



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Departamento:

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Programa de acreditación:

CyTMA2

Programa de Investigación¹:

Código del Proyecto:

C2-ING-058

Título del proyecto

Factibilidad técnica-económica de la obtención de ácido poliláctico a partir del lactosuero residual de la industria lechera

PIDC:

Elija un elemento.

PII:

Elija un elemento.

Director:

FAUROUX, Luis E.

Director externo:

Codirectora:

LEON, P

Integrantes:

DEGAETANI, Omar J.

GONZALEZ, Ricardo

ESPIÑEIRA, Pablo A.

MOLINA VUISTAZ, Nicolás

Investigador Externo:

FRANCO, Daniel

Alumnos de grado:

APPUGLIESE, Damián

MALDONADO, Stephanie Y. (Beca UNLaM)

Resolución Rectoral de acreditación: N° 385/2019

Fecha de inicio: 01/01/2019

Fecha de finalización: 31/12/2020

¹ Los Programas de Investigación de la UNLaM están acreditados con resolución rectoral, según lo indica la Resolución HCS N° 014/15 sobre **Lineamientos generales para el establecimiento, desarrollo y gestión de Programas de Investigación a desarrollarse en la Universidad Nacional de La Matanza**. Consultar en el departamento académico correspondiente la inscripción del proyecto en un Programa acreditado.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

A. Desarrollo del proyecto (adjuntar el protocolo)

A.1.

Cabe destacar que a causa de la problemática sanitaria, que aconteció durante todo el 2020, no ha sido posible realizar ensayos prácticos en laboratorio, no pudiendo alcanzarse los resultados esperados. Por este motivo se realizaron ajustes al plan de trabajo dejando abierta la posibilidad de plantear la continuación del proyecto con el fin de cumplir los objetivos previamente planificados.

Es así que, debido a que es un tema prácticamente no desarrollado en Argentina, además del análisis económico y ambiental, es necesario efectuar el análisis de las variables de transporte de fluido, lo que condicionará los aspectos mecánicos de una instalación, tales como soldaduras, válvulas y eventuales "golpes de ariete", lo que implica mayor requisito en las especificaciones de planta. El golpe de ariete usualmente daña a las bombas centrífugas, ya sea cuando la energía eléctrica falla, o cuando corresponde un cierre instantáneo. En esta situación, la mejor forma de cuidar las instalaciones es mediante válvulas de control automáticas, como las válvulas globo, las cuales tienen la capacidad de cerrar lentamente. De este modo se puede morigerar el aumento en la presión cuando las ondas de sobre-presión, aguas abajo, regresan del tanque de almacenamiento. En el caso del aire disuelto, y arrastrado, o los cambios de temperatura del fluido, pueden ser controlados con el uso de válvulas de alivio de presión, fijadas para abrir ante un exceso de presión, y que volverán a cerrar al normalizarse la presión. Sin embargo, deben ser propiamente clasificadas y seleccionadas para realizar la tarea para la que están previstas sin producir efectos secundarios. Todos los descensos bruscos de presión deben ser controlados de la misma manera que ante una caída de presión en los puntos elevados, con válvulas liberadoras de aire, y de vacío, si están debidamente clasificadas y dimensionadas, pueden ser el medio menos costoso para proteger el sistema de tuberías. Los cálculos demuestran que aumentar el largo de una cañería disminuye el tiempo crítico, no obstante, aumentará el volumen de aire innecesario, que deberá ser ventilado lentamente, incrementando el tiempo muerto del sistema.

Este proyecto considera, para la evaluación, una muestra representativa de suero de leche sin proceso de desproteinización, con un porcentaje aproximado de humedad del 94%, un porcentaje de cenizas inferior a 0,01% y una concentración de azúcares expresado en contenido de lactosa de 0,03% y un pH inicial de 6.7, como un sustrato potencial como materia prima para el proceso de fermentación del *Lactobacillus* sp en la producción de ácido láctico. Se estima que el pH de mayor producción es de 4,4 en 18 horas de proceso, alcanzando la mayor tasa de producción y reducción de pH a las 20 horas [5]. Aproximando por la bibliografía, por cada kg de queso fabricado se obtiene de 9 a 12 litros de lactosuero [7], dependiendo del tipo de queso y de la cantidad de agua utilizada durante el proceso. Teniendo en cuenta la proporción más desfavorable (9 litros de lactosuero/kg de queso producido) y los datos de producción mundial de queso (FAOSTAT), la producción mundial de lactosuero en el 2005 fue de 1,6.10¹¹ litros.

Las funcionalidades tecnológicas que poseen las proteínas del suero son gelificación, retención de agua, solubilidad, emulsificación, espumado, espesamiento, absorción y/o retención de lípidos y flavor (aromas y sabores). Todas estas dependen de las características físicas, químicas y estructurales (tamaño, forma, composición, secuencia de aminoácidos, etc.) de las proteínas, así como del tipo de uniones intra e intermoleculares, la rigidez / flexibilidad molecular en respuesta a variaciones en la composición del medio y principalmente por el tipo de interacciones de las proteínas del suero con los demás componentes de la matriz alimenticia.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

B. Principales resultados de la investigación

B.1. Publicaciones en revistas (informar cada producción por separado)

Artículo 1:	
Autores	<i>Fauroux, Luis E.; León, Paula; Degaetani, Omar J.</i>
Título del artículo	<i>FACTIBILIDAD DE LA OBTENCION DE ACIDO POLILACTICO A PARTIR DE LACTOSUERO</i>
N° de fascículo	<i>2</i>
N° de Volumen	<i>6</i>
Revista	<i>ReDDI</i>
Año	<i>2020</i>
Institución editora de la revista	<i>UNLaM</i>
País de procedencia de institución editora	<i>Argentina</i>
Arbitraje	SI
ISSN:	<i>2525-1333</i>
URL de descarga del artículo	<i>https://reddi.unlam.edu.ar/index.php/ReDDi/issue/archive</i>
N° DOI	

B.2. Libros

Libro 1	
Autores	
Título del Libro	
Año	
Editorial	
Lugar de impresión	
Arbitraje	<i>Elija un elemento.</i>
ISBN:	
URL de descarga del libro	
N° DOI	



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

B.3. Capítulos de libros

B.4. Trabajos presentados a congresos y/o seminarios

Autores	<i>Fauroux, Luis E.; León, Paula; Degaetani, Omar J.; Franco, Daniel</i>
Título	<i>Estudio de pre-Factibilidad Técnica Económica para la Obtención de Acido Poliláctico a Partir del Lactosuero Residual de la Producción de Quesos</i>
Año	<i>2019</i>
Evento	<i>Congreso Argentino de Ingeniería Química</i>
Lugar de realización	<i>Santa Fe</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>05/08/2019</i>
Entidad que organiza	<i>Asociación Argentina de Ingenieros Químicos</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	<i>Abstracts del CAIQ2019 - X Congreso Argentino de Ingeniería Química. ISSN: 1850-3500</i>
Autores	<i>Fauroux, Luis E.; Degaetani, Omar J.; Gonzalez, Ricardo</i>
Título	<i>Análisis preliminar del aprovechamiento del lactosuero remanente de la industria quesera</i>
Año	<i>2019</i>
Evento	<i>Congreso Argentino de Ingeniería Industrial</i>
Lugar de realización	<i>Río Gallegos – Santa Cruz</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>01/11/2019</i>
Entidad que organiza	<i>Asoc. Argentina de Carreras de Ing. Industrial y Afines</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	<i>Memorias del COINI 2019. ISBN 978-987-4998-43-9</i>
Autores	<i>Luis E. Fauroux 1, Pablo Espiñeira, Martín M. Bella, Omar J. Degaetani, Ricardo González</i>
Título	<i>ANALISIS DE VARIABLES DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE ACIDO POLILACTICO (PLA)</i>
Año	<i>2020</i>
Evento	<i>Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica</i>
Lugar de realización	<i>San Nicilás. Buenos Aires</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>15/09/2021 al 17/09/2021</i>
Entidad que organiza	<i>FoDAMI</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	<i>Trabajo aprobado. Congreso a realizarse</i>



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

B.5. Otras publicaciones

C. Otros resultados. Indicar aquellos resultados pasibles de ser protegidos a través de instrumentos de propiedad intelectual, como patentes, derechos de autor, derechos de obtentor, etc. y desarrollos que no pueden ser protegidos por instrumentos de propiedad intelectual, como las tecnologías organizacionales y otros. Complete un cuadro por cada uno de estos dos tipos de productos.

