

**RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL EN BIOTECNOLOGÍA E INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL,
UNIVERSIDAD DE CHILE
POR: ROBERTO SOTOMAYOR ARAVENA.
FECHA: 17/03/2010
PROF. GUÍA: SRA. MARÍA ELENA LIENQUEO.**

Estudio exploratorio de producción de bioetanol y de coproductos de biorefinería a partir de residuos de eucalipto.

El presente documento reporta el resultado del estudio técnico-económico, a nivel exploratorio, del diseño de una biorefinería para producir bioetanol y los siguientes coproductos: furfural, lignina glioxalada y residuos de levadura. Estos coproductos fueron introducidos en el proceso a evaluar, para ver si la producción de bioetanol, junto a la generación de otros productos, es sustentable económicamente.

Las constantes variaciones en el precio del petróleo, lo altos niveles de CO₂ que contribuyen a la crisis ambiental y el agotamiento inevitable de los recursos fósiles en el futuro, han impulsado la búsqueda de nuevas fuentes que permitan diversificar la matriz energética en Chile. Es así como surge la idea de estudiar el potencial uso del bioetanol, que es un biocombustible que tiene la capacidad de sustituir la gasolina tradicional. La ley en Chile permitirá una mezcla E5 de combustible que estará libre de impuestos, que significa 5% de bioetanol y 95% de gasolina tradicional.

En este trabajo se seleccionó como materia prima el residuo de eucalipto por su potencial y versatilidad de adaptación al suelo chileno. Además, se determinó la región favorable para la instalación de la biorefinería, la cual estará ubicada en la comuna de Angol en la IX Región del país.

La planta podría procesar anualmente 420 mil toneladas de residuos de eucalipto, con la cual se podría producir cerca de 80 mil m³ de bioetanol, que representa un 48% de la demanda estimada para el 2010 en Chile suponiendo un combustible E5. Además el balance de masa muestra que se producen 51 mil toneladas de furfural, 570 mil de lignina glioxalada, 78 mil de residuo de levadura y 85 mil de CO₂. El diseño conceptual de la biorefinería se efectuó usando como pretratamiento la explosión a vapor por poseer mejores rendimientos industrialmente, superiores al 80%. Para la detoxificación se ocupa hidróxido de calcio, compuesto que logra la precipitación de inhibidores normalmente producidos en el pretratamiento. Para la fermentación se escogió el método de sacarificación y fermentación simultánea ocupando la cepa industrial de *Saccharomyces cerevisiae* Red Star. Para la sacarificación se ocupa kit de celulasa comercial. El proceso tiene un rendimiento de 200 lt de bioetanol por tonelada de materia prima que se obtiene a 80 horas de fermentación y a una temperatura de 37 ° C. Para esta etapa se ocuparán 24 fermentadores (reactores batch) de 200 m³ cada uno. Para la destilación del bioetanol se ocupa 2 torres de destilación de 39 platos cada una, en donde en la primera se elimina la mayor cantidad de CO₂, y en la segunda se retira agua obteniendo bioetanol al 95,4%.

Del estudio técnico-económico resultó una inversión inicial de US\$140 MM. El proyecto fue evaluado en un plazo de 20 años, con una tasa de descuento del 15% y bajo dos modos de financiamiento. El primer modo de financiamiento en donde la inversión es hecha en un 100% por interesados, mostró que el precio del bioetanol al que se debe vender para obtener un VAN igual a cero, es de 1.255 US\$/m³, precio que es mayor al que se estima que se venderá el bioetanol en Chile (1.150 US\$/m³), por ende este modelo no tendría ganancias. El otro modelo evaluado consistió en un financiamiento hecho con un 40% por préstamo bancario. En este modelo se obtuvo un precio del bioetanol igual a 1.055 US\$/m³ para obtener un VAN igual a cero, una TIR del 15% y un periodo de recuperación de capital de 7 años. Este precio se considera poco rentable ya que es ligeramente menor al precio al cual se vendería el bioetanol en Chile (1.150 US\$/m³), con lo que el VAN no sería superior a US\$36 MM con una TIR del 20%.

El modelo de biorefinería presentado parece no tener atractivos económicos para los inversionistas, pero bajo condiciones distintas como un alza importante en el precio del petróleo, una baja en el precio de las enzimas, pueden ser cruciales para obtener beneficios económicos importantes. Finalmente se recomienda profundizar la elección de los coproductos y de las tecnologías involucradas en el proceso con el fin de poder encontrar una configuración económica interesante.