



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMAS DE POSTGRADO
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



*“Estudio del equilibrio de extracción hidrofílico de la corteza de *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus*”*

Tesis presentada a la

DIRECCIÓN DE POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

para optar al *Grado de Magíster en Cs. de la Ing. c/m en Ingeniería Química*

Dr. Romel Jiménez Concepción, Director del Programa de Graduados en Ciencias de la Ingeniería, con mención en Ingeniería Química, saluda atentamente y tiene el agrado de invitarle al Examen de Grado de la Srta. **María Soledad Parada Arroyo**, que se efectuará en el Auditorio Prof. Hugo Segura Gómez, 2do piso, Edificio Gustavo Pizarro Castro, el día martes 19 de diciembre de 2017 a las 15.00 hrs.

Profesor Guía:

Katherina Fernández E., Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción.

Profesor Comisión Interna:

Miguel Pereira S., Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción.

Profesor Comisión Externa:

William Gacitúa E., Departamento de Ingeniería en Maderas, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bío Bío.

Concepción, 13 de Diciembre de 2017.

RESUMEN

Las especies de eucaliptos conforman la principal fuente de madera para la producción de pulpa y papel a nivel mundial. Sin embargo, su uso lleva consigo la producción de altas cantidades de corteza como residuo, la cual es normalmente quemada para la producción de energía, proceso de baja eficiencia. Especies de eucaliptos han demostrado poseer polifenoles con actividad antioxidante comprobada, sin embargo, la obtención de estos compuestos activos implica un estudio de aspectos básicos del proceso extractivo, lo que incluye un estudio fenomenológico, en donde coexisten tanto una parte cinética como una termodinámica.

En este trabajo se llevó a cabo el estudio del proceso de adsorción de fenoles sobre corteza de *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus* para, en específico, obtener información sobre las interacciones soluto/sólido del sistema compuestos fenólicos/corteza (expresadas como isothermas de adsorción), las cuales, corresponden a un equilibrio de adsorción/desorción en la superficie de la matriz sólida vegetal.

Se produjo corteza molida de ambas especies de eucaliptos, cuyo proceso extractivo fue optimizado mediante un diseño experimental Box-Benhken, el cual permitió estudiar el efecto de las variables: razón sólido/líquido, temperatura y concentración de metanol/agua como solvente, en las respuestas rendimiento de extracción, cantidad de fenoles y capacidad antioxidante. Se realizó una caracterización morfológica del polvillo de corteza utilizado pre y post-extracción de fenoles, mediante visualización por microscopía electrónica de barrido (SEM), y una caracterización física mediante adsorción BET de N₂ a 77 K. Finalmente, las interacciones soluto/sólido de los sistemas fenoles/corteza de *E. nitens* y *E. globulus* fueron dilucidadas, mediante la multiextracción previa de los compuestos fenólicos a partir de las cortezas de eucaliptos, y el posterior contacto del sólido obtenido “totalmente” extraído con soluciones a diferentes concentraciones de compuestos fenólicos, a 3 temperaturas distintas. Las isothermas obtenidas fueron modeladas mediante regresión lineal y no lineal, permitiendo, posteriormente, modelar las extracciones multietapa de compuestos fenólicos desde partículas de corteza de ambas especies de eucaliptos. Adicionalmente, los parámetros termodinámicos asociados al proceso adsorptivo fueron calculados.

Los resultados mostraron que valores de razón sólido/líquido de 1/60 g/mL, %metanol/agua de 46.8% (v/v) y una temperatura de 51.7°C maximizaron las respuestas para la especie *E. globulus*. Para la especie *E. nitens*, las condiciones óptimas resultaron ser 1/60 g/mL, 53.0% (v/v) y 51.4°C. Por otro lado, las respuestas fenoles totales y capacidad antioxidante se correlacionaron linealmente. La caracterización de la corteza molida mostró una superficie porosa y cambios superficiales evidentes al someterla al

proceso extractivo. Las áreas BET de ambas especies resultaron similares y cercanas a 55 m²/g. Las isothermas obtenidas para ambas especies presentaron una tendencia semi-lineal (representada por el modelo de Freundlich) y exotérmica. La validación del modelo de isoterma presentó resultados concordantes con los datos experimentales obtenidos, mediante una multiextracción de 5 etapas para ambas especies de eucaliptos. El cálculo de los parámetros termodinámicos ΔH° , ΔG° y ΔS° indicó la existencia de un proceso exotérmico y espontáneo con un movimiento restringido de las moléculas de adsorbato durante la adsorción. Adicionalmente, los bajos valores de ΔG° y de la energía libre de adsorción, E, indicaron una adsorción de tipo física para ambos tipos de eucaliptos.

En conclusión, ambas especies de eucaliptos presentaron una relación basada en el modelo de Freundlich de las concentraciones de fenoles en el equilibrio, indicando un tipo de modelación simple, el cual puede ser utilizado para estudios globales del proceso extractivo a gran escala para la modelación de multiextracciones de fenoles. Por otro lado, la corteza puede seguir siendo utilizada en su uso habitual para la generación de energía, posterior al proceso de extracción, y además, los altos valores de área superficial indican que puede ser utilizada también, como un posible biosorbente para la adsorción de, por ejemplo, contaminantes desde efluentes industriales.