



**Universidad de Concepción**  
**Escuela de Graduados**



**INFLUENCIA DE LA TECNOLOGIA DE TRATAMIENTO  
EN LA ELIMINACION DE FITOESTEROLES CONTENIDOS  
EN EFLUENTES DE CELULOSA KRAFT  
Y EN LA TOXICIDAD DE ESTOS COMPUESTOS  
EN ORGANISMOS ACUATICOS**



**Tesis para optar al grado de  
Doctor en Ciencias Ambientales**

**Claudia Regina Xavier**

Concepción, 2006

## RESUMEN

En la Cuenca del río Biobío - Chile se encuentran 3 industrias de celulosa kraft blanqueada (ICKB), las cuales producen cerca de 1.230.000 ton/año. El consumo de agua por estas industrias es en promedio 60 m<sup>3</sup>/ton de celulosa producida. El efluente generado por estas ICKB posee materia orgánica, color y toxicidad. Además contiene fitoesteroles, que son compuestos que pertenecen a la fracción de los extractivos de la madera liberados durante el proceso de pulpaje. Estos compuestos pueden alterar la reproducción, desarrollo y crecimiento (disrupción endocrina) de organismos acuáticos expuestos a efluentes de ICKB descargados al cuerpo de agua receptor. Para mitigar el impacto generado por la descarga de fitoesteroles de las tres plantas que puede alcanzar hasta 18 kg/d, se emplean tecnologías de tratamiento biológico a los efluentes de ICKB. Sin embargo, en estudios realizados por otros autores, se ha encontrado que en efluentes tratados por vía aeróbica, las concentraciones de fitoesteroles en estas descargas se encuentran entre 0,003- 1,056 mg/L; mientras que las concentraciones de estos compuestos capaces de producir disrupción endocrina varía entre 0,008- 1,200 mg/L. Por lo tanto, un estudio detallado de la eliminación de fitoesteroles ( $\beta$ -sitoesterol y estigmasterol) contenidos en efluentes de ICKB a través de tecnologías aeróbicas de Lodos activados (AS) y Laguna aireada (AL), permitirá encontrar condiciones de operación óptimas en los sistemas de tratamiento, para producir el máximo de eliminación de estos compuestos y evitar así, efectos tóxicos asociados a la descarga de los efluentes tratados.

La hipótesis de este trabajo es que la tecnología de tratamiento de lodos activados promueve una mayor eliminación de los fitoesteroles y toxicidad en un efluente de celulosa kraft que una laguna aireada, bajo las mismas condiciones de operación.

Para verificar esta hipótesis se consideró como objetivo general el evaluar la influencia de tecnologías aeróbicas de tratamiento de AS y de AL, en la eliminación de fitoesteroles y de toxicidad presentes en efluente de ICKB.

Un reactor de AS y un sistema de AL fueron operados durante 260 días. La estrategia de operación consistió en aumentar la velocidad de carga orgánica (VCO) de 0,2 hasta 9,0 gDQO/L·d, y la velocidad de carga de fitoesteroles (VCF) desde 0,17 hasta 31,07 mg/L·d.

Además de los fitoesteroles, se midió y controló la eficiencia de remoción de la materia orgánica (DQO, DBO<sub>5</sub>), compuestos específicos (compuestos aromáticos, lignínicos y ácido lignosulfónicos), color, toxicidad en daphnidos, y genotoxicidad en *Bacillus subtilis*.

Se determinaron las fracciones de fitoesteroles biotransformados, solubles y adsorbidos a la biomasa de los reactores aeróbicos. La actividad de la biomasa fue evaluada para verificar la presencia de efectos inhibitorios/activadores de los fitoesteroles sobre la misma. Así como, las constantes de afinidad (K<sub>s</sub>) y de inhibición (K<sub>i</sub>) fueron calculadas a partir del modelo de Andrews.

La remoción de fitoesteroles en sistemas de AS y AL operando con VCO de 9,0 gDQO/L·d y TRH de 3 horas fue de 70,3 y 66,5 % respectivamente. La toxicidad aguda y crónica fueron removidas completamente en AS; mientras que no hubo remoción de toxicidad aguda (CL<sub>50</sub> 48h= 88,22 %), ni tampoco de la toxicidad crónica de reproducción y crecimiento (LOEC= 20 %) en la AL. El efecto genotóxico aumentó en un 6 % en el efluente del reactor de AS y 16 % en el efluente de la AL.

Los resultados indican que cuando los sistemas de AS y AL son operados bajo las mismas condiciones, el tratamiento por AS promueve una mayor remoción de los fitoesteroles y de toxicidad en un efluente de ICKB. El desempeño de las lagunas aireadas puede ser mejorado, por la mantención de un tiempo de retención hidráulico (TRH) entre 20 y 48 h, para lograr

niveles de remoción de estos parámetros comparables a los de lodos activados con TRH de 3 h. Por lo tanto, se recomienda el uso de estas tecnologías, previo a optimización de los parámetros de operación para disminuir las descargas de compuestos con actividad endocrina.

**Palabras claves:** Efluentes de celulosa kraft, fitoesteroles, toxicidad, tratamiento aeróbico.

