

Proyecto Industrial 2021, UdelaR

# Producción de Ácido Levulínico

A partir de residuos lignocelulósicos



**Autores:** Matías Benítez - 4968622-7  
Ana Borghini - 4267010-4  
Florencia Maguna - 4844082-8  
Noelia Morosoles - 4687193-0  
María Noel Rolón - 5028897-5  
Álvaro Scarpa - 4678677-1

**Tutores:** Roberto Kreimerman  
Rodrigo Álvarez

Presentado: 14 de Abril, 2022

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente anteproyecto estudia la viabilidad técnico-económica de la producción de ácido levulínico (AL) a partir de residuos lignocelulósicos de la forestoindustria.

El ácido levulínico es un producto plataforma para la producción de agroquímicos, productos farmacéuticos, plásticos, alimentos y químicos.

Se considera de importancia el estudio en la producción de AL por su aporte al cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), integrando producciones más amigables con el medio ambiente, permitiendo la inserción del país en un mercado de alto valor agregado y con perspectivas de crecimiento.

Según distintos estudios de mercado, India, Estados Unidos, Alemania, China y Japón son los países con más creciente demanda de AL en el mundo, por lo que éstos países son el mercado objetivo. La investigación sobre exportaciones indica que el producto se vende a un precio de entre 5.650 y 7.300 USD/ton por lo cual se elige un precio de venta de 4.000 USD/ton a modo de tener ventaja competitiva en el mercado actual y previendo una posible baja del precio por aumento de la oferta en el corto plazo.

Se decide producir 9.423 toneladas por año para cubrir la creciente demanda, producción similar en volumen a plantas ya existentes de AL. Esta producción se logra mediante el uso de 93.444 toneladas anuales de residuos de madera de pino de 40% de humedad provenientes de aserraderos de Tacuarembó y Rivera. Como catalizador se utilizan 2.369 ton/año de ácido sulfúrico.

Además de AL se obtiene ácido fórmico como co-producto derivado de la reacción de hidrólisis de la celulosa. Se producen 375 ton/año y se comercializa a un precio de 400 USD/ton.

La obtención de AL se da en este proyecto mediante hidrólisis ácida diluida de la celulosa. Se selecciona como materia prima residuos de pino (mayoritariamente aserrín) de la especie *Taeda y Ellioti*, dado que son los más abundantes a nivel nacional y aquellos con menor aprovechamiento para producción con valor agregado. El precio de esta materia prima se considera de 6 USD/ton valor tomado en Marzo del 2022.

Se localiza la planta en la ciudad de Tacuarembó a 10 km del aserradero Frutifor, principal proveedor de residuos lignocelulósicos por su gran capacidad.

El proceso de producción de AL se da en continuo 335 días del año y consta de 4 grandes etapas. Un pretratamiento físico donde se lleva la materia lignocelulósica a un diámetro entre 40 y 60 Mesh. Luego se da la etapa de pretratamiento químico mediante la utilización de un reactor a 180 °C y 10 bar, en presencia de ácido sulfúrico en concentración de 2,2 g/L. La corriente útil resultante para el proceso contiene a la celulosa en el sólido. Ésta luego ingresa a una tercera etapa, donde se realiza la reacción en 9 reactores en paralelo. Además de la corriente de celulosa ingresa ácido sulfúrico para lograr una concentración, en cada uno de los 9 reactores, de 0,204 M y vapor vivo a 190 °C y 12,92 bar que mantiene la temperatura de los reactores en 180 °C y la presión a 10 bar. Una vez concluida la hidrólisis en los reactores, la porción de corriente que contiene AL, ácido fórmico y ácido sulfúrico va a una cuarta etapa. Esta última es la de separación donde la corriente es tratada con furfural como solvente de extracción y luego de pasar por un destilador se obtiene una corriente líquida compuesta por ácido levulínico al 98% de pureza. Con un sistema de destiladores se recupera el furfural para ser reutilizado en el proceso .

Para lograr el adecuado funcionamiento de la planta se plantea una estructura organizacional del tipo "Sociedad Anónima" con 90 empleados, aportando a la descentralización y la generación de empleo en el interior del país.

Para la puesta en marcha de la planta se requiere una inversión total de 54.115.534 USD. Se realiza un análisis económico y financiero tanto cuando la inversión proviene de capital propio como cuando se utiliza un préstamo bancario.

Del análisis de inversión cuando se utiliza capital propio se obtiene una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 29 %, un Valor Actual Neto (VAN) de 62.077.614 USD con un período de repago de 53 meses lo que indica que el proyecto en las condiciones que fue planteado es rentable.

Por otra parte, para el análisis de inversión con capital mixto se utiliza un préstamo del 70% de las inversiones amortizables con una tasa de interés de 7,5%. Obteniéndose una TIR de 55%, un VAN de 74.043.952 USD con un período de repago de 28 meses, lo que indica que el proyecto en las condiciones que fue planteado también es rentable si se utiliza capital mixto.

Teniendo en cuenta todos los aspectos mencionados anteriormente resulta un proyecto atractivo del punto de vista económico y financiero tanto si la inversión es con capital propio como si es con capital mixto.

Además del punto de vista ambiental resulta muy interesante ya que se utiliza como materia prima un residuo de la forestoindustria y se obtiene un producto que es sustituto ecológico de una gran diversidad de compuestos. Lo que resulta en un proyecto donde se promueve y aplica tanto el desarrollo sostenible como la economía circular.