

Pellets de plásticos reciclados: su utilización como medio de soporte bacteriano en lechos percoladores para tratamiento de aguas residuales industriales

*Noir, Jorge**; *Azario, Ricardo**; *Cousido, Carlos J.**; *Roca Sallefranque, Claudia**; *Orcellet, Emiliana E.***

AUTORES: *Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Entre Ríos. Lorenzo Sartorio 2160, Concepción del Uruguay. Entre Ríos. Argentina. **Secretaría de Ambiente. Gobierno de Entre Ríos.

CONTACTO: noirjorge@hotmail.com

Resumen

El proyecto fue un estudio experimental, basado en a la utilización de pellets de plástico reciclado, como medio se soporte para el crecimiento bacteriano en un biofiltro de un percolador combinado, utilizado como sistema de tratamiento de aguas residuales industriales. La experiencia se realizó a escala de laboratorio, con el fin de determinar la eficiencia de los pellet como medio de soporte de crecimiento bacteriano, como también la eficiencia de reducción la carga orgánica del líquido a tratar, expresada en Demanda Biológica de Oxígeno en determinadas condiciones, durante 5 días, esto se indica como DBO₅.

Los efluentes utilizados para este estudio fueron efluentes de tambo y de frigorífico avícola.

Las colonias de microorganismos (zooglea), se formó al cabo de una semana con la siembra de nutrientes nitrógeno, potasio y fósforo (N, K, P). En cuanto a la reducción de la materia orgánica en un periodo de 24 horas de funcionamiento fue aproximado al 50 %, esta reducción fue similar para los diferentes efluentes y sus diferentes cargas orgánicas.

Si bien se requieren mayores determinaciones para establecer con mayor especificidad valores de eliminación de parámetros contaminantes, se infiere que el material de soporte estudiado, pellets de plástico reciclado, es factible de utilizarse como medio de soporte de crecimiento bacteriano para biofiltros.

Palabras clave: Pellet reciclados, biofiltro, aguas residuales

1. Objetivos

General

- Establecer la factibilidad de utilización de pellets de plástico reciclado como medio de soporte de crecimiento bacteriano para el tratamiento de aguas

Específicos

- Comprobar la proliferación de la capa microbiana en el medio de soporte y su nivel de desprendimiento del mismo.
- Determinar la reducción de materia orgánica expresada en DBO_5 , presente en el agua residual.
- Determinar el tiempo de residencia hidráulica del agua residual, en el sistema de tratamiento propuesto.
- Determinar la carga hidráulica que soporta el filtro.

2. Marco teórico y metodológico (síntesis)

En determinado tipo de industrias, sobre todo alimenticias se requieren, para llevar a cabo los procesos productivos, una gran cantidad de agua, la cual, luego de ser utilizada, debe ser desechada en determinadas condiciones de calidad.

Estos líquidos efluentes, que han sido modificados alguna de sus características físicas, químicas o biológicas, se los denomina aguas residuales.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser diseñadas, construidas y operadas, con el objeto de convertir los residuos líquidos procedentes de los procesos productivos en un efluente final aceptable.

Para ello se deben conocer, por una parte las características del agua residual bruta que se va a tratar, y por otra se han de establecer los caracteres físico-químicos y microbiológicos que debe tener el efluente ya tratado, para poder ser vertido sin causar riesgos sanitarios y/o ambientales al cuerpo receptor.

El objetivo principal del tratamiento de las aguas residuales es reducir los índices de contaminación hasta valores inferiores a la capacidad autodepuradora de los cuerpos receptores, los cuales se encargarán de completar el ciclo natural.

Esta reducción de la polución se lleva a cabo en tres niveles principales:

- ✓ Eliminación de sólidos.
- ✓ Reducción de la DBO_5 y número de microorganismos patógenos.
- ✓ Reducción en los niveles componentes inorgánicos, tales como fósforo, nitrógeno, cloruros, etc., que pueden causar problemas de eutrofización y reducir los recursos hídricos disponibles.

Para estos tres niveles se distinguen cuatro tipos o fases de tratamiento:

- ✓ Pre-tratamiento: se ubica al principio de todo sistema de tratamiento. Está orientado a retener los sólidos de mayor volumen y peso mediante la recolección de los mismos por la obstrucción de su circulación a través del flujo de líquido, ya que generalmente por ser de gran tamaño no se disuelven en el mismo.

- ✓ Tratamiento Primario: pretende la eliminación de sólidos en suspensión. Suele ser el tratamiento más económico, ya que se realiza a expensas de un consumo de energía cinética y potencial propio de las partículas contenidas.

- ✓ Tratamiento Secundario: puede ser químico aunque es más frecuente que éste sea biológico, en él que se lleva a cabo la mineralización de los compuestos orgánicos presentes en las aguas resi-

duales, y la eliminación de los microorganismos patógenos por competencia con otras especies. En términos de energía, en este tratamiento se aprovecha la energía interna de las moléculas, más un aporte de energía externa, para acelerar el tratamiento. (Kiely G, 1998).

