución de la carga orgánica, no se encuentran estandarizados. En los últimos años se aplican procesos de codigestión para aumentar el potencial de producción de biogás; el sistema de tratamiento va a estar conformado por un canal con rejillas, un desarenador, una trampa de grasas, un sedimentador primario, un reactor UASB y un lecho de secado; el sistema a diseñar va a estar conformado por las siguientes operaciones unitarias desbaste, sedimentación, flotación y deshidratación.



CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Bibliografía

ALBERTS, B. *Cell chemistry and bioenergetics. In: Molecular Biology of the Cell.* 2015. *Garland Science.*

ALCALDIA, S. F. Informe Anual, Licencia de funcionamiento Matadero Municipal San Francisco, Cundinamarca. 2014. San Francisco, Cundinamarca.

ALTANER MORAGA, R. Descripción y Análisis Comparativo de los Sistemas de Tratamiento de RIL en la Industria de Alimentos en Valdivia, Chile. 2009. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/faa465d/doc/faa465d.pdf>.

ÁLVAREZ A., A., HERRERA, L., COLOMER, F. GALLARDO, A., ALBEROLA, M.C, GÓMEZ, A.M. Codigestión de bioresiduos para su biometanización. XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. 2012. Valencia, España.

ÁVILA DE NAVIA S.L. Y ESTUPIÑAN S.M. Calidad sanitaria del agua de la Ciénaga Mata de Palma en el Departamento del Cesar, Colombia. 2009. *NOVA*; 7(11): 85-91.

AYALA, R.M., GONZALES, G. Apoyo Didáctico en la enseñanza – aprendizaje de la asignatura de plantas de tratamiento de aguas residuales. 2008. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias y Tecnología, Carrera de Ingeniería Civil.

BARAT, R. Y VELEZ C., G. A. Diseño de la estación depuradora de aguas residuales para la industria cárnica CAFRILOSA en Loja-Ecuador mediante Software DESSAS. 2013. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/1200>

BEILY, M.E., FRANCO, R., CRESPO, D. Efluente proveniente de producciones intensificadas de cerdos en galpones con ciclo *all in all out*: Características físicas, químicas y biológicas. 2012.

BLANCHARD J.P., VAN DER BERG L. *TRANSACTIONS of the ASAE.* 1984.



CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

CASTILLO, L. E., & TORRES, J. L. Estudio, diseño y selección de la tecnología adecuada para tratamiento de aguas residuales domésticas para poblaciones menores a 2000 habitantes en la ciudad de Gonzanamá. 2010. Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

CITMA. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. 2016a Estrategia Ambiental Nacional 2016/2020.

Comisión Nacional del Medio Ambiente. Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial. 1998. Industria Procesadora de la Carne. Región Metropolitana de Chile.

DAVIS, M. L. *Water and Wastewater Engineering: design, principles and practice*. 2010. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

DEL POZO, R., OKUTMAN, D.; DULKADIROGLU, H.; ORHON, D. Y DIEZ, V. *Biodegradability of Slaughterhouse Wastewater with High Blood Content under Anaerobic and Aerobic Conditions*. 2003. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. Vol. 78, pag. 384-391.

DIEZ, V.; GONZALEZ, J.A.; ALONSO DE LINAJE, C.; RIAÑO, M.J. Y MORAL, M.E. Optimización de un Circuito de Aguas de un Matadero de Aves. 1996. Eurocarne, 48, Julio-Agosto.

Escuela Organización Industrial. Contaminación de las aguas. Vertidos de Mataderos e Industrias Cárnicas. 2008. España, Sevilla.

ESPINOSA A., JUAN J. Tratamiento de aguas residuales de matadero con elevado contenido en sangre mediante la combinación de Procesos Anaerobio de Película Fija (BAPF) y Aerobio de Membrana (MBR). Burgos. 2011. Universidad de Burgos. Disponible en: http://riubu.ubu.es/bitstream/10259/163/1/Espinosa_Anton.pdf



CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Departamento de Agricultura. Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo. Tratamiento de los desechos y eliminación de aguas residuales. 2016. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/004/T0566S/T0566S14.htm>

FERNÁNDEZ, F., SEGHEZZO, L. CUADERNO TECNOLÓGICO N°15: Diseño de reactores *UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANK (UASB)*. 2015. Universidad de Valladolid-Uva, España & Universidad Nacional de Salta (UNSa).

GARZÓN ZÚÑIGA, M.A. Caracterización de aguas residuales porcinas y su tratamiento por diferentes procesos en México. 2013. Rev. Int. Contaminación Ambiental.

