



Universidad de Concepción  
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas



Caracterización físico química y evaluación de la actividad  
estrogénica, antiestrogénica y “*dioxin-like*” de efluentes de  
celulosa Kraft de procesos productivos que utilizan como materia  
prima pino y eucalipto



Seminario de Título presentado a la  
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas  
Para optar al título de Biólogo con Mención en Bases y Gestión del Medio Ambiente

Elizabeth De Jesús Monsálvez Macaya

Concepción, Marzo 2009

## RESUMEN

En las últimas dos décadas se han observado anomalías en el sistema endocrino de organismos acuáticos expuestos a efluentes de la industria de celulosa Kraft. Se postula que este efectos se debe a la presencia en estos efluentes de compuestos disruptores endocrinos (CDEs), capaces de interactuar con los receptores nucleares responsables de la regulación hormonal como el de estrógenos y de hidrocarburos de arilo. Estos compuestos provienen de los extractivos de la madera, son liberados en la etapa de digestión del proceso productivo de la celulosa, y no son totalmente degradados por los tratamientos de depuración empleados por dicha industria. La persistencia de estos compuestos en los efluentes finales está íntimamente relacionada con sus propiedades físico-químicas, especialmente su baja solubilidad en agua y su elevado coeficiente octanol-agua ( $K_{ow} > 9$ ), entre otros factores.

El objetivo de este estudio fue evaluar, mediante bioensayos basados en levaduras modificadas genéticamente, los potenciales biológicos (actividad estrogénica, antiestrogénica y “*dioxin-like*”) presentes en las fracciones de compuestos extraíbles de tres efluentes secundarios de celulosa Kraft. Estos efluentes provienen de procesos productivos que utilizan distintas materias primas (pino, eucalipto y mezcla de ambas denominado mixto). Se obtuvieron 3 fracciones de cada efluente en estudio (metanol, hexano y acetato de etilo), por medio del método de extracción en fase sólida (SPE), las cuales fueron analizadas mediante los bioensayos YCM (actividad “*dioxin-like*”) y ER (actividad estrogénica) del “Recombinant Yeast Assay” (RYA), según lo establecido en el protocolo de Noguero et al. (2006). Para diferenciar entre efectos de inhibición (actividad antiestrogénica) y de toxicidad, las fracciones fueron analizadas mediante los bioensayos GalGus-RYA, basado en el receptor de galactosa (toxicidad general), y el bioensayo de “competición con estradiol o de antiestrogenicidad”, basado en el receptor ER (inhibición), ambos según lo establecido en el protocolo de García-Reyero et al. (2004).

Los resultados mostraron que las fracciones obtenidas a partir de los distintos efluentes de la industria de celulosa Kraft en estudio mostraron tres tipos de actividad biológica. En primer lugar, se observó actividad “*dioxin-like*” en los 3 efluentes, aunque sólo en las fracciones extraídas con metanol y la fracción hexano obtenida del efluente mixto. El valor más alto se detectó en la fracción de metanol obtenida a partir del efluente de eucalipto (753,80 ng/L de EEQ BNF), en comparación con la fracción hexano obtenida del efluente mixto (14,60 ng/L de EEQ BNF). En segundo lugar, se detectó actividad estrogénica en las fracciones extraídas con los solventes de metanol y hexano para cada uno de los 3 efluentes en estudio, destacando como valores más altos los obtenidos para las fracciones de metanol de los efluentes eucalipto, pino y mixto con valores de EEQ E2 correspondientes a 0,67, 0,68 y 0,63 ng/L, respectivamente, en comparación con las fracciones de hexano, cuyos valores fueron de 0,19 y 0,28 ng/L para los efluentes de pino y mixto, respectivamente, destacando a la fracción hexano obtenida del efluente de eucalipto cuyo valor fue el más bajo, 0,032 ng/L. En tercer lugar, todos los extractos analizados, excepto las fracciones hexano y filtro del efluente de pino, poseen un potencial antiestrogénico, principalmente en la fracción eucalipto metanol. En cambio, el análisis de toxicidad general dio valores muy bajos para todos los extractos, siendo las fracciones de hexano y acetato del efluente de pino las que presentan unos valores más altos, 76,1% y 66,53%, en las diluciones 1:10 y 1:20, respectivamente. De esos datos se deduce que las fracciones eucalipto metanol, eucalipto hexano, mixto metanol, mixto hexano y pino metanol presentan compuestos agonistas parciales para el receptor de estrógenos, simultáneamente a una actividad “*dioxin-like*” y una actividad estrogénica.