- ✓ Tratamiento Terciario: elimina las sustancias minerales hasta conseguir un agua de composición similar a la natural. Es el tratamiento más caro, ya que la energía utilizada es mediante aporte externo.
- ✓ Algunos tratamientos engloban procesos pertenecientes a los tres tipos descritos, y son llamados tratamientos mixtos.

La degradación de la materia orgánica que se encuentra en el efluente se realiza mediante el tratamiento secundario, esta puede ser eliminada de la masa de agua de forma química mediante incorporación de reactivos químicos (poli electrolitos, cloruro férrico, sulfato de aluminio) o biológicos. Los sistemas químicos no son rentables por el costo de los reactivos, por lo que los sistemas del tipo biológico, son los más adoptados en la zona (normalmente lagunas de estabilización) por su bajo costo de instalación y mantenimiento; aunque presentan dos inconvenientes generales: amplia disponibilidad de superficie de terreno y un gran caudal de aguas residuales, lo cual representa un obstáculo para las pequeñas industrias.

Actualmente en Europa y debido a la mayor limitación de los espacios y la exigencia de contener dentro de unos valores aceptables los costes de construcción y de ejercicio de los tratamientos de depuración, están llevando a reconsiderar cada vez más las ventajas propias de los reactores biológicos de biomasa fija (biopelícula o biofilms) respecto a los de biomasa suspendida. (Autores Varios- Modulo FUNIBER 2010). El tratamiento biológico de las aguas residuales es entendido como la eliminación de contaminantes mediante la actividad biológica de los microorganismos presentes en los reactores. De esta manera se removerán sustancias orgánicas biodegradables, partículas coloidales y contaminantes disueltas, entre otros, convirtiéndolos en gases y en biomasa (nuevas células), separables por sedimentación.

Teoría de la Depuración Biológica

El principio del tratamiento biológico de las aguas residuales (TBAR) es análogo al de la autopurificación de las aguas. En las depuradoras, estos fenómenos se dan en reactores que mantienen los microorganismos bajo condiciones controladas, acelerando así el proceso de descomposición y la neutralización de la materia orgánica.

Los tratamientos biológicos constituyen una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables del agua, aprovechando la actividad metabólica de los mismos sobre esos componentes. La aplicación tradicional consiste en la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto soluble como coloidal, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P). Es uno de los tratamientos más habituales, no solo en el caso de aguas residuales urbanas, sino en buena parte de las aguas industriales. (Rodríguez Fernández-Alba et al. 2006).

En la depuración biológica se presentan múltiples reacciones de tipo bioquímico que transforman la materia orgánica, los nutrientes y otros compuestos (ej. sulfuros, metales) en elementos más simples y de mayor estabilidad; este proceso se conoce como oxidación biológica y en él, se realiza una conversión de los elementos orgánicos a formas inorgánicas altamente oxidadas (mineralización).

En el TBAR, los microorganismos (biomasa) emplean las sustancias suspendidas o disueltas, presentes en las aguas residuales, para incorporarlas a su metabolismo en los procesos de obtención de energía y síntesis celular (generación de nuevas células). Toda oxidación, incluyendo la mineralización u oxidación biológica, implica una transferencia de electrones entre un donador (sustancia reductora) y un aceptor de electrones (sustancia oxidante). En el TBAR, la materia orgánica es la donante de

electrones para los organismos vivos; no obstante, elementos inorgánicos reducidos como amoníaco, sulfuros, hierro ferroso e hidrógeno molecular se comportan, para las bacterias, como donantes de electrones, alimento o fuente de energía (Romero Rojas, 1999).

Estas reacciones pueden clasificarse en los diferentes sistemas:

- **Sistemas aerobios:** la presencia de O_2 hace que este elemento sea el aceptor de electrones, por lo que se obtienen unos rendimientos energéticos elevados, provocando una importante generación de fangos, debido al alto crecimiento de las bacterias aerobias. Su aplicación a aguas residuales puede estar muy condicionada por la baja solubilidad del oxígeno en el agua. (Rodríguez Fernández Alba et al. 2006).

- **Sistemas anaerobios:** en este caso el aceptor de electrones puede ser el CO_2 o parte de la propia materia orgánica, obteniéndose como producto de esta reducción el carbono en su estado más reducido, CH_4 . La utilización de este sistema, tendría, como ventaja importante, la obtención de un gas combustible. (Rodríguez Fernández Alba et al. 2006).

- **Sistemas anóxicos:** se denominan así los sistemas en los que la ausencia de O_2 y la presencia de NO_3 hacen que este último elemento sea el aceptor de electrones, transformándose, entre otros, en N_2 , elemento completamente inerte. (Rodríguez Fernández Alba et al. 2006). Por tanto es posible, en ciertas condiciones, conseguir una eliminación biológica de nitratos (desnitrificación). Igualmente, cada uno de estos procesos puede llevarse a cabo con la biomasa (microorganismos): adherida y en suspensión.

En este aspecto se destacan los sistemas de biomasa adherida denominados **cultivos en medios fijos**.

Muchos sistemas de depuración utilizan medios de soportes fijos o móviles de una gran superficie específica y que pueden ser de origen natural (cantos rodados, escoria, antracita, puzolana) o de plástico.

En los sistemas de biomasa fija, los microorganismos se encuentran retenidos sobre algún tipo de soporte sólido. Se evitan de esta forma los posibles problemas en la sedimentación y recirculación de fangos, frecuente en los procesos clásicos de fangos activados. Sin embargo el aporte de oxígeno será un factor condicionante importante, consiguiéndose su incorporación a través de una homogénea distribución del líquido o bien por movimiento del sistema. (Rodríguez Fernández-Alba et al. 2006).

Entorno a estos soportes se forma una película viva denominada zooglea o biofilm (microorganismos) a través de la cual, una vez en contacto con el agua residual, se produce un doble proceso de degradación:

La materia orgánica disuelta y el oxígeno del agua residual entran en contacto con la zooglea-biofilm, donde se produce la depuración por metabolización microbiana de la materia orgánica.

El otro proceso se da cuando el CO_2 y los metabolitos de los microorganismos pasan desde el biofilm al agua.

Debido a que la migración del substrato es de 3 a 5 veces menor que la del oxígeno, se desarrollan dos capas:

- Una capa externa aerobia que recibe substrato y, por lo tanto, crece.
- Otra capa más interna anaeróbica sin substrato ni oxígeno y en fermentación, cuyos gases de fermentación provocan el desprendimiento de trozos de biopelícula que son arrastrados por el agua y separados en la decantación secundaria.

También habrá arrastre de bacterias si el agua residual pasa a gran velocidad, debido al importante esfuerzo cortante que se genera. En cualquier caso, el espacio libre es ocupado rápidamente por nuevas colonias bacterianas, este fenómeno es la esencia del mecanismo de autolimpieza que impide el atascamiento del sistema.

Filtros Percoladores

También denominados filtros biológicos o lechos bacterianos. Son los sistemas aerobios de biomasa inmovilizada más extendidos en la industria. Suelen ser lechos fijos de gran diámetro, rellenos con rocas o piezas de plástico o cerámica con formas especiales para desarrollar una gran superficie. Sobre la superficie crece una fina capa de biomasa, sobre la que se dispersa el agua residual a tratar, que moja en su descenso la superficie. Al mismo tiempo, ha de quedar espacio suficiente para que circule aire, que asciende de forma natural. El crecimiento de la biomasa provoca que parte de los microorganismos se desprendan de la superficie, y por lo tanto, seguirá siendo necesaria una sedimentación posterior para su separación del efluente. (Rodríguez Fernández-Alba et al. 2006) (Ver imagen 9).

En general también se realiza una recirculación de parte del efluente limpio, una vez producida la separación. En estos sistemas, la velocidad de carga orgánica es el parámetro más importante, teniendo rangos de aplicación en la industria desde 30 a 10.000 kgDBO₅/día y 100m³ de reactor, siendo los tamaños muy variables (desde 2 hasta 10 m de altura). (Rodríguez Fernández-Alba et al. 2006).

El material sólido deseable deberá reunir las siguientes características:

- Deberá tener una gran superficie o área de contacto por unidad de volumen. (Ver imagen 10).
- El material sólido deberá ser de bajo peso específico para que el recipiente que contiene este material, pueda ser construido sin que sea necesario emplear materiales de gran resistencia mecánica y por consiguiente de alto costo.
- El material empleado como soporte deberá ser económico.

La biomasa adherida al material de soporte se encuentra formada, principalmente, por protistas: bacterias (aerobias y facultativas, principalmente), hongos (que predominarán si se trabaja con pH bajos) y protozoos. También se presentan larvas de insectos y caracoles. En la superficie del filtro, por efecto de la luz solar, suelen crecer comunidades de algas que podrían llegar a obstruir parcialmente el filtro (Rodríguez Fernández-Alba et al. 2006).

Principio de funcionamiento del filtro percolador

En un lecho bacteriano, el agua residual, generalmente decantada para evitar un rápido atascamiento, se derrama sobre un lecho de material de soporte, éste se contiene mediante paredes en el interior de un depósito, normalmente cilíndrico, este depósito tiene un falso fondo que soporta el material, permitiendo que salga el agua residual y entre el aire.

A lo largo del percolador, se elimina gran parte de la materia orgánica, debido a una biopelícula (Zoo-plea) que se forma sobre el material, el sustrato y el oxígeno se difunden a través de dicha biopelícula, en donde se produce la metabolización. (Ver imagen 13).

La biopelícula presenta tres capas, una aerobia (recibe el sustrato y por lo tanto crece) facultativa (está en respiración endógena) y anaerobia (en proceso de fermentación). (Eduardo Rozano- José Luis Dapena-2002). (Ver imagen 11).

En la medida en que avanza la operación del filtro, la biopelícula aumenta gradualmente su espesor sobre la superficie de las rocas o piezas plásticas. Esto causa que la materia orgánica que se absorbe, sea empleada por los microorganismos de la parte más superficial "capa externa", dejando a los de la parte interna con menos alimento y oxígeno. En consecuencia, esta "capa interna" entra en fase de crecimiento endógeno provocando pérdida de adherencia al medio de soporte, hasta que termina por desprenderse. Todo lo anterior provoca un ciclo de autolimpieza en el filtro percolador que evitará su colmatación por engrosamiento de la biomasa adherida. Los biofiltros se dividen según su carga orgánica en convencionales y de alto rendimiento (John Arundel, 2000) (También la clasificación varía según autores en baja carga, media carga y alta carga).

- *Biofiltros convencionales o de baja carga*

Estos presentan como principal característica constructiva, que como medio de soporte de crecimiento bacteriano puede ser de escoria de alto horno, coque, carbón, pizarra, plástico rígido, de aproximadamente 2 metros (de profundidad y el material granulado varía entre 2,5 a 15 cm de diámetro ubicándose el de mayor tamaño en el fondo. El líquido residual no es recirculado desde el decantador o sedimentador secundario, la carga hidráulica es de 0.60 a 0.80 m³/m²/día.

- *Biofiltros de alto rendimiento o alta carga*

Estos poseen como medio filtrante material plástico, que puede presentarse en finas placas o láminas, ensambladas de tal manera de conformar módulos o paneles en geometrías habitualmente prismáticas, cuyas dimensiones son normalmente 1.20m * 0.30m * 0.30m. (Balestie & Balestie). Otra forma de relleno son los anillos de Raschig son cilindros huecos, cuyo diámetro va de 6 a 100 mm o más, pueden fabricarse de porcelana industrial, de carbón, de metales o de plásticos. (Universidad de Sonora – México). Sus formas son variadas según el diseño del fabricante. El líquido residual es recirculado según criterio del diseñado, pudiendo ser hasta 3 veces el caudal del efluente aumentando la carga hidráulica hasta 3 m³/m²/día, y su altura puede llegar a los 3 metros.

Alternativa de medio de soporte evaluada en este proyecto

En la fabricación del pellet de plástico reciclado o peletizado, el material seleccionado pasa por una extrusora a fin de minimizar y uniformar el tamaño, luego es fundido y atraviesa un tubo delgado para tomar la forma de spaghetti que es enfriado en un baño de agua, una vez frío es cortado en pedacitos llamados pellets. (Elizabeth Lam E., Francisco Molina Z.-1999).

En la ciudad de Concepción del Uruguay se encuentra una planta de reciclado encargada de realizar peletización de material plástico, recuperado a partir de los residuos sólidos domiciliarios.

Pellets de plástico reciclado

En la composición típica de los residuos sólidos domiciliarios, el material de plástico se presenta en un elevado porcentaje, aproximadamente el 19% del peso total. (CEAMSE-UBA 2010)

El plástico puede presentarse en siete clases distintas de acuerdo a la resina que lo compone, (1) PET – Polietileno Tereftalato (2) PEAD – Polietileno de Alta Densidad (3) PVC – Policloruro de Vinilo (4) PEBD – Polietileno de Alta Densidad (5) PP – Polipropileno (6) PS – Poliestireno (7) - Otros: ABS, acrílico, Poliuretánica. Para el proceso de reciclado es fundamental su clasificación debido a que, las resinas son termodinámicamente incompatibles unas con otras.

3. Metodología

En primera instancia se comenzó con el diseño y armado de las diferentes partes de las que se compone el percolador combinado a escala de laboratorio, para lo cual se utilizaron dos tachos de plástico ubicados uno encima del otro, para que puedan diferenciarse claramente los dos componentes básicos que componen el sistema de tratamiento, A) la parte superior el biofiltro y B) la parte inferior el decantador.

Componentes del percolador combinado

Lecho percolador o biofiltro: consta de un recipiente plástico, ubicado en la parte superior del percolador combinado, relleno con pellets reciclado que actúa como soporte bacteriano (pellets), éste presenta un falso fondo para permitir que el agua escurra al sedimentador secundario.

El material de soporte para el crecimiento de la zooglea (pellets de plástico reciclado) fue constante para el estudio dado que el mismo no fue modificado en ningún momento, el volumen se obtuvo calcu-

lando a cantidad de pellet que cupo dentro en el sistema hasta una altura de en 60cm, altura donde se desarrolla el máximo de degradación, para la determinación del total de material se utilizó la fórmula de volumen de un cilindro $V = \pi * r^2 * h$.

Sedimentador secundario: este se ubica debajo el lecho percolador, consta de un recipiente en el cual quedan contenidos los sólidos sedimentables compuesto mayormente por el desprendimiento de la zooglea. Éste presenta una válvula de purga para extraer el sólido.

Sistema de bombeo y recirculación: consta de una bomba que impulsa el líquido desde sedimentador secundario hacia la superficie del biofiltro de forma permanente durante 24 horas a fin de mantener húmedo el material de soporte y aportar alimentos al medio de bacteriano, encargado de la degradación de la materia orgánica.

Una vez montado el dispositivo se realizó un periodo de prueba, para garantizar la proliferación de la zooglea, encargada de realizar la degradación de la materia orgánica, para lo cual se incorporó en agua de lluvia nutrientes nitrógeno, fosforo y potasio (ver imagen 9). El líquido resultante se bombeo permanentemente a fin de mantener el medio de soporte (pellet) húmedo durante 7 días. La existencia de la formación de la capa bacteriana, se la detecto sacando muestras de diferentes profundidades del manto de pellets y se apreció al tacto una consistencia gelatinosa que rodeaba el medio.

Una vez logada la capa microbiana se comenzó con la realización de las pruebas puntuales con el agua residual. En primera instancia se utilizó efluente de tambo.

El agua residual fue sometida a un tratamiento primario de sedimentación, fundamental para evitar la saturación del biofiltro con material sólido. Para ello se dejó reposar el agua residual durante media hora a fin de que sedimente el material sólido y luego el mismo fue introducido al decantador secundario desde donde fue bombeado al biofiltro para que comience el proceso de tratamiento.

El agua bombeada a la superficie del percolador, es conducida por una cañería interna al dispositivo, distribuyéndose homogéneamente por toda la superficie del biofiltro a través de una superficie perforada, logrando de esta forma que el líquido entre en contacto con todo el material de soporte.

El biofiltro consta de un falso fondo por donde drena el agua residual tratada hacia el sedimentador secundario. Este tiene como objetivo acumular los sólidos flotantes y las partículas sólidas no coloidales de tamaño mayor a 1μ , que precipitan por gravedad. El residuo sólido depositado es eliminado posteriormente mediante una purga ubicada en la parte inferior del sedimentador.

El líquido se recirculó permanentemente hacia el biofiltro para garantizar el contacto con los microorganismos encargados de degradar la materia orgánica presente en el agua residual. La bomba marca Atman modelo AT-105, empleada para tal fin, es de tipo sumergible, por lo que se encuentra dentro del decantador y posee una capacidad máxima aproximada de 1500 l/h.

Para incorporar aire al sistema se empleó un aireador de pecera marca Precisión modelo PR-7500 de dos velocidades aportando un caudal de aire de 7500cc/minuto, suministrados mediante un difusor de burbuja fina.

Para la determinación del tiempo de residencia hidráulica dentro del sistema se consideró un tiempo máximo de 24 horas para los dos efluentes en estudio, a fin de tomar como referencia un parámetro igual para los diferentes tipos de efluentes.

La carga hidráulica se determinó, midiendo el volumen de agua recirculado por la bomba, en la superficie filtrante y en una unidad de tiempo la unidad de medición es $M^3/m^2 * día$, esta carga hidráulica fue la misma para los dos efluentes dado que la bomba y el tiempo de bombeo fue el mismo, como también el caudal de inicio en ambos casos 80 litros, y el tiempo de bombeo 24 horas en un área $0.28 m^2$

Prueba con el efluente de tambo

El efluente a tratar fue recolectado de un tambo, posterior al proceso de ordeño, el mismo se tomó del canal de recogida que bordea la zona de ordeño, el líquido se introdujo en 4 bidones de 20 litros cada uno.

La muestra se llevó de inmediato al laboratorio de la facultad, donde se lo dejó en reposo en una cuba durante 30 minutos, a fin de que precipiten los sólidos sedimentables, para evitar la saturación del infiltro con material sólido del efluente. Una vez transcurrido ese tiempo se tomó la muestra de agua para establecer la carga orgánica del efluente, previo al tratamiento propuesto.

Luego el líquido decantado, fue introducido al decantador secundario desde donde fue bombeado al biofiltro para que comience el proceso de recirculación permanente comenzando el proceso de degradación, al mismo tiempo se conectó el aireador a fin de maximizar el aporte de oxígeno a la masa de agua.

El agua bombeada a la superficie del percolador, es conducida por una cañería interna al dispositivo, distribuyéndose homogéneamente por toda la superficie del biofiltro a través de una superficie perforada, logrando de esta forma que el líquido entre en contacto con todo el material de soporte.

Una vez transcurridas 24 horas (tiempo mínimo de residencia hidráulica considerado) de funcionamiento del sistema, se realizó una segunda medición de carga orgánica, a fin de establecer la eficiencia del prototipo.

Para la realización de las determinaciones, se midió el oxígeno disuelto inicial y final mediante el método Winkler, y para la determinación de la reducción de la materia orgánica, se realizó la determinación de la DBO₅, inicial y final en el laboratorio de la facultad.

Prueba con el efluente de frigorífico avícola

El efluente a tratar se recolectó de un frigorífico avícola, a la salida de un proceso de decantación y tratamiento primario, el mismo fue llevado al laboratorio de la facultad en 4 bidones de 20 litros, la muestra no fue necesaria decantarla dado que no presentaba gran cantidad de sólidos sedimentables que pudieran obstruir el biofiltro.

Antes de incorporar el líquido al sistema, se tomó una muestra para establecer la materia orgánica presente antes de tratamiento.

El agua se vertió en el decantador secundario, y se inició el proceso de rebombado permanente y aireación del líquido para que comience la degradación de la carga orgánica.

Transcurridas las 24 horas se volvió a tomar una muestra de del agua para determinar el nivel de degradación de la materia orgánica realizada mediante el sistema de tratamiento.

El análisis de la DBO inicial y final al cabo de 24 horas de funcionamiento se realizó mediante un Sistema manométrico para la determinación de la Demanda Biológica de Oxígeno, de marca Sematic.

4. Resultados

▪ Volumen de pellets utilizado

La cantidad de pellets de plástico utilizada como medio de soporte de crecimiento bacteriano fue:

$$V = \pi * r^2 * h \quad V = 3,1416 * 0,30m^2 * 0,60m$$

$$V = 0,169m^3$$

▪ Formación de la capa microbiana en el medio de soporte

La capa microbiana se formó sin necesidad de cultivar bacterias, la simple recirculación las 24 horas de agua de lluvia y la incorporación de nutrientes K, P y N fue suficiente para que al cabo de 7 días se observe una capa gelatinosa (zooglea) presente en todo el manto filtrante.

▪ Carga hidráulica

La carga hidráulica se calculó sabiendo que en el proceso de funcionamiento no se generó saturación ni obstrucción del sistema.

- ✓ Caudal de la bomba $1500/h * 24 h$ Por lo tanto $3600l = 36m^3$
- ✓ Superficie del filtro $\pi * r^2 = 3,1416 * 0,30^2 m$ Por lo tanto $= 0.28m^2$
- ✓ El periodo de bombeo fue de $24 horas$ Por lo tanto $= 24 horas$
- ✓ Por lo que la carga hidráulica fue de $36m^3/0.28m^2*día$

A fin de establecer una referencia por m^2 de superficie filtrante la carga hidráulica que admitió el sistema fue de:

$$128 m^3/m^2*día.$$

▪ Efluente de tambo

El sistema funcionó de forma constante, recirculando el líquido e incorporándose aire durante un periodo de 24 horas. No se observó ningún tipo de obstrucción en el sistema.

Para la determinación de la DBO fue necesaria la realización de diluciones de la muestra en un 25%, 10% y 5%, los resultados de las determinaciones fueron los siguientes:

TABLA 1. Características físicas del líquido. Se observa en la tabla una disminución de sólidos sedimentables en el agua tratada, siendo irrelevante la variación de pH y temperatura.

Condiciones Iniciales	A las 24 horas
pH: 8.00	pH: 8.40
Temperatura: 18.5 °C	Temperatura: 19.4 °C
Sólidos sedimentables en 10 Minutos: 0,1ml/l	Sólidos sedimentables en 10 minutos: 0.03 ml/l
Sólidos sedimentables en 2 horas: 0,6 ml/l	Sólidos sedimentables en 2 horas: 0,01 ml/l

Parámetro: Oxígeno Disuelto

En la siguiente tabla se observa el oxígeno disuelto (OD) inicial del agua (muestra-1) y luego de las 24 horas (muestra-2) de funcionamiento del sistema.

TABLA 2: Evolución del oxígeno disuelto en el agua durante las 24 horas de funcionamiento del sistema

Muestra 1 día 1	Dilución 25%	Dilución 10%	Dilución 5%
	Frasco N° 10-77ml 0mg OD	Frasco N° 17-30ml 0 mg OD	Frasco N° 21-14ml 3,56 mg OD
Muestra 2 día 2	Frasco N° 28-64.5 ml 0,1 mg OD	Frasco N° 35-30ml 3,17 mg OD	Frasco N° 53-15ml 5,52 mg OD

Parámetro: Materia orgánica (DBO₅)

La materia orgánica contenida en el efluente, luego de la sedimentación primaria, se determinó mediante la realización de análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅).

La DBO₅ inicial obtenida fue de 72.82 mg/l y trascurridas las 24 horas de funcionamiento del sistema el valor fue de 33.62 mg/l, es decir que el sistema redujo la carga orgánica del efluente en un 53,83 % (Ver gráfico 1).

El valor de la DBO₅ final obtenido se encuentra dentro de los límites de vertido permitido a cuerpos receptores interiores, establecido por el anexo 1 del decreto reglamentario de la ley provincial de prevención y control de la contaminación por parte de las industrias N° 6260.

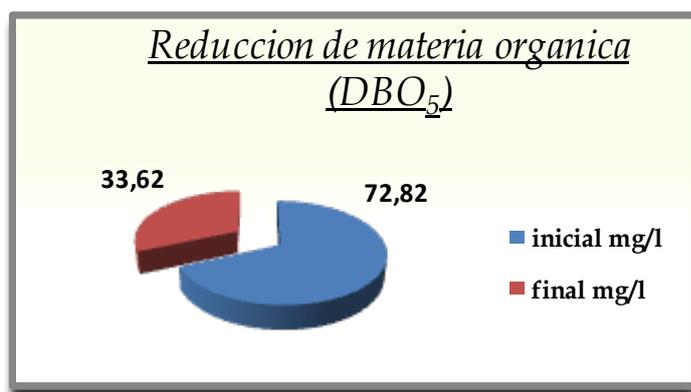


GRÁFICO 1. Reducción de la materia orgánica contenida en el efluente. Se observó una disminución de la DBO₅ equivalente al 54% en 24 horas de tratamiento.

▪ Efluente frigorífico avícola

El agua recolectada del frigorífico si bien no presento gran cantidad de sólidos flotantes ni sedimentables, se observaba un color intenso y presentó un olor fuerte al momento de verterla en el sistema de tratamiento.

Dado que el sistema que se utilizó para el análisis fue un sistema manométrico para la determinación de la Demanda Biológica de Oxígeno, de marca Semedic, el cual determina la cantidad de materia orgánica en función de su transformación a CO₂, no se registraron valores de O₂ disuelto inicial ni final de la muestra.

Se pudo apreciar que a las 24 horas de puesto el efluente en el sistema el olor se redujo considerablemente en el laboratorio donde se encontraba el percolador combinado.

Parámetro: Materia orgánica (DBO₅)

La materia orgánica contenida en el efluente, se determinó mediante la realización de análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅).

La DBO₅ inicial obtenida fue de 279 mg/l y trascurridas las 24 horas de funcionamiento del sistema el valor fue de 166 mg/l, es decir que el sistema redujo la carga orgánica del efluente en un 41,5 % (Ver gráfico 2).

El valor de la DBO₅ final obtenido se no encuentra dentro de los límites de vertido permitido a cuerpos receptores interiores, establecido por el anexo 1 del decreto reglamentario de la ley provincial de prevención y control de la contaminación por parte de las industrias N° 6260, por lo que será necesario que el líquido residual permanezca más horas dentro del sistema.

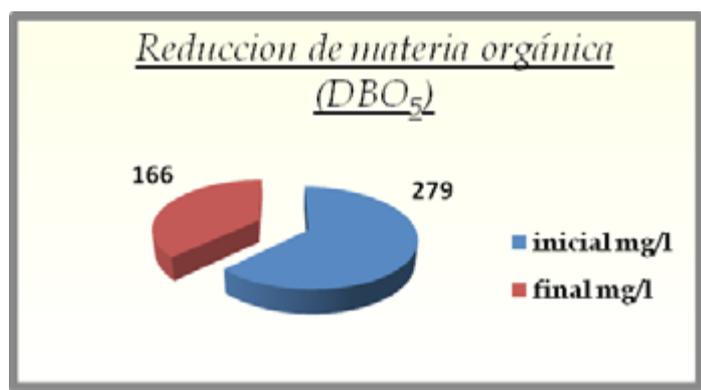


GRAFICO 2. Reducción de la materia orgánica contenida en el efluente. Se observó una disminución de la DBO_5 equivalente al 41.5% en 24 horas de tratamiento.

5. Conclusiones

La utilización de pellets de plástico reciclado, como medio de soporte de microorganismos en sistemas de tratamiento de aguas residuales, es de un uso muy factible, dado que en este medio, la zooglea se desarrolla al cabo de pocos días y se adhiere, debido a la estructura y el tamaño del pellet, firmemente logrando que no se desprenda con facilidad, disminuyéndose los problemas de obstrucción en el sistema.

El relación al efluente de tambo y dado los resultados obtenidos, se infiere que el pellet de plástico reciclado es adecuado para el crecimiento bacteriano y es factible su utilización en lechos percoladores destinados al tratamiento de aguas residuales de la industria lechera. Si bien es necesario un mayor número de determinaciones para poder consolidar los resultados del proyecto y obtener valores comparativos, se destaca en los datos obtenidos hasta el momento la eficiencia del sistema de percolador en referencia al tiempo de residencia hidráulica de tan solo 24 horas y la calidad final del efluente, el cual se encuentra en condiciones de ser vertido a un cuerpo receptor.

Para el efluente avícola es necesario continuar con más determinaciones para establecer el tiempo de residencia hidráulica adecuado para obtener valores inferiores a los límites de vertido exigidos por la ley provincial N° 6260 para cuerpos receptores interiores. Sin embargo en el caso de que el cuerpo receptor de los efluentes resulte alguno de los dos ríos principales (Paraná-Uruguay), el sistema reuniría las condiciones de eficiencia requeridas para ser implementado.

El impacto económico y social de este proyecto, se puede asociar, a su posible utilización en pequeñas industrias que no pueden abordar los costos de un sistema de tratamiento convencional. Además de atribuir un nuevo uso para un material reciclado, lo cual promoverá un incremento en la demanda del producto y la consecuente revalorización del residuo.

El impacto ambiental será positivo y estará directamente asociado a la potencialidad de que pequeñas industrias o emprendimientos mejoren la calidad final de sus efluentes previniendo la contaminación y protegiendo los sistemas ecológicos de los cuerpos receptores y la salud pública, como ejes fundamentales del desarrollo sustentable. También es relevante que parte de los residuos sólidos domiciliarios sean reciclados y utilizados en sistemas de tratamientos de efluentes líquidos.

Bibliografía

- ARUNDEL, J; "Tratamientos de aguas negras y efluentes industriales", Ed. Acibia SA - España. 2000.
- AUTORES VARIOS, módulo "Especialización en Ingeniería Sanitaria: aguas residuales industriales" capítulo N° 4, FUNIBER (Universidad de León) – España 2010.
- ESTUDIO REALIZADO POR CEAMSE conjuntamente con el Inst. de Ingeniería Sanitaria de la U.B.A. en las estaciones de Transferencia de la Ciudad de Buenos Aires 2010.
- KIELLY, G.; "Ingeniería Ambiental, fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión". Ed. McGraw Hill- 1998.
- LAM E., MOLINA F. XIII Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS – Chile- 1999.
- MATERIAL DEL CURSO DE OPERACIONES SANITARIAS UNIVERSIDAD DE SONORA –México.
Publicación on line empresa Balestie & Balestie /cti s.a
- RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ-ALBA, A.; LETÓN GARCÍA, P.; ROSAL GARCÍA, R.; DORADO VALIÑO, M.; VILLAR FERNÁNDEZ, S; M. SANZ GARCÍA, J; "Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales", 2006. Disponible en: http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2_Tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf.
- ROMERO ROJAS, J.; "Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización" 3° Ed. Alfaomega. 2005.
- ROZANO E.; DAPENA J L; "Tratamiento biológico de las aguas residuales- Díaz de Santos"- 2002.

Bibliografía complementaria

- COLEGIO DE INGENIEROS CAMINOS Y PUERTOS. "Depuración de agua residuales en pequeñas comunidades". España 1992.
- DÍAS Lázaro; CARRASCO "Depuración de Aguas Residuales". Centro de Publicaciones- Ministerio de Obras Públicas y Transporte, España.1993.
- ESPIGARES GARCÍA, M. y Pérez López J.A.; "Estudio sanitario del agua", Universidad de Granada. Granada España 1995.
- HELLER, L.; "Saneamiento y salud". O.P.S./O.M.S 1997.
- HENRRY - HEINKE " Ingeniería Ambiental " 2da Edición. Ed Prentice Hall Hispano Americano .1995.
- KEMMER F.; MC. CALLION J. " Nalco Manual del Agua, su naturaleza tratamiento y aplicaciones" 2° Ed. Mc Graw Hill. 1989.
- METCALF & EDDY , Inc "Ingeniería de las Aguas Residuales" Tercera edición, Vol I Ed. Mc Graw-Hill
- REVISTA " INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL". Números Varios A.I.D.I.S. Argentina.
- SABINO, C. "El Proceso de Investigación" Lumen - Humanitas. Bs As. 1996
- SAMAJA, J. "Epistemología y Metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica" Tercera edición. EUDEBA S.E.M. 1993
- SEOANEZ CALVO: "Aguas residuales urbanas- tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento". Ed. Mundi-Prensa 1999.
- SILVA, W.; "Curso de Ingeniería Sanitaria". clase I, II, III y IV. Facultad de Bioingeniería. U.N.E.R. 1997.
- "TRATAMIENTO DE LAS AGUAS Y LÍQUIDOS CLOACALES." libro II, O.S.N, Bs. As. 1978

PID 10056 Denominación del Proyecto

Pellets de plásticos reciclados: su utilización como medio de soporte bacteriano en lechos percoladores para tratamiento de aguas residuales industriales

Director

NOIR, Jorge

Codirector

AZARIO, Ricardo

Unidad de ejecución

Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER)

Dependencia

Facultad de Ciencias de la Salud

Cátedra, área o disciplina científica

Ambiente

Instituciones intervinientes públicas o privadas.**Convenios o acuerdos debidamente acreditados:**

Secretaría de Ambiente. Gobierno de Entre Ríos

Contacto

noirjorge@hotmail.com

Integrantes del proyecto

COUSIDO, Carlos J.; ROCA SALLEFRANQUE, Claudia; ORCELLET, Emiliana E.

Becarios

HEIT, Daiana (INICIACIÓN EN INVESTIGACIÓN) - RUHL, Gustavo (BECA CIN)

Fechas de iniciación y finalización efectivas

14/06/2012 y 01/09/2014

Aprobación del Informe Final por Resolución CS N° 108/16 (02/05/2016)

«« Volver al inicio