C.1. Títulos de propiedad intelectual. Indicar: Tipo (marcas, patentes, modelos y diseños, la transferencia tecnológica) de desarrollo o producto, Titular, Fecha de solicitud, Fecha de otorgamiento

Tipo	Titular	Fecha de Solicitud	Fecha de Emisión

C.2. Otros desarrollos no pasibles de ser protegidos por títulos de propiedad intelectual. Indicar: Producto y Descripción.

Producto	Descripción

D. Formación de recursos humanos. Trabajos finales de graduación, tesis de grado y posgrado. Completar un cuadro por cada uno de los trabajos generados en el marco del proyecto.

D.1. Tesis de grado

D.2 Trabajo Final de Especialización

D.2. Tesis de posgrado: Maestría

D.3. Tesis de posgrado: Doctorado

D.4. Trabajos de Posdoctorado

E. Otros recursos humanos en formación: estudiantes/ investigadores (grado/posgrado/ posdoctorado)

Apellido y nombre del Recurso Humano	Tipo	Institución	Período (desde/hasta)	Actividad asignada ²
Appugliese, Damián	Alumno	UNLaM	01/01/2019 – 31/12/2020	Búsqueda bibliográfica, Análisis de las características generales del producto.
Maldonado, Stephanie Y.	Alumno	UNLaM	01/01/2019 – 31/12/2020	Búsqueda bibliográfica, Análisis de las características generales del producto.

² Descripción de la/s actividad/es a cargo (máximo 30 palabras)



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

F. Vinculación³: Indicar conformación de redes, intercambio científico, etc. con otros grupos de investigación; con el ámbito productivo o con entidades públicas. Desarrolle en no más de dos (2) páginas.

Las condiciones sanitarias acontecidas durante el 2020 no han permitido establecer las vinculaciones propuestas, sin embargo, se mantienen las expectativas de conseguirlas si es que se aprueba la continuación del proyecto para el período 2021 – 2022.

G. Otra información. Incluir toda otra información que se considere pertinente.

Los efectos de la pandemia COVID-19, en el período del año 2020, han imposibilitado cualquier intento de reunión, vinculación, y ensayo de laboratorio. Sin embargo se cumplieron las tareas de compras de insumos para el armado del piloto.

H. Cuerpo de anexos:

³ Entendemos por acciones de “vinculación” aquellas que tienen por objetivo dar respuesta a problemas, generando la creación de productos o servicios innovadores y confeccionados “a medida” de sus contrapartes.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

ANEXO I

AAIQ - X Congreso Argentino de Ingeniería Química CAIQ2019

ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD TECNICA-ECONOMICA PARA LA OBTENCION DE ACIDO POLILACTICO A PARTIR DEL LACTOSUERO RESIDUAL DE LA PRODUCCION DE QUESOS

Fauroux L. E. *, León P., Degaetani O. J., Franco D.

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

(Universidad Nacional de La Matanza)

Florenio Varela 1905 (1754) San Justo - Argentina

lfauroux@unlam.edu.ar

Resumen. El lactosuero es un subproducto de la fabricación de quesos y manteca. Dependiendo del productor, a causa del costo de inversiones, en muchas ocasiones es descartado sin otro tratamiento, o uso posterior, lo que lo transforma en un potencial problema ambiental. El destino secundario más difundido es como alimento para ganado porcino. El estudio consiste en la evaluación del dimensionamiento inicial, análisis de las cepas microbianas, características del producto, estado del mercado actual, dirigida a la implementación en escala PyMe / MiPyMe. En este trabajo, entonces, se contempla la posibilidad de estudiar la factibilidad técnica-económica de la obtención de ácido poliláctico (PLA), a partir de este lactosuero, con el objeto de ser utilizado como materia prima para impresiones 3D, hilos de sutura biodegradables, etc., por lo que esta transformación, además, representará también una mejora en el mantenimiento de un medio ambiente saludable. Actualmente existe una mayor demanda de ácido poliláctico, lo que implicaría una mayor facilidad de colocar el producto en el mercado, y por lo tanto justificar las inversiones en el tratamiento del lactosuero para su obtención. Así, se permitirá aumentar la rentabilidad de la actividad, del sector productor, del mismo modo podrían disminuir los costos de los productos derivados en cuestión, que actualmente se importan, y permitir el desarrollo de las actividades relacionadas. Además de resultar un beneficio para el medio ambiente, y todo lo que lo compone.

Palabras clave: FACTIBILIDAD, POLILACTICO, LACTOSUERO

1. Introducción

El lactosuero, o suero de leche, es un líquido claro, de color amarillo verdoso translúcido, o incluso a veces, un poco azulado, según sea la calidad y el tipo de leche utilizada. Es el coproducto más abundante de la industria láctea, siendo el sobrenadante filtrado después de la precipitación, y la remoción de la caseína de leche, durante la elaboración del queso. Es de difícil aceptación en el mercado, ya que sus características no lo hacen apto para su comercialización directa como suero líquido. El lactosuero es un subproducto cargado de materia orgánica con potencial riesgo ambiental. A modo de ejemplo, mil litros de lactosuero generan aproximadamente 35 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO), y cerca de 68 kg de demanda química de oxígeno (DQO), (Yamunaque Chero, 2015). Esta fuerza contaminante, calculada



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

IX CAIQ2019

según la Directiva 91/271/CEE, es equivalente a la de las aguas servidas que producen quinientas personas por día. Según los datos de producción mundial de queso (FAOSTAT), la producción mundial de lactosuero en el 2005 fue de $1,6 \cdot 10^{11}$ litros. La realidad es que una gran parte de los productores lácteos desechan el lactosuero sin previo tratamiento, o bien una parte es destinada a alimentación porcina de bajo rendimiento, dado que hasta el momento, no se le ha encontrado una aplicación rentable.

La hipótesis principal de este trabajo radica en que brindando una opción rentable, al aprovechamiento del lactosuero, los productores dejarán de desprenderse del mismo. Así, en primera instancia se beneficiará el medio ambiente, y todo lo que lo compone, además de permitir aumentar la rentabilidad de la actividad, y del sector productor. La fragilidad medioambiental, entonces, ha motivado la revisión de estos procedimientos de la industria láctea, particularmente la fabricación de quesos y sus derivados. La composición del lactosuero incluye al ácido láctico, este ácido es el monómero del ácido poliláctico (PLA), al que actualmente se lo utiliza para la fabricación, entre otros, de hilos de sutura biodegradables, además se trabaja en la creación de biofilms, con buenas propiedades mecánicas para ser extruidos, y material para impresoras 3D. Así, se podrían disminuir los costos de este producto, que actualmente se importa, y permitir el desarrollo de las actividades relacionadas

Las problemáticas a abordar por esta investigación, en consecuencia, involucran la valoración del rendimiento técnico en la obtención de PLA en lactosuero y la rentabilidad económica del proceso. Actualmente existe una mayor demanda del producto, lo que implicaría una mayor facilidad de colocarlo en el mercado, y por lo tanto justificar las inversiones en el tratamiento del lactosuero para su obtención.

2. Ácido Láctico y Ácido Poliláctico (PLA)

El ácido láctico (ácido 2-hidroxipropanoico / 2-ol-propanoico ($\text{CH}_3\text{C}(\text{OH})\text{H}_2\text{COOH}$)), fue aislado e identificado en 1780 por Scheele en una muestra de leche agria, y reconocido como producto de fermentación en 1847 por Blondeau, la producción por fermentación a escala mundial comenzó hacia 1881. Sin embargo, fue hasta los años '60 que se le descubrió utilidades en aplicaciones biomédicas, al fabricarse hilos de sutura, clavos auxiliares en fracturas óseas, etc. El ácido láctico posee dos isómeros ópticos, el D(-) (dextrógiro) y el L(+) (levógiro), además de una forma racémica constituida por fracciones equimolares de las formas L(+) y D(-). El isómero L(+) es metabolizado por el organismo humano, por lo tanto biodegradable.

