



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



Facultad de Ingeniería

UdelaR

Proyecto Industrial

# Producción de ácido cítrico a partir de glicerol



**Autores:**

Belén Corrá  
Florencia de Jesús  
Elisa Pizzorno  
Santiago Sosa  
Daniel Soto

**Docentes guía:**

Ing. Quím. Nikolai Guchin  
Ing. Quím. David F. Mardero

*Montevideo, abril 2021*

---

# Resumen ejecutivo

---

El presente documento trata sobre el procesamiento de glicerol crudo como materia prima en la fermentación con *Yarrowia lipolytica* para la obtención de ácido cítrico.

El ácido cítrico es un sólido cristalino blanco e inoloro, el cual se presenta en forma anhidra y como monohidrato. Sus principales usos se encuentran en la industria alimenticia (60% de la producción mundial) y en la industria farmacéutica (10% de la producción mundial). En la primera, se utiliza como saborizante y regulador de pH en bebidas, conservas y mermeladas, además de ser útil para prevenir la oxidación de aceites y grasas y potenciar el sabor de bebidas, dulces y postres. En la industria farmacéutica, se utiliza principalmente para lograr efervescencia y sabor, y como coagulante de la sangre. Debido a lo anterior, se debe producir bajo rigurosas especificaciones.

A nivel industrial, el ácido cítrico es producido casi exclusivamente a través de la fermentación del hongo *Aspergillus niger*, utilizando materias primas como sacarosa, melazas de caña o jarabe de glucosa.

En el mundo, se producen alrededor de un millón de toneladas por año. El 80% de esta producción se encuentra concentrada en la Unión Europea, Estados Unidos y China. En Uruguay, el consumo ronda en 650 toneladas anuales, casi en su totalidad destinada a la industria de la bebida. En el Mercosur, la cantidad de ácido cítrico consumido anualmente es de 112,500 toneladas.

Con la producción proyectada, se espera cubrir la totalidad de la demanda interna y un 8% de la demanda regional, exportando principalmente a Argentina y Brasil, y en menores cantidades a Chile, Paraguay y Perú.

Este proyecto brinda una alternativa para darle valor al principal residuo de la producción de biodiesel. En nuestro país, esta industria se encuentra potenciada a través de la ley agrocombustible, concentrando casi la totalidad de la producción de glicerol en la empresa privada ALUR

Como la materia prima nacional es relativamente escasa, parte de la misma será importada principalmente desde Brasil.

La planta estará ubicada en la zona de Libertad, San José, sobre la ruta 1, y tendrá una superficie total de 60,000 m<sup>2</sup>. Dará empleo directo a 67 personas e indirecto a unas 200 personas, según lo estimado.

La vida proyectada es de 10 años, con producción anual de ácido cítrico de entre 9,000 y 10,000 toneladas, operando en continuo 330 días al año. Además, se producirán aproximadamente 12,000 toneladas anuales de yeso, el principal subproducto de la planta. Este último se destinará como agregado filler en la producción de cementos nacionales.

El proceso se basará en la utilización del glicerol como fuente de carbono y energía en la fermentación de la levadura *Yarrowia lipolytica* bajo condiciones controladas de pH y temperatura. Este proceso biológico es sumamente innovador y convertirá a la planta en la primera en el mundo en utilizar esta levadura para la producción industrial de ácido cítrico.

---

Luego de la fermentación, el licor pasa por una etapa de centrifugación para separar las levaduras y retornarlas al fermentador. La separación de ácido cítrico de la corriente resultante consiste en dos reacciones químicas. Primero, se precipita como citrato de calcio, al reaccionar con hidróxido de calcio. Luego, se lleva a cabo una reacción de craqueo con ácido sulfúrico, dejando libre en disolución al ácido cítrico y produciendo sulfato de calcio. El licor que contiene el ácido cítrico pasa a través de un tren de purificación que consiste en un lecho de carbón activado, seguido de resinas de intercambio iónico. Finalmente, el producto se concentra mediante evaporación. Luego se cristaliza, se separa y se seca. El ácido es luego comercializado en big bags de 1,000 kg.

El proyecto requiere de una inversión total de 28,000,000 USD. Bajo las condiciones consideradas, no se logra alcanzar la viabilidad financiera ni económica, ya sea para inversión con capital propio así como con capital mixto. El punto de equilibrio para el décimo año se encuentra en 18,500 toneladas para el caso de capital propio y 19,500 toneladas para mixto.

El precio mínimo de venta que genera rentabilidad es de 1,418 USD/ton, lo que implicaría un aumento del 48% del precio considerado. Esta situación no se espera que suceda en los años de ejecución del proyecto. Pese a esto, puede ser una buena opción a evaluar para las plantas productoras de glicerina de la región, que produzcan volúmenes capaces de satisfacer las demandas de un proceso cuya producción sea mayor a la planteada en este informe, ya que uno de los mayores costos operativos de la planta recae en la glicerina importada.