GONZÁLES, L.L. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales del camal municipal de Chupaca (Tesis de Grado). 2013. Universidad Nacional del Centro de Perú Facultad de Ingeniería Química. Huancayo, Perú.

HENZE, M., HARREMOES, P., JANSEN, J.C., ARVIN, E. *Wastewater Treatment. Biological and Chemical Processes*. 1995. Springer Verlag.

HERNÁNDEZ TORRES, D.A. Diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Marcos, departamento de Sucre. 2014. Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil.

HILL D.T., BOLTE J.P., PRINCE T.J. *ASAE Paper No. 85-3086 ASAE, St. Joseph, MI* 40985-9659. 1985.

HILL D.T., BOLTE J.P. *TRANSACTIONS of the ASAE, Volume 31, No.5, pp 1525-1531*. 1988.



CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

HYGNSTROM, J., SKIPTON, S., & WOLDT, W. *Residential Onsite Wastewater Treatment: Lagoon Design and Construction*. 2010. Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska–Lincoln.

IGLESIAS, B. Diseño e Implantación de un reactor anaerobio UASB en la industria de los lácteos para su uso como fuente de energía en Co-Generación. 2015. Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI), Grado en Ingeniería Electromecánica, Especialidad Mecánica. España, Madrid.

JANET, M., ET AL. *Emerging contaminants in waters: effects and possible treatments*. 2012. *Review article*.

JIMENEZ, D. Modelación matemática del proceso de nitrificación en dos etapas. Desarrollo de metodologías de calibración del modelo para un reactor SHARON y un proceso de fangos activados. 2010. UPV Valencia, España.

KENNEDY K.J., VAN DEN BERG L. *Agric. Wastes*, 4, pp 151 - 158. 1982.

LAUFENBERG, G., KUNZ, B., NYSTROEM, M. *Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations*. 2003. *Bioresourse Technol.*, 87, 167-198.

LIER, J.V. *Wastewater treatment*. 2013. Holanda.

LO K.V., WHITEHEAD A.J., LIAO P.H., BULLEY N.R. *Agric. Wastes*, 9, pp 175 - 184. 1984.

MACLEOD, M. *Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains. A global life cycle assessment*. 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.



CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

M ALDONADO M. J. I. Y JACIPT, A. Sistema de tratamiento para aguas residuales industriales en mataderos. 2006. Rev. Ambiental Aire, agua y suelo. Vol. 1, No. 1, 2006. Universidad de Pamplona. España. Disponible en:

http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RA/article/view/112/109

M ARÍN A. Y OSÉS M. Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con el Proceso de Lodos Activados. 2013. Jalisco, México: Comisión Estatal del Agua de Jalisco.

M ARQUÉZ R. A. Y GUEVARA P., E. Descripción y evaluación del funcionamiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales en una industria avícola. 2004. Rev. Ingeniería UC. Vol. 11, No. 2. p. 92-101, 2004. Disponible en:

<http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/v11n2/11-2-9.pdf>

M ARTÍN G., I; BETANCORT R., J.R.; SALAS R., J.J.; PEÑATE S., B; PIDRE B., J.R.; SARDÓN M., N. Guía sobre tratamientos de aguas residuales urbanas para pequeños grupos de población. Mejora de la calidad de los efluentes. 2006. Instituto Tecnológico de Canarias.

M ASSÉ, D.I. Y MASSE, L. *Characterization of wastewater from Hog Slaughterhouse in Eastern Canada and Evaluation of their in-plant wastewater Treatment Systems*. 2000. *Canadian Agricultural Engineering*.

Matadero y elaboración de productos cárnicos. Oportunidades de Producción más Limpia en el sector cárnico. Guía para empresarios. 2005. Disponible en:

<http://144.16.93.203/energy/HC270799/HDL/ENV1/envsp/Vo1247.htm>

M ETCALF & EDDY. Ingeniería de las aguas residuales. Tratamiento vertido y reutilización, 3ª edición. 1995. Ed: McGraw-Hill. Madrid, España.

M INENERGIA. Manual de biogás. Ed. Proyecto CHI/00/G32 "Chile: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables". 2011.



CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

MIRAVET, B.L., *et al.* Carga contaminante dispuesta en cuenca Ariguanabo, provincia Artemisa, Cuba. 2016. RCI. Vol. VII. No.2.

MUÑOZ M., D. Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero para una población menor 2000 habitantes. 2005. Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias. Disponible en: <http://uniciencia.ambientalex.info/infoCT/Tratamientoaguas2000h.pdf>

NC 27:2012 "Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y alcantarillados. Especificaciones". Oficina Nacional de Normalización. La Habana, Cuba.

PAREDES, L. Remoción de contaminantes en la estabilización de humedales construidos de flujo vertical, sembrados con helicognia (sp), para el tratamiento de aguas residuales domésticas. 2014. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

PÉREZ FRANCO, D. La explotación del agua subterránea. Un nuevo enfoque. Segunda Parte. 1ra ed. 2001. La Habana: Editorial Félix Varela.

RAM S., VAJPAYEE .P, SHANKER R. *Contamination of potable water distribution system by multi-antimicrobial resistant enterohaemorrhagic Escherichia coli. Environment Health Perspective.* 2008.

RESTREPO, M. Producción más limpia en la industria alimentaria. 2006. Revista Producción + Limpia. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10567/217>

REYES, P. E. Diseño, construcción, instalación y puesta en marcha de una planta piloto de tratamiento de aguas residuales provenientes del camal municipal del Cantón Machala. (Tesis de Grado). 2013. Universidad Técnica de Machala Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud Carrera de Ingeniería Química. Machala. Ecuador.

RIVERA BALLESTEROS, G.C. Gestión y Tratamiento de Aguas Residuales: Tratamiento de lodos. Oficina para América Latina y el Caribe (PNUMA). 2010. Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.



CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

RIVERO M. SONIA. Rediseño del Sistema de Tratamiento de los Residuales Líquidos en el Matadero-Empacadora de la Empresa Pecuaria Macún. Tesis presentada en opción al título de Master en Ingeniería en Saneamiento Ambiental. 2013. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Facultad de Química.

RUSSELL, D.L. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Un enfoque práctico. 2012.

SADAVA, D. *Community Ecology*. In: *The Science of Biology. Tenth Edition*. Sinauer. MacMillan. 2014.

SCHOEMAKER A.H., GROOTJEN D.R., LETTINGA G. *Anaerobic Treatment a Grown-Up Technology*, 1986. AQUATECH, Amsterdam.

SIEW -LENG L., ANTHONY G. FANE, WILLIAM B. KRANTZ, TEIK -THYE LIM *Emergency water supply. A review of potential technologies and selection criteria*. 2012. *Water Residuos.*; 46 (10): 3125-3151.

SORREQUIETA, A. Aguas residuales: reuso y tratamiento. Lagunas de estabilización una opción para Latinoamérica. 2004. Facultad de Ciencias bioquímicas y farmacéuticas.

SUÁREZ, J., *et al.* Desarenadores: (FT-PRET-002). 2015. INDITEX. Universidad de Coruña.

TANS, M. L. Propuesta de un sistema de tratamiento para los residuales líquidos que generan los centros de sacrificio de ganado. Tesis en opción al título académico de Máster en Gestión y Control Ambiental Mención: Control y Tratamiento de la Contaminación Ambiental. 2016. Universidad de Matanzas, Facultad de Ciencias Técnicas.



CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

TORRES, P. Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo. 2012. Revista EIA, No. 18. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín, Colombia. Disponible en:

<http://repository.eia.edu.co/revistas/index.php/reveia/article/view/264/258>

VALENCIA, J. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el área de bovinos en el camal frigorífico municipal de Riobamba. 2012. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

VEGA MARTÍNEZ, C.J. Especialista de Inversiones. Comunicación personal. Ingeniero y Técnicos Medio, Agronomía. 2017. Tec. Topografía y Edificaciones. 2017/4/12.

VILLAMAR, C.A., *et al.* *Characterization of swine wastewater by Toxicity Identification Evaluation Methodology (TIE)*. 2012. *Water Air and Soil Pollution*.

VIÑAS, M. I Taller sobre Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales en América Latina, México D.F. (1990).

VIÑAS, M. *Posters-Papers Sixth Int. Symp. on Anaerobic Digestion*, Sao Paulo, Brasil. 1991.

WILKIE, A., COLLERAN, E. *Biotechnology Letters*, Vol 6, No.11, pp 735 - 740. 1984.

WILKIE, A., COLLERAN, E. *Env. Tech. Letters*, Vol 7, pp 65-76. 1986.

ZAROR, C. A. Introducción a la ingeniería ambiental para la industria de los procesos. 2000. Universidad de Concepción. Chile.



CD de Monografías 2017

(c) 2017, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X