Todas las formas, ópticas y racémica, son líquidas a temperatura y presión ambiente, siendo incoloros e insolubles en agua. En estado puro son sólidos de punto de fusión bajo, aunque de difícil determinación debido a que son altamente higroscópicos, lo que dificulta su obtención en forma anhidra; por lo que se manipulan entre los 18 y 33 °C. El punto de ebullición del producto anhidro se ubica entre los 125°C y los 140°C. Dado que ambas formas isoméricas pueden ser polimerizadas, se pueden producir polímeros con diferentes propiedades según sea su composición.

Los PLA poseen propiedades físico-mecánicas muy apropiadas, de modo que fueron reemplazantes de los plásticos tradicionales. El rango de temperatura de su transición vítrea está dentro los 50°C y 80°C mientras que la de fusión se encuentra entre los 130°C y 180°C (Castro, 2012). El inconveniente que presenta su producción son los altos costos. Sin embargo, su gran interés es la sustitución de plásticos provenientes del petróleo (Bello Gil, 2009).



Fig 1. Ácido Láctico y Poliláctico



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

IX CAIQ2019

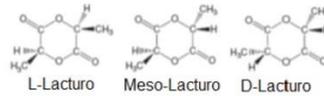


Fig 2. Isómeros ópticos de Lacturo

3. Análisis de Prefactibilidad

3.1. Situación de la industria lechera Argentina - Prefactibilidad de la oferta

La producción lechera creció, según el Ministerio de Agricultura de la Nación, en el año 2012, a aproximadamente 11.300 millones de litros, de los cuales el 67% fue procesado por grandes empresas, y el 33% restante por PyMEs. El 41% de la producción de leche se destinó a la elaboración de quesos, aproximando por la bibliografía, por cada kg de queso fabricado se obtienen de 9 a 12 litros de lactosuero (Hernández Rojas et al, 2014), dependiendo del tipo de queso, y de la cantidad de agua utilizada durante el proceso. Para facilitar los cálculos, se tomará la proporción de 10 litros de lactosuero/kg de queso producido, resultando un total de 4.000 millones de litros de suero por año, de los cuales solamente el 45% fue procesado, fundamentalmente por grandes empresas, para la obtención de productos con valor agregado. En estos números se consideran las más de 500 PyMEs lácteas en el país, de las cuales entre 150 y 170 empresas, se encuentran nucleadas en Apymel (Asociación de Pequeñas y Medianas Empresas Lácteas). Esta asociación informa que sus representados producen 900 toneladas de queso mensual, vale decir, un estimado de 9.000.000 litros de lactosuero mensual, y por lo tanto unos 300.000 litros diarios de lactosuero (12.500 litros/hora).



Fig 3. Distribución de tambos. (INTA, 2010; Observatorio de la cadena láctea Argentina, 2019)

3.2. Prefactibilidad de la Demanda

La concentración de los productores lácteos deberá ser tenida en cuenta junto con la demanda al momento de evaluar la ubicación geográfica de una futura planta de procesos. Entre las empresas con potencial demanda de PLA se encuentran, Industria Plástica Echeverría SRL, Flexodian, Super-Bol SRL, Capoplast, Her Plast SRL, Inyectal ATM SRL, Duzzen SA, AG bolsas plásticas, Establecimiento ALH SRL, Resifilm SRL, ADOC envases SRL, Tom Plast, Plastiandino y Termoplástica San Rafael, entre otras. Empresas que se encuentran radicadas en Buenos Aires, Córdoba, Mendoza, Santa Fe, y que utilizan pellets para fabricar productos plásticos (Giaroli, 2015). El emprendimiento reemplazará una

“100 años de Ingeniería Química en Argentina y Latinoamérica”
AAIQ, Asociación Argentina de Ingenieros Químicos



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

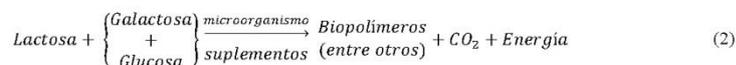
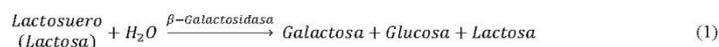
IX CAIQ2019

parte de las importaciones actuales de PLA. Asimismo, y a modo de referencia, la Agencia Córdoba Innovar y Emprender del gobierno de Córdoba, informó que en 2017 la demanda de servicios 3D ha crecido un 60%.

3.3. Métodos de la Producción - Prefactibilidad Técnica

Dado que el objetivo general es formular un método de obtención de ácido poliláctico a partir del residuo de la fabricación de quesos y mantecas, también conocido como lactosuero, un objetivo específico implica la reducción del impacto ambiental. Según el procedimiento, y microorganismo, que se utilice, se puede obtener PLA biodegradable o no. El estudio de mercado indicará la conveniencia de obtener uno u otro, o en el tiempo, una producción mixta. La producción de ácido láctico por vía química puede efectuarse mediante varios métodos, algunos de ellos están basados en la reacción de acetaldehído con ácido cianhídrico para dar lacto nitrilo, el cual puede ser hidrolizado a ácido láctico. Otra posibilidad es la síntesis a alta presión de acetaldehído mediante monóxido de carbono y agua, en presencia de ácido sulfúrico como catalizador. Sin embargo, este tipo de procesos tienen la desventaja de producir ácido láctico como una mezcla de sus formas D, L y la ópticamente inactiva, lo que es contraproducente. En consecuencia, la metodología mayoritariamente aceptada para su producción, en el 90% de los casos, es la biotecnológica (Hofvendahl K., 2000). La misma se basa en la fermentación bacteriana de sustratos ricos en carbohidratos (Serna, 2005). La elección de la materia prima depende entre otras cosas de su costo, del microorganismo a utilizar, y de las características del producto final. Pueden emplearse tanto sustratos carbonados puros como la glucosa, sacarosa, y lactosa, asimismo es posible también utilizar sustratos carbonados impuros como el almidón, el lactosuero, y las mieles, que provienen de la industria azucarera, alimenticia, y la agricultura.

El PLA, es el resultado de la polimerización del ácido láctico obtenido de la fermentación de azúcares, utilizando un doble proceso, fermentación y polimerización. El mismo puede ser llevado a cabo por diferentes bacterias homolácticas, con rendimientos incluso de más del 95%, respecto a la conversión del azúcar en ácido láctico. Las condiciones de operación consisten en una baja concentración de oxígeno, una acidez entre 5.4 y 6.4, y a una temperatura aproximada de 38 a 42 °C. Las Ec. (1) y Ec. (2), describen el concepto general del procedimiento.



Según la longitud de los grupos de unidades de monómero en el polímero, los PLA presentan una gran variedad de propiedades físicas. Entre ellas se encuentra que no son tóxicos, son biodegradables, además de termoplásticos, elastómeros, enantiómeros puros, piezoeléctricos, con alto grado de polimerización, y pesos moleculares muy altos. Los productos obtenidos se destacan por ser excelentes barreras para el oxígeno y los olores, son solubles al agua (aunque pueden tratarse para ser insolubles, y formar buenas barreras contra el vapor), contar con superficies transparentes, brillantes, y no proporcionar sabores extraños. La gama de microorganismos, que pueden ser empleados en la obtención de PLA, es variada, entre ellos se encuentran los *Lactobacillus delbrueckii* (subsp. *Bulgaricus*), *Streptococcus thermophilus*, *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Bacillus Nocardia*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, y *E. coli* recombinante (Rojas, 2015; Suriyamongkol, 2007; Vieira, 2011).

Inicialmente, y a los efectos de la presentación de este proyecto se consideró, para la evaluación, una muestra representativa de suero de leche, con un porcentaje aproximado de humedad del 94%, un porcentaje de cenizas inferior a 0,01% y una concentración de azúcares expresado en contenido de lactosa de 0,03% y un pH inicial de 6.7, como un sustrato potencial como materia prima para el proceso de fermentación del *Lactobacillus* sp en la producción de ácido láctico. Se estima que el pH de mayor producción es de 4.4 en 18 horas de proceso, alcanzando la mayor tasa de producción y reducción de pH a las 20 horas (Eneque Manayay, 2014).

"100 años de Ingeniería Química en Argentina y Latinoamérica"
AAIQ, Asociación Argentina de Ingenieros Químicos



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

IX CAIQ2019

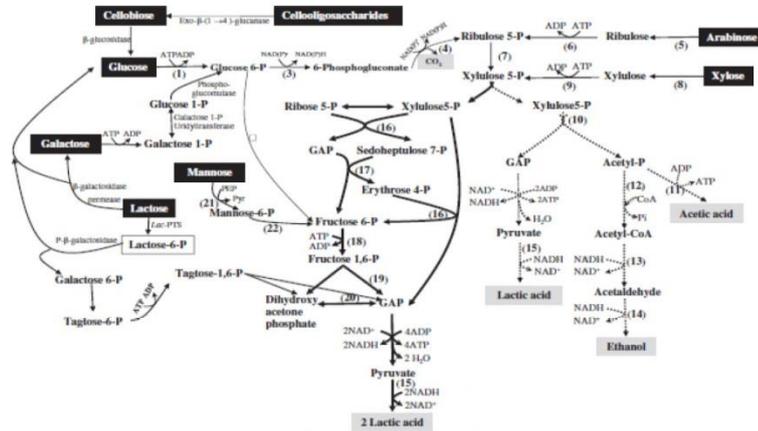


Fig 4. Proceso de obtención de PLA por vía biotecnológica, (Abdel-Rahman, 2013)

En este contexto, para el estudio de pre-factibilidad, se relevó la información, detallada en la Tabla 1, de un emprendimiento similar (Yamunaque Chero, 2015), en el que se plantea satisfacer una demanda de 210.000 toneladas anuales de PLA, lo que equivale a tratar cerca de 20.000 litros por hora de lactosuero, una planta así podría tratar el producido por todas las PyMEs adheridas a la Apymel en la misma escala.

Tabla 1. Resumen de Inversión y Costos del Proyecto

		Capital Fijo		Capital de Operación		Costos de Producción	
Inversión de Capital	Capital Fijo	Costos Directos	USD 1.010.374,29	USD 1.705.384,24	USD 9.056.329,54	Costos Directos e Indirectos	USD 6.683.219,32
		Costos Indirectos	USD 221.543,86				
		Terceros	USD 61.595,91				
		Eventuales	USD 123.191,81				
	Capital de Operación		USD 288.678,37			Costos Fijos	USD 279.136,53
						Gastos Generales	USD 388.589,44

4. Conclusiones

La escala, inicialmente propuesta entonces, a nivel PyMEs y/o MiPyMEs, deberá considerar además la cautela de los posibles inversores. De este modo, se considera como razonable un periodo de dos a tres años para la amortización del emprendimiento, quedando sujeta la dimensión final de la planta a la cantidad y accesibilidad a la materia prima, la distribución geográfica de los productores y demandantes, posibilidad de acceso de los interesados a líneas de crédito, y las condiciones de acceso a las mismas. Dado que los procesos fermentativos son del tipo por lote (batch), con ciclo variable según la cepa del microorganismo de fermentación, se analizarán tres líneas de producción, de manera tal que se pueda absorber la producción diaria de lactosuero, además de una última línea para el cultivo de los microorganismos fermentativos. De manera tal con una producción diaria de 10.000 litros de lactosuero, analizando la posibilidad que este volumen sea provisto por varios productores en forma de cooperativa.

“100 años de Ingeniería Química en Argentina y Latinoamérica”
AAIQ, Asociación Argentina de Ingenieros Químicos



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

IX CAIQ2019

Para el estudio de pre-factibilidad y viabilidad técnica, en estas circunstancias puede tomarse el precio informado en Infocampo para el lactosuero, entre u\$s 800 y U\$ 900 por tonelada, mientras que la tonelada de ácido poliláctico se comercializa en plataformas de e-commerce (Alibaba, MercadoLibre, Amazon, e-Bay, etc.) a un valor promedio desde u\$s 2.400 a u\$s 4.200, según sea la calidad necesaria para su posterior aplicación.

Tabla 2. Resumen del análisis de pre-factibilidad

Volumen diario de lactosuero (litros por día)	10.000
Total de la Inversión (u\$s)	1.705.384,24
Precio estimado de Venta (u\$s/ ton PLA)	\$3.000
Tasa de Referencia	12,0%
Valor Actual Neto (VAN)	3.919.845,39
Tasa Interna de Retorno (TIR)	48,0%
Período de Recuperación de la Inversión (PRI)	2años y 2 meses

Asimismo, dada la competencia internacional, se sugiere en primera instancia satisfacer el mercado regional, minimizando costos de transporte y comercialización exterior. Se utilizaron aplicaciones informáticas específicas que permitieron realizar las modelizaciones, y simulaciones, de los escenarios técnicos y financieros, concluyendo que el proyecto amerita pasar a una segunda fase, en la que se analizará el ciclo completo, incluyendo a los actores de oferta, demanda, e inversores concretos interesados en el proyecto.

Referencias

- Abdel-Rahman, M. A., Tashiro, Y. y Sonomoto, K. (2013). Recent advances in lactic acid production by microbial fermentation processes. En: *Biotechnology Advances*. Vol. 31, no. 6, p. 890.
- Bello Gil, D. (2009). Plásticos biodegradables, una alternativa verde. Ecositio.
- Castro Gómez, J., Vera Calderón, M. P. (2012). Diseño de reactores de prepolimerización y polimerización para la producción de ácido láctico en una planta industrial. Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería. Cartagena de Indias.
- Eneque Manayay, Y. M., Velázquez Millones, Luis Leonel. (2014). Síntesis de ácido láctico a partir de lactosuero desproteinizado utilizando *Lactobacillus Bulgaricus* aislado del yogourt. Tesis para optar por el título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, Escuela Profesional de Ingeniería Química, Peru.
- Giaroli, G. N., Maggioni A. A. (2015). Producción de Poliacidoláctico por ROP en la provincia de Buenos Aires. Estudio de prefactibilidad. Facultad de ciencias aplicadas a la industria. Universidad Nacional de Cuyo. San Rafael, Mendoza.
- Hernandez Rojas, M., Vélez Ruiz, J. M. (2014). Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental. Universidad de las Américas Puebla.
- Hofvendahl K., Hagerdal H. (2000). Factor affecting the fermentative lactic acid production from renewable resources. *Enzyme and microbial technology*, No 26, pp. 87-107.
- Muset, G., Castelles, M. L. (2017). Valorización del Lactosuero. Colección Transferencia Tecnológica. Instituto Nacional de Tecnología Industrial – INTI-Lácteos. ISBN 978-950-532-341-8
- Rojas, A. M., Montaña, L. P., Bastidas, M. J. (2015). Producción de ácido láctico a partir del lactosuero utilizando *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. *Rev. Colomb. Quim*, 44 (3), 5-10.
- Serna C. L., Rodríguez de Stouvenel A. (2005). Producción biotecnológica de ácido láctico: estado del arte. *Ciencia y tecnología alimentaria*, No 001, pp. 54-65.
- Suriyamongkol, P., Weselake, R., Narine, S., Moloney, M. and Shah, S. (2007). Biotechnological approaches for the production of polyhydroxyalkanoates in microorganisms and plants — A review *Biotechnology Advances*, vol. 25(2), pp. 148-175.
- Vieira, M.G.A., da Silva, M.A., dos Santos, L.O. and Beppu, M.M. (2011) Natural-based plasticizers an biopolymer films: A review. *European Polymer Journal*, vol 47(3), pp. 254-263.
- Yamunaqué Chero, K. M. (2015). Estudio de factibilidad Técnico-Económico en la instalación de una planta química para la producción del biopolímero ácido láctico (PLA) a partir del lactosuero. Tesis para optar por el título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela Profesional de Ingeniería Química. Piura, Peru.

“100 años de Ingeniería Química en Argentina y Latinoamérica”
AAIQ, Asociación Argentina de Ingenieros Químicos



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

XII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial

“Análisis preliminar del aprovechamiento del lactosuero remanente de la industria quesera”

Fauroux, Luis Enrique; Degaetani, Omar J.; Gonzalez, Ricardo*

*Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza.
San Justo, Buenos Aires, Argentina.
lfauroux@unlam.edu.ar*

RESUMEN

El objeto del presente trabajo es analizar el potencial aprovechamiento del lactosuero, remanente de la producción de quesos, para la producción de ácido poliláctico. El lactosuero, o suero de leche, es el subproducto más abundante de la industria quesera, se obtienen, aproximadamente, entre nueve y doce litros por cada kilogramo de queso producido, después de la precipitación y la remoción de la caseína de leche. Es un líquido traslúcido, amarillo verdoso, aunque a veces, según sea la calidad y el tipo de leche utilizada, puede presentar un tono azulado. Sus características no lo hacen apto para su comercialización directa como suero líquido, lo que lo hace de difícil aceptación en el mercado. El destino habitual, dada la carga proteica, de una parte del lactosuero es la alimentación porcina de bajo rendimiento. Además, el volumen, y su contenido de materia orgánica, resulta un potencial riesgo ambiental. La realidad es que un gran parte de los productores lácteos disponen del mismo sin previo tratamiento, debido a que hasta el momento, no se le ha encontrado una aplicación rentable. Sin embargo, la producción de ácido poliláctico a partir del lactosuero, surge en la actualidad como una posibilidad rentable. El ácido poliláctico puede obtenerse a través de un proceso de doble fermentación, la escala de producción podrá ser incluso desde pequeñas cooperativas, y su destino dependerá según sea biodegradable o no, desde hilos de sutura a filamentos para impresiones 3D, entre otros.

Palabras Claves: Lactosuero, aprovechamiento, poliláctico, ambiente.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to analyze the potential use of whey, remnant of cheese production, for the production of polylactic acid. The whey, or whey, is the most abundant by-product of the cheese industry, approximately nine to twelve liters are obtained per kilogram of cheese produced, after precipitation and removal of milk casein. It is a translucent liquid, greenish yellow, although sometimes, depending on the quality and type of milk used, it can have a bluish hue. Its characteristics do not make it suitable for direct commercialization as liquid serum, which makes it difficult for market acceptance. The usual destination, given the protein load, of a part of the whey is the low-yield pig feed. In addition, the volume, and its organic matter content, is a potential environmental risk. The reality is that a large part of dairy producers have it without prior treatment, because so far, a cost-effective application has not been found. However, the production of polylactic acid from whey is currently a profitable possibility. Polylactic acid can be obtained through a double fermentation process, the scale of production can be even from small cooperatives, and its destination will depend on whether it is biodegradable or not, from suture threads to filaments for 3D prints, among others.

Keywords: Milk whey, utilization, polylactic, environment.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

1. Introducción

El lactosuero o suero de leche es un líquido claro, de color amarillo verdoso translúcido, o incluso, a veces, un poco azulado (el color depende de la calidad y el tipo de leche utilizada en su obtención). Es el coproducto más abundante de la industria láctea, resultante después de la precipitación y la remoción de la caseína de leche durante la elaboración del queso y la fabricación de caseína. Es de difícil aceptación en el mercado, ya que sus características no lo hacen apto para su comercialización directa como suero líquido. El lactosuero es un subproducto cargado de materia orgánica con potencial riesgo ambiental. La realidad es que un gran parte de los productores lácteos disponen del mismo sin previo tratamiento, o bien una parte es destinada a alimentación porcina de bajo rendimiento, dado que, hasta el momento, no se le ha encontrado una aplicación rentable.

La demanda mundial de la población por una mayor conciencia y acciones en consecuencia en relación al cuidado del medio ambiente, ha llevado a un incremento globalizado y sostenido para satisfacer a los consumidores. Esto ha llevado por ejemplo, al reemplazo de ciertos materiales y productos por otros cuyo perjuicio al medio ambiente sea menor. Por otro lado la reutilización de productos de desecho para obtener materiales amigables con el medio ambiente se produce con una mayor rapidez con respecto a la fabricación de nuevos materiales. Es así que en el caso del suero proveniente de la industria láctea fundamentalmente bovina, se busca utilizar las proteínas y polisacáridos, altamente biodegradables, como materia prima para nuevos materiales y nuevos productos. Es por esto que el ácido láctico proveniente del suero es objeto de investigación para obtenerlo no solamente a partir del suero lácteo. Desarrollos recientes lo sintetizan u obtienen por fermentación. Uno de los procesos comerciales está basado en la síntesis química a partir de lactonitrilo. Es una reacción que se realiza en fase líquida y a presión atmosférica. El ácido láctico se obtiene por hidrólisis del lactonitrilo con ácido sulfúrico o ácido clorhídrico concentrados. A través de esta reacción se obtiene el ácido láctico racémico. Para favorecer que la reacción sea estereoespecífica, es decir obtener ácido L (+) o D (-) poliláctico, distintas cepas de bacterias ácido lácticas (LAB), han sido probadas. La elección de la cepa también depende del sustrato a ser fermentado. El objetivo es ampliar su utilización en diversas industrias de tal manera de ampliar el uso tradicional que se realiza en las industrias cosmética y farmacéutica a otras, por ejemplo a partir de la elaboración de tintas para ser utilizadas en la industria textil y litográfica. Las características del ácido L (+) poliláctico lo constituye en un reemplazante de productos derivados del petróleo, sus ésteres tienen una performance adecuada y son solventes verdes. Como termoplásticos son transparentes y su biodegradación es controlable a partir del ajuste de su composición. En cuanto a sus propiedades como plástico, son similares a los obtenidos a partir del petróleo. El objetivo del presente trabajo es evaluar la factibilidad de la síntesis del ácido L (+) poliláctico y su utilización en productos en los que hasta ahora no se había utilizado.

El ácido láctico (ácido 2-hidroxipropanoico / 2-ol-propanoico ($\text{CH}_3\text{C}(\text{OH})\text{H}_2\text{COOH}$)), fue aislado e identificado en 1780 por Scheele en una muestra de leche agria, fue reconocido como producto de fermentación en 1847 por Blondeaur, la producción por fermentación a escala mundial comenzó hacia 1881. El ácido láctico posee 2 isómeros ópticos, el D(-) (dextrógiro) y el L(+) (levógiro), además de una forma racémica constituida por fracciones equimolares de las formas L(+) y D(-). El isómero L(+) es metabolizado por el organismo humano.

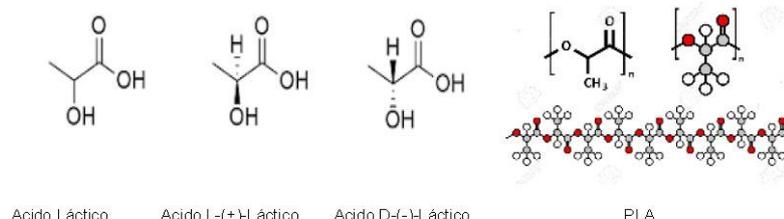


Figura 1. Acido Láctico y Poliláctico



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

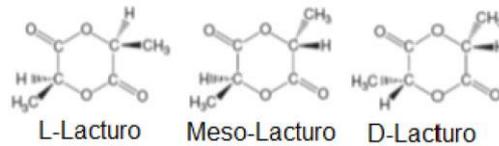


Figura 2. Isómeros ópticos de Lacturo

Todas las formas, ópticas y racémica, son líquidas a temperatura y presión ambiente, siendo incoloros e insolubles en agua. En estado puro son sólidos de punto de fusión bajo, aunque de difícil determinación debido a que son altamente hidrosféricos, lo que dificulta su obtención en forma anhidra; por lo que se manipulan entre los 18 y 33 °C. El punto de ebullición del producto anhidro se ubica entre los 125 y los 140°C. Dado que ambas formas isoméricas pueden ser polimerizadas, se pueden producir polímeros con diferentes propiedades según sea su composición.

Fue en los años 60 que se descubrió su utilidad en aplicaciones biomédicas al fabricarse hilos de sutura, clavos auxiliares en fracturas óseas, etc. Los PLA poseen propiedades físico-mecánicas muy apropiadas, de modo que fueron reemplazantes de los plásticos tradicionales. El rango de temperatura de su transición vítrea está dentro los 50 °C y 80 °C mientras que la de fusión se encuentra entre los 130 °C y 180 °C [1]. El inconveniente que presenta su producción son los altos costos. Sin embargo, su gran interés es la sustitución de plásticos provenientes del petróleo [4].

2. Desarrollo

2.1. Análisis Técnico

El ácido láctico se puede obtener por síntesis química, o por fermentación de hidratos de carbono, mediante un proceso económico, y fácilmente disponible. El resultado del primer proceso es una mezcla racémica de los ácidos lácticos, mientras que el segundo conduce a un estereoisómero de ácido láctico D(-) o L (+). El 90,0 % de la producción mundial de ácido láctico se consigue por fermentación, lo que demuestra la preferencia por este método frente a la síntesis química. Cabe aclarar que, como fuente de hidratos de carbono para dicha fermentación, puede usarse bagazo de caña de azúcar, arroz, salvado de trigo, mazorcas y residuos de mazorcas de maíz, orujo de manzana, y por supuesto lactosuero. Uno de los principales intereses científicos es la reducción de costos de materias primas, y el mejoramiento de los niveles de producción de ácido láctico por medio de la fermentación. Así, se han planteado alternativas más económicas para obtener ácido láctico. En lugar de partir de la fermentación de azúcares refinados, se ha propuesto utilizar productos, o residuos, alimenticios agroindustriales entre los que se identifican los almidones, y el lactosuero, entre otros. Por otra parte, se han realizado numerosas investigaciones sobre el desarrollo de procesos biotecnológicos para la producción de ácido láctico, con el objeto de optimizar el proceso desde el punto de vista técnico, y económico, involucrando diferentes cepas de bacterias lácticas, y algunos hongos filamentosos, como principales fuentes para la producción de ácido láctico.

Según el procedimiento que se utilice, se puede obtener PLA con distintas características biodegradables. El estudio de mercado indicará las características específicas, o en el tiempo, una producción variada, utilizando distintas cepas por lote. Se utilizarán aplicaciones informáticas específicas que permitirán realizar las modelizaciones, y simulaciones, de los escenarios técnicos y financieros. La escala, inicialmente propuesta, es al nivel PyMEs y/o MiPyMEs, con una producción diaria entre 5.000 y 10.000 litros de lactosuero, analizando la posibilidad que este volumen sea provisto por sólo un productor, o varios en forma de cooperativa. Dado que los procesos fermentativos son del tipo por lote (batch), con ciclo variable según la cepa del microorganismo de fermentación, se analizarán tres líneas de producción, de manera tal que se pueda absorber la producción diaria de lactosuero, además de una última línea para el cultivo de los microorganismos fermentativos

La obtención de PLA puede realizarse mediante el empleo de microorganismos como *Lactobacillus delbreuckii*, subespecies *delbreuckii* y *bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus amylophilus*, *Lactobacillus amylovorus* y *Lactobacillus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Nocardia*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* y *E. coli* recombinante [2], [3], [9].



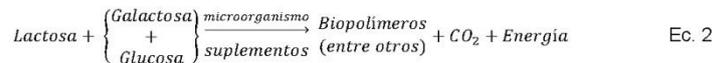
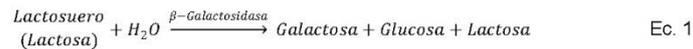
Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

En la Tabla 1 se resumen algunos ejemplos de procesos fermentativos,

Tabla 1 *Algunos ejemplos de procesos fermentativos.*

Tipo de fermentación	Microorganismo	Obtención de Ácido Láctico (g/L)	Bibliografía	Características
Lote	Lactobacillus casei ATCC 393	1,1	(M & P, 2013)	Desproteínización por filtración
Lote	Lactobacillus casei NBIMCC 1013	33.73	(Kosseva, 2010)	Desproteínización por filtración
Lote	Lactobacillus casei & Lactobacillus sp	16	Lote (Panesar, Kennedy, Gandhi, & Bunko, 2007)	Sistema de células inmovilizadas
Continua	Lactobacillus casei & Lactobacillus sp	14,8	(Panesar et al., 2007)	Sistema de células inmovilizadas
Continua	Lactobacillus helveticus	19-22	(Schepers, Thibault, & Lacroix, 2006)	Permeato de suero
Lote	Lactobacillus helveticus	10	(Tango & Ghaly, 1999)	Suero ultra filtrado

El PLA, es un compuesto generado por la polimerización del ácido láctico obtenido de la fermentación de azúcares, por un doble proceso de fermentación y polimerización. El mismo es llevado a cabo por diferentes bacterias homolácticas con rendimientos de más del 95% respecto a la conversión del azúcar en ácido láctico. El proceso se lleva a cabo a baja concentración de oxígeno, una entre 5,4 y 6,4 y a una temperatura aproximada de 38 a 42 °C.



Según la longitud de los grupos de unidades de monómero en el polímero, presentan una gran variedad de propiedades físicas. Entre ellas se encuentra que no son tóxicos, son biodegradables, además de termoplásticos, elastómeros, enantiómeros puros, piezoeléctricos, y con alto grado de polimerización y pesos moleculares muy altos. Los productos obtenidos se destacan por ser excelentes barreras para el oxígeno y los olores, solubles al agua (aunque pueden tratarse para ser insolubles y formar buenas barreras contra el vapor), contar con superficies transparentes y brillantes, y no proporcionar sabores extraños. Actualmente, se trabaja en la creación de biofilms con buenas propiedades mecánicas y que puedan ser extruidos [3].

Inicialmente, y a los efectos de la presentación de este proyecto se considerará, para la evaluación, una muestra representativa de suero de leche sin proceso de desproteínización, con un porcentaje aproximado de humedad del 94%, un porcentaje de cenizas inferior a 0,01% y una concentración de azúcares expresado en contenido de lactosa de 0,03% y un pH inicial de 6,7, como un sustrato potencial como materia prima para el proceso de fermentación del Lactobacillus sp en la producción de ácido láctico. Se estima que el pH de mayor producción es de 4,4 en 18 horas de proceso, alcanzando la mayor tasa de producción y reducción de pH a las 20 horas [5].

El sector industrial utiliza el método homo-fermentativo, que posee rendimientos de conversión de la glucosa en ácido láctico es más del 90%, y niveles más bajos de subproductos. Las condiciones del proceso de fermentación son pH ácido cercano a 6, temperatura alrededor de 40°C y bajas concentraciones de oxígeno. El principal método de separación consiste en agregar CaCO₃, Ca(OH)₂, Mg(OH)₂, NaOH, o NH₄OH para neutralizar el ácido de fermentación y dar soluciones lácticas solubles, que son filtradas para remover biomasa y productos insolubles. El producto es luego evaporado, cristalizado y acidificado con ácido sulfúrico para obtener ácido láctico crudo [7].

A nivel laboratorio las pruebas consisten en analizar el primer proceso de fermentación utilizando bacterias de yogurt, dada la problemática del manejo de cepas peligrosas y la lógica necesidad de gestionarlos permisos en la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT).



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Mediante un sensor de acidez (pHmetro), se controla la adición de hidróxido de calcio (Ca(OH)_2), neutralizando el ácido láctico, y produciendo lacturo de calcio. Mientras que la temperatura se regula mediante el uso de un serpentín.

2.2. Análisis de la demanda

La concentración de los productores lácteos deberá ser tenida en cuenta junto con la demanda al momento de evaluar la ubicación geográfica de una futura planta de procesos. La Tabla 2 muestra la distribución de tambos y rodeo lechero en la República Argentina, y está confeccionada por la Apymel (Asociación de Pequeñas y Medianas Empresas Lácteas)

Tabla 2. Distribución de tambos. (SENASA, marzo 2017)

Provincia	Tambos	%	Vacas	Vaquillonas	Ternereras	Total
SANTA FE	3.972	35,1%	522.581	227.995	144.719	895.295
CORDOBA	3.393	30,0%	549.090	225.078	159.593	933.761
BUENOS AIRES	2.504	22,1%	484.273	192.764	153.109	830.146
ENTRE RIOS	859	7,6%	84.060	38.344	21.315	143.719
SANTIAGO DEL ESTERO	213	1,9%	29.277	9.969	7.943	47.189
LA PAMPA	209	1,8%	30.827	14.950	8.092	53.869
SALTA	51	0,5%	6.914	3.218	1.697	11.829
TUCUMAN	47	0,4%	4.423	2.099	916	7.438
SAN LUIS	20	0,2%	4.087	2.411	1.001	7.499
RIO NEGRO	12	0,1%	1.892	1.136	714	3.742
CHUBUT	9	0,08%	252	70	46	368
MENDOZA	8	0,07%	423	107	67	597
CATAMARCA	7	0,06%	870	443	292	1.605
JUJUY	7	0,06%	402	69	61	532
SAN JUAN	4	0,04%	280	115	66	461
CORRIENTES	3	0,03%	52	37	10	99
SANTA CRUZ	2	0,02%	249	46	33	328
CHACO	1	0,01%	32	17	18	67
FORMOSA	1	0,01%	5	4	1	10
LA RIOJA	1	0,01%	6	2	1	9
MISIONES	1	0,01%	3	-	-	3
NEUQUEN	1	0,01%	3	-	-	3
TIERRA DEL FUEGO	1	0,01%	66	16	9	91
TOTAL	11.326	100%	1.720.067	718.890	499.703	2.938.660

La Apymel nuclea alrededor de 160 empresas lácteas a nivel MiPyMe, las que emplean unas 6000 personas, produciendo alrededor de 900 toneladas mensuales de queso. Estos datos indican la potencial obtención de nueve millones de litros de lactosuero mensuales.

Mientras que las empresas, potenciales clientes, se encuentran radicadas en Buenos Aires, Córdoba, Mendoza, incluso en Santa Fe, y utilizan pellets para fabricar productos plásticos [10]. La Tabla 3 es una lista inicial de estos potenciales clientes.

Tabla 3. Potenciales clientes de PLA

ADOC envases SRL	Vicente Lopez	Buenos Aires
Capoplast – Industrias Plásticas	Alta Córdoba	Córdoba
Establecimiento ALH SRL	Villa Santa Rita	CABA
Duzzen SA	Tres de Febrero	Buenos Aires
Flexodian-impresion y extrusion de plasticos	La Matanza	Buenos Aires
Her Plast SRL	Vicente Lopez	Buenos Aires
Industria Plástica Echeverría SRL	Núñez	CABA
Inyectal ATM SRL	Tres de Febrero	Buenos Aires
Plastiandino SA	San Rafael	Mendoza
Super-Bol SRL	Barracas	CABA
Termoplástica San Rafael SRL	San Rafael	Mendoza
Tom Plast	Lanús	Buenos Aires



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

2.3. Análisis de escala

La escala está supeditada a la expansión geográfica de los productores de lactosuero (oferta), y de los consumidores de PLA (demanda). Como se explicara, por cada kg de queso fabricado se obtienen de 9 a 12 litros de lactosuero [8], dependiendo del tipo de queso, y de la cantidad de agua utilizada durante el proceso, tomando un promedio 10 litros de lactosuero/kg de queso producido, resultando una oferta aproximada de 4.000 millones de litros de suero por año, de los cuales el 55% corresponde a pequeños y medianos productores. La dificultad de la oferta, en este contexto, radica en la falta de hábito respecto a disponer correctamente del lactosuero. Los productores queseros prefieren evitar los costos de transporte, y desechar el mismo, desconociendo el impacto ambiental que esto provoca.

Por su parte la dificultad en la demanda radica en que se distribuye mayoritariamente en Buenos Aires, sin embargo, existe una demanda importante en Córdoba y Mendoza (Tabla 3). La escala de la planta, entonces, deberá ser evaluada en conjunto con la información que brinda la Apymel, a modo de definir la cantidad de plantas apropiada, su distribución y envergadura.

Del mismo modo, aproximando por la bibliografía, por cada kg de queso fabricado se obtiene de 9 a 12 litros de lactosuero [6], dependiendo del tipo de queso y de la cantidad de agua utilizada durante el proceso. Teniendo en cuenta la proporción más desfavorable (9 litros de lactosuero/kg de queso producido) y los datos de producción mundial de queso (FAOSTAT), la producción mundial de lactosuero en el 2005 fue de 1,6.1011 litros diaria.

Las problemáticas a abordar por esta investigación, entonces, involucran la valoración del rendimiento técnico en la obtención de PLA en lactosuero y la rentabilidad económica del proceso.

Dado que los procesos fermentativos son del tipo por lote (batch), con ciclo variable según la cepa del microorganismo de fermentación, se analizarán para cada planta tres líneas de proceso, de manera tal que se pueda absorber la producción diaria de lactosuero. Estas consisten en el primer, y segundo lote de fermentación, además de una tercera línea para el cultivo de los microorganismos fermentativos. De manera tal con una producción diaria de 10.000 litros de lactosuero, deberá ser distribuida entre las plantas según una adecuada distribución geográfica de las mismas.

Inicialmente, y a los efectos de la presentación de este proyecto se consideró, para la evaluación, una muestra representativa de suero de leche, con un porcentaje aproximado de humedad del 94%, un porcentaje de cenizas inferior a 0,01% y una concentración de azúcares expresado en contenido de lactosa de 0,03% y un pH inicial de 6,7, como un sustrato potencial como materia prima para el proceso de fermentación del *Lactobacillus* sp en la producción de ácido láctico. Se estima que el pH de mayor producción es de 4.4 en 18 horas de proceso, alcanzando la mayor tasa de producción y reducción de pH a las 20 horas [13].

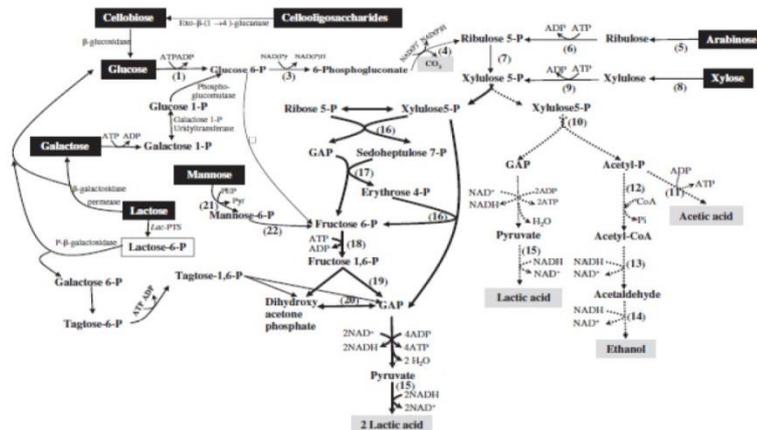


Figura 3. Proceso de obtención de PLA por vía biotecnológica [11]

En este contexto, para el estudio de pre-factibilidad, se relevó la información, detallada en la Tabla 4, de un emprendimiento similar [14], en el que se plantea satisfacer una demanda de 210.000 toneladas anuales de PLA, lo que equivale a tratar cerca de 20.000 litros por hora de lactosuero, una planta así podría tratar el producido por todas las PyMEs adheridas a la Apymel en la misma escala.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Tabla 4. Resumen de Inversión y Costos del Proyecto

Inversión de Capital	Capital Fijo	Costos Directos	USD	1.010.374,29	USD 1.705.384,24	USD 9.056.329,54
		Costos Indirectos	USD	221.543,86		
		Terceros	USD	61.595,91		
		Eventuales	USD	123.191,81		
	Capital de Operación		USD	288.678,37		
Costos de Producción		Costos Directos e Indirectos	USD	6.683.219,32	USD 7.350.945,30	
		Costos Fijos	USD	279.136,53		
		Gastos Generales	USD	388.589,44		

3. Conclusiones

Se propone interactuar con el Sector Lácteos del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), y/o el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), a los efectos de disponer, tanto de material estadístico, como posibles beneficiarios directos (productores) del proyecto. La fragilidad medioambiental ha motivado la revisión de estos procedimientos de la industria láctea, particularmente la fabricación de quesos y sus derivados. La composición del lactosuero incluye al ácido láctico, este ácido es el monómero del ácido poliláctico (PLA), al que actualmente se le han encontrado muchos usos, entre ellos hilos de sutura biodegradables, y material para impresoras 3D. Actualmente existe una mayor demanda de ácido poliláctico, lo que implicaría una mayor facilidad de colocar el producto en el mercado, y por lo tanto justificar las inversiones en el tratamiento del lactosuero para su obtención. Así, en primera instancia se beneficiará el medio ambiente, y todo lo que lo compone, además de permitir aumentar la rentabilidad de la actividad, y del sector productor. Del mismo modo podrían disminuir los costos de los productos derivados en cuestión, que actualmente se importan, y permitir el desarrollo de las actividades relacionadas. Dadas las distancias geográficas, es recomendable dimensionar considerando la instalación de varias plantas, analizando si los costos de transporte, tanto para la provisión de la materia prima como para la distribución del producto terminado, podrán ser absorbidos en el tiempo de amortización. Se debe considerar, además, la estabilidad económica necesaria, donde los inversores puedan contar con reglas claras, un período de amortización razonable, entre dos y tres años, contando con la posibilidad de acceso a líneas de crédito bajo condiciones de factibilidad. Dados los datos de oferta y demanda, es recomendable que la dimensión, en primera instancia, satisfaga el mercado regional, minimizando costos de transporte y comercialización exterior, disminuyendo las importaciones actuales.

La escala, inicialmente propuesta entonces, a nivel PyMEs y/o MiPyMEs, deberá considerar además la cautela de los posibles inversores. De este modo, se considera como razonable un período de dos a tres años para la amortización del emprendimiento, quedando sujeta la dimensión final de la planta a la cantidad y accesibilidad a la materia prima, la distribución geográfica de los productores y demandantes, posibilidad de acceso de los interesados a líneas de crédito, y las condiciones de acceso a las mismas. Dado que los procesos fermentativos son del tipo por lote (batch), con ciclo variable según la cepa del microorganismo de fermentación, se analizarán tres líneas de producción, de manera tal que se pueda absorber la producción diaria de lactosuero, además de una última línea para el cultivo de los microorganismos fermentativos. De manera tal con una producción diaria de 10.000 litros de lactosuero, analizando la posibilidad que este volumen sea provisto por varios productores en forma de cooperativa.

Para el estudio de pre-factibilidad y viabilidad técnica, en estas circunstancias puede tomarse el precio informado en Infocampo para el lactosuero, entre u\$s 800 y U\$ 900 por tonelada, mientras que la tonelada de ácido poliláctico se comercializa en plataformas de e-commerce (Alibabá, MercadoLibre, Amazon, e-Bay, etc.) a un valor promedio desde u\$s 2.400 a u\$s 4.200, según sea la calidad necesaria para su posterior aplicación.

Tabla 5. Resumen del análisis de pre-factibilidad

Volumen diario de lactosuero (litros por día)	10.000
Total de la Inversión (u\$s)	1.705.384,24
Precio estimado de Venta (u\$s/ ton PLA)	\$3.000
Tasa de Referencia	12.0%
Valor Actual Neto (VAN)	3.919.845,39
Tasa Interna de Retorno (TIR)	48.0%
Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)	2años y 2 meses



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

4. Referencias

- [1] D. Bello Gil. Plásticos biodegradables, una alternativa verde. Ecositio. 2009.
- [2] P. Suriyamongkol, R. Weselake, S. Narine, M. Moloney and S. Shah, S. Biotechnological approaches for the production of polyhydroxyalkanoates in microorganisms and plants — A review. *Biotechnology Advances*, vol. 25(2), pp. 148-175, 2007.
- [3] M.G.A. Vieira, M.A. da Silva, L.O. dos Santos and M.M. Beppu. Natural-based plasticizers an biopolymer films: A review. *European Polymer Journal*, vol 47(3), pp. 254-263, 2011.
- [4] Koller, M., Bona, R., Chiellini, E., Fernandes, E. G., Horvat, P., Kutschera, C., Braunegg, G.. Polyhydroxyalkanoate production from whey by *Pseudomonas hydrogenovora*. *Bioresource Technology*, 99(11), 4854-4863. 2008.
- [5] A. C. Soto Montes. Evaluación de la producción de ácido láctico empleando residuo de mora y suero de leche en un sistema de lote. Universidad Pontificia Bolivariana, Escuela de Ingenierías, Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Medellín. 2015.
- [6] J. Sánchez. Potencial biotecnológico de bacterias tácticas silvestres en productos lácteos fermentados: actividad metabólica y producción de exopolisacáridos. Tesis para optar el grado de Doctor. Departamento de Biología Funcional de la Universidad de Oviedo. Asturias. 2005.
- [7] Jayson Castro Gómez. Melisa P. Gómez Calderón. Diseño de reactores de prepolimerización y polimerización para la producción de ácido poliláctico en una planta industrial. Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería. Cartagena de Indias, Colombia 2012.
- [8] M. Hernández Rojas, J. F. Vélez-Ruiz. Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental. Universidad de la Américas, Puebla. 2014.
- [9] A. M. Rojas, L. P. Montaña, M. J. Bastidas. Producción de ácido láctico a partir del lactosuero utilizando *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. *Rev. Colomb. Quim.* 2015, 44 (3), 5-10. 2015
- [10] Giaroli, G. N., Maggioni A. A. (2015). Producción de Poliacidolactico por ROP en la provincia de Buenos Aires. Estudio de prefactibilidad. Facultad de ciencias aplicadas a la industria. Universidad Nacional de Cuyo. San Rafael, Mendoza.
- [11] Abdel-Rahman, M. A., Tashiro, Y. y Sonomoto, K. (2013). Recent advances in lactic acid production by microbial fermentation processes. En: *Biotechnology Advances*. Vol. 31, no. 6, p. 890.
- [12] Castro Gómez, J., Vera Calderón, M. P. (2012). Diseño de reactores de prepolimerización y polimerización para la producción de ácido láctico en una planta industrial. Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería. Cartagena de Indias.
- [13] Eneque Manayay, Y. M., Velázquez Millones, Luis Leonel. (2014). Síntesis de ácido láctico a partir de lactosuero desproteinizado utilizando *Lactobacillus Bulgaricus* aislado del yogurt. Tesis para optar por el título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, Escuela Profesional de Ingeniería Química, Peru.
- [14] Yamunaqué Chero, K. M. (2015). Estudio de factibilidad Técnico-Económico en la instalación de una planta química para la producción del biopolímero ácido láctico (PLA) a partir del lactosuero. Tesis para optar por el título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela Profesional de Ingeniería Química. Piura, Peru.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



CAIQ 2019
CENTENARIO FIQ - Santa Fe
4 al 7 Agosto de 2019

X Congreso Argentino de Ingeniería Química

Estudio de pre-Factibilidad Técnica Económica para la Obtención de Acido Poliláctico a Partir del Lactosuero Residual de la Producción de Quesos

Autores: Fauroux L. E. (lfauroux@unlam.edu.ar), León P., Degaetani O. J., Franco D.
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas - (Universidad Nacional de La Matanza)
Florencio Varela 1905 (1754) San Justo - Argentina

Resumen: El lactosuero es un subproducto de la fabