

Remoción de materia orgánica por pantanos secos en un efluente recalcitrante

María Daniela Tenev^a, Alejandro Farías^a, Enrique Utgés^a, Elsa Hervot^a, Enid Utgés^a, Zaira Mlot^b

^a Grupo de Investigación Sobre Temas Ambientales y Químicos - Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Resistencia. French 414 – Resistencia – Chaco – Argentina. CP 3500.

^b Indunor Sociedad Anónima. La Escondida. Chaco. CP 3514.

e-mail: gistaq@gmail.com

RESUMEN

La fabricación de furfural a partir del procesamiento de aserrín de quebracho colorado, genera en la primera etapa de destilación un efluente líquido denominado “aguas madres”, con altos niveles de materia orgánica (principalmente ácido acético) y bajos valores de pH. El proceso de remoción de contaminantes de dicho efluente es complejo debido a la característica recalcitrante de algunos de ellos y no está estandarizado. El efluente en cuestión es actualmente tratado por medio de un sistema de pantanos secos, tecnología patentada. El método es totalmente natural y utiliza la capacidad depuradora de las plantas. El efluente se deposita inicialmente en dos grandes piletones, donde sedimentan los sólidos y se enriquece adicionando desechos cloacales de la fábrica y del pueblo aledaño. El objetivo de este trabajo es determinar en función de parámetros como DQO, DBO5 y recuento de coliformes totales y fecales, la remoción de materia orgánica realizada por la planta de tratamiento y la posibilidad de cumplir con los valores de vuelco para los parámetros analizados. Se tomaron muestras de cada parte del sistema y se las analizó en base a Métodos Normalizados. Los resultados muestran una importante disminución de materia orgánica con una remoción de más del 99.0 % de DBO5 y el 99.4% de DQO. Los recuentos de coliformes fueron de 484 NMP/100 ml en promedio. Se concluye que a pesar de las características complejas del efluente, el tratamiento por pantano seco logra valores de DBO5 y coliformes inferiores a los requeridos para su vuelco a un cuerpo receptor.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas ambientales más complejos que se presenta en la actualidad, tanto a nivel local, como también nacional e internacional, es la cantidad de desechos industriales que, sin un adecuado tratamiento, se vierten al ambiente, como en el caso del vuelco de efluentes líquidos a cursos de agua.

En la planta fabril de La Escondida, la firma Indunor S. A. obtiene furfural a partir del aserrín de quebracho colorado, después de la extracción del tanino (aserrín detanizado). La extracción se realiza, previo agregado de un catalizador, con vapor a alta presión y temperatura. El vapor de agua conteniendo furfural y otras sustancias se condensa y posteriormente se destila. El efluente a tratar es la cola de la primera etapa de destilación denominada “aguas madres”. Tiene un pH bajo y contiene altos niveles de materia orgánica aportada por algunos ácidos carboxílicos, de los cuales el ácido acético es el constituyente principal, con una proporción entre el 1 y el 5% en peso y también algo de furfural, en concentración de hasta 600 ppm. Estos porcentajes dependen del buen funcionamiento de la primera columna de destilación (hay otras dos columnas). En las columnas de buena calidad, el furfural residual tiene concentraciones menores a 50 ppm (Wirtz y Dague, 1993).

La cantidad de ácido acético generado es demasiado baja como para justificar una planta de recuperación, por lo que debe tratarse adecuadamente el efluente.

El proceso de remoción de contaminantes del mismo es complejo, debido a la característica recalcitrante de algunos de ellos y no está estandarizado. La presencia de furfural en el efluente complica la remoción biológica ya que dicho compuesto ataca las membranas celulares e interfiere con el metabolismo intracelular (Hong et al., 2014). Sólo se conocen unas pocas transformaciones microbianas del furfural. *Saccharomyces spp.* lo reduce a alcohol furfurílico (ésta sería la fuente de carbono que usan). Existen algunas bacterias aerobias que pueden transformar y degradar el furfural, sin embargo ha sido más estudiada la degradación en condiciones anaeróbicas (Boopathy, 2009).

El volumen diario de efluente generado en la planta es de alrededor de 360 m³. Durante muchos años la planta de tratamiento consistía en una serie de grandes lagunas llamadas evaporativas, que se fueron

colmatando con el tiempo, llegando a un límite de capacidad de depuración. Durante el año 2012 se construyó una nueva planta de tratamiento (**Figuras N°1 y 2**) y se trata actualmente por pantanos secos artificiales[®], New England Waste Systems S.A., tecnología patentada (Puyal, 2010).



Figura N° 1: Instalación de uno de los pantanos



Figura N° 2: Crecimiento de las gramíneas

El método es totalmente natural y utiliza la capacidad depuradora de las plantas. El efluente se acumula en dos grandes piletones con fondo de suelo arcilloso. Allí se enriquece adicionando desechos cloacales de la fábrica y del pueblo aledaño y sedimentan los sólidos. Desde estos sedimentadores el efluente se alimenta por gravedad a cuatro lechos denominados de lijado que trabajan en paralelo. Estos lechos, excavados en el terreno arcilloso, están rellenos con arena con un espesor aproximado de 1 metro. El efluente ingresa por una red de caños con agujeros, enterrados a unos 10 cm debajo de la superficie irrigando las plantas sembradas. Los pantanos secos no poseen espejo de agua y de ahí proviene su nombre. De esta manera se previene la aparición de insectos. La arena húmeda sirve como medio de colonización de los microorganismos, mientras que las raíces de las plantas los proveen de oxígeno produciendo la biotransformación de la materia orgánica.

Luego de atravesar la arena el líquido sale por la parte inferior a través de otra red de caños perforados hasta una cámara de inspección y registro. Aquí puede ajustarse el nivel de líquido en cada lecho, elevándolo o bajándolo, según sea necesario. A la salida de los lechos de lijado, el efluente, desde las cámaras, ingresa a los cuatro lechos de pulido. Estos funcionan en paralelo y de la misma manera que los anteriores, estando a un nivel más bajo lo que permite el pasaje de los líquidos por gravedad. Luego de esta última etapa de tratamiento el efluente depurado, se bombea por cañerías a una pileta denominada “de peces” como depósito final, para, en principio, ser reutilizado en el proceso productivo.

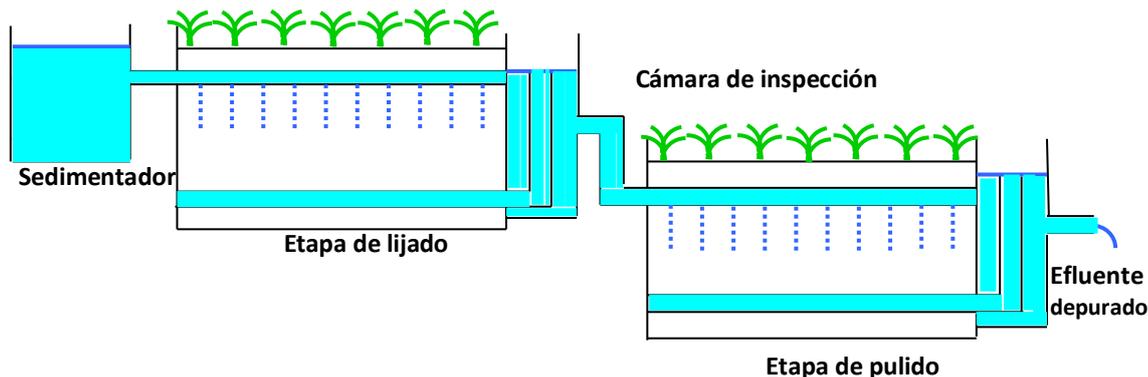


Figura N° 3. Esquema de tratamiento por pantanos secos.

El objetivo de este trabajo es determinar, en función de parámetros como DQO, DBO₅ y recuento de coliformes totales y fecales, la remoción de materia orgánica realizada por la planta de tratamiento. Además, constatar si los parámetros analizados cumplen con los valores de vuelco que establece la Ley N° 3230 “Código de Aguas de la Provincia del Chaco” y su reglamentación, para, eventualmente, efectuar su descarga a un cuerpo receptor.

MATERIALES Y MÉTODOS

En los tres testeos realizados hasta ahora – mayo, septiembre y noviembre de 2013, meses en que la planta estaba funcionando normalmente – se tomaron muestras de aguas madres provenientes de la primera columna de destilación y de cada parte del sistema que consta de: 2 piletas sedimentadoras que trabajan en paralelo alimentando a los 4 lechos de lijado y éstos a los 4 lechos de pulido y la pileta de peces, contabilizando 11 muestras en total (**Figura N° 4**). Las muestras fueron tomadas de las cámaras de inspección correspondientes a la salida de cada etapa (**Figura N° 6**). Se utilizaron botellas tipo PET de 1,5 litros para la realización de análisis fisicoquímicos y recipientes estériles para los microbiológicos. Las muestras se remitieron inmediatamente al laboratorio, donde se mantuvieron refrigeradas hasta el análisis de DBO₅ y recuento de bacterias coliformes totales y fecales (lo cual se realizó antes de las 24 hs de tomadas las mismas). Una porción fue conservada en medio ácido (pH<2) para el posterior análisis de DQO.

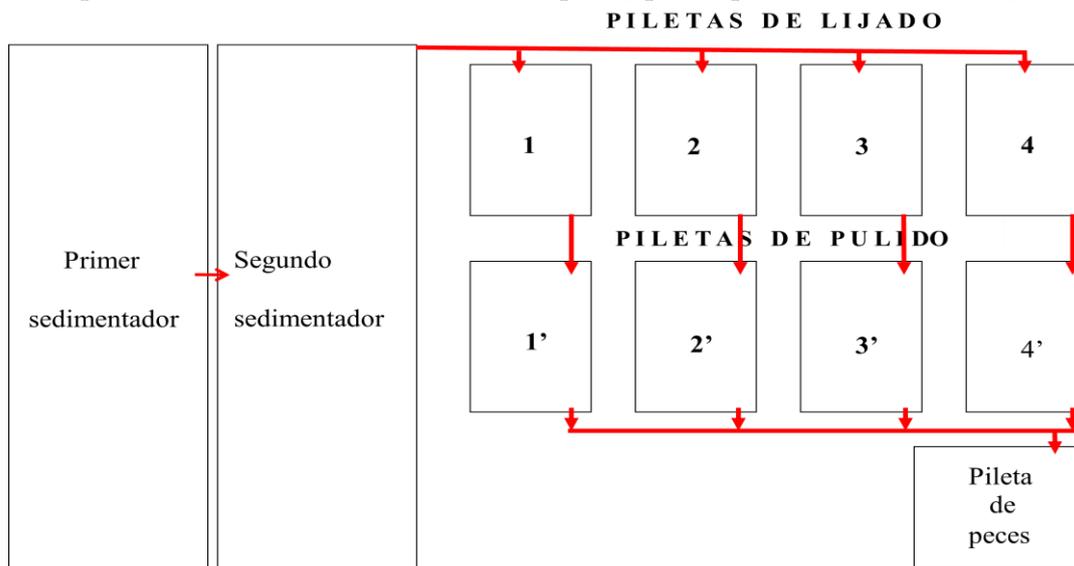


Figura N° 4: Esquema de la instalación.

Para la determinación de la DBO se siguió el método de ensayo 5210 B (Prueba DBO de 5 días), para la determinación de la DQO se siguió el método de ensayo 5220 D (Método Colorimétrico), el análisis de coliformes se realizó según el método 9221 B, todos según AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF), Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 21st Edition. (2005). Para la medición el pH, se utilizó un peachímetro HANNA (Romania).



Figura N° 5. Uno de los sedimentadores



Figura N° 6. Muestreo salida lecho de lijado

En este trabajo se evaluaron cuatro puntos fundamentales del proceso (Figura N° 4), para valorar la remoción obtenida por el tratamiento. Estos son: muestra bruta de entrada al proceso (aguas madres), entrada

a los lechos de lijado (parte media del tratamiento), salida de lechos de lijado, salida de lechos de pulido y pileta de peces.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos obtenidos se cargaron en planillas de cálculos. En Tabla 1 se muestran los promedios de los valores obtenidos para los distintos analitos de las muestras.

En concordancia con Wirtz y Dague (1993), los valores de materia orgánica del efluente bruto, medidos a partir de DBO₅ y DQO son sumamente elevados y el pH bajo. Respecto a la carga microbiana, el efluente resulta ser estéril, no produciendo recuento alguno para bacterias coliformes ni para mesófilas. Esto resulta coherente con el tipo de efluente que posee un pH= 2,81 (Tabla1) y se extrae de la columna de destilación a una temperatura cercana a los 100°C.

La relación DBO₅/DQO es importante para evaluar la biodegradabilidad de un efluente, es decir, posibilidad de que los contaminantes contenidos en el efluente puedan ser removidos por un tratamiento con microorganismos. La relación encontrada es de 0,6 (Felissia F. et al., 2010) y un valor superior a 0,4 indicaría la posibilidad de una completa biodegradación.

Se observa un aumento de los valores de pH y la disminución de los valores de DQO y DBO₅ durante el proceso de tratamiento.

La mayor remoción de materia orgánica se verifica antes de la entrada al lijado, lo que indica que las piletas de sedimentación actúan como lagunas de estabilización realizando un pretratamiento. A esto se suma la dilución, que por adición de agua de laguna, se produce en las mismas. Allí también se observan altos valores de recuentos de bacterias coliformes. Estos resultados están en coincidencia con el aporte de líquidos cloacales en la primera parte del proceso. En los sedimentadores ingresan diariamente alrededor de 400m³ del efluente, incluidos los 20 m³ de efluentes cloacales de fábrica y la descarga de un camión atmosférico semanal con líquidos cloacales del pueblo aledaño. Además se efectúa un retorno de líquido de la pileta de peces cuando es necesario mantener el nivel.

El estudio de suelos fue realizado por la empresa contratista, New England Waste Systems S.A. y, según su informe, el nivel freático está por debajo del de excavación de 1,5 m requerido para la construcción de las piletas de sedimentación. Esta afirmación fue corroborada mediante pozos de control a 3 metros de profundidad sin observarse en ellos, durante todo un día, la presencia de agua. (Figura 7)

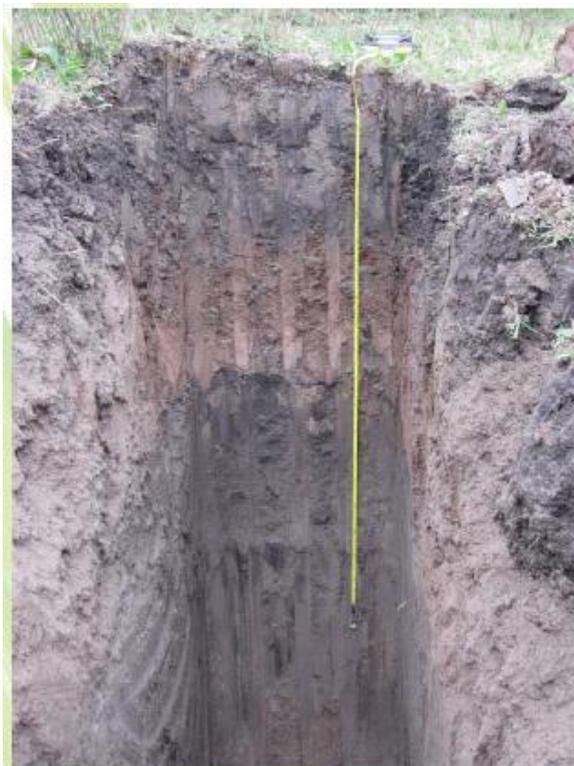


Figura N° 7. Pozo de control.

TABLA 1: Promedios de determinaciones de análisis en muestra bruta (aguas madres), mitad del proceso (entrada lijado) y salida tratamiento (pileta de peces)

Muestra	DBO ₅	DQO	Coliformes totales	Coliformes fecales	pH
Aguas Madres	14079	28451	< 3	Ausencia	2,81
Entrada Lijado	487	301	3899	2865	7,63
Pileta de Peces	7	165	484	40	7,75

En la segunda etapa del proceso de tratamiento (lechos de lijado y pulido) se observa una nueva remoción de materia orgánica (98,5% de lo ingresado en los mismos), llegando a obtenerse valores menores a 10 mg/L de DBO₅ en el agua tratada (pileta de peces). Allí también se elimina el 87,6 % de bacterias coliformes totales y el 98,6 % de las coliformes fecales. Sin embargo, sólo se logra eliminar el 45,2% de DQO, lo que puede deberse a algunos compuestos químicos reductores que no pueden ser quitados.

En lo que respecta al pH, se observa una neutralización en la primera etapa, no habiendo cambios significativos en el resto del tratamiento.

CONCLUSIONES

El efluente tiene características complejas, con presencia de materia orgánica moderadamente degradable. Para lograr la remoción completa de los contaminantes, podría ser necesario otro tratamiento, además del biológico. A pesar de esto, la remoción por pantanos secos logra valores de DBO₅ y coliformes menores a los requeridos para vuelco según lo estipulado por la Ley N° 3230 “Código de Aguas de la Provincia del Chaco”. Las piletas de sedimentación al inicio del tratamiento juegan un rol fundamental, ya sea por la dilución que se produce en ellas, por el efecto de pretratamiento que efectúan sobre el efluente o por ambas causas. Esto hace que resulte importante el seguimiento del tratamiento, ya que a futuro pueden, por variar la dilución, existir cambios en las piletas de sedimentación que produzcan el ingreso del efluente con valores de materia orgánica mayores que los actuales a los lechos de tratamiento.

Se está construyendo un reactor de lecho fluidizado anaerobio-aerobio, a escala piloto, en el que se efectuarán, entre otros, ensayos de remoción de la DQO remanente.

REFERENCIAS

- 1) AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). (2005). Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 21St Edition. (2005). Centennial Edition.
- 2) BOOPATHY R. (2009). Anaerobic biotransformation of furfural to furfuryl alcohol by a methanogenic archaeobacterium. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 63, 1070-1072.
- 3) HONG R., JIAN Z., QIUQIANG G., ZHANGLIN L., JIE B. (2014). Analysis of biodegradation performance of furfural and 5-hydroxymethylfurfural by *Amorphotheca resinae* ZN1. *Biotechnology for Biofuels*, 7:51.
- 4) FELISSIA F., BARBOZA O., BENGOCHEA D., AREA M (2010). Reducción de la DQO recalcitrante de efluentes de pulpados semiquímicos mediante precipitación química. *Revista de Ciencia y Tecnología* versión online ISSN 1851-7587. N° 13. Posadas.
- 5) PUYAL P. (2010). Informe para Indunor S.A. “Diseño preliminar para el tratamiento de efluente de alta carga generado por actividad del procesamiento de tanino vegetal a partir del quebracho. New England Systems S.A. Disponible en <http://indunor.blogspot.com.ar>
- 6) WIRTZ R.A., DAGUE R.R. (1993). Anaerobic treatment of a furfural-production wastewater. *Waste Management*, 13, 4, 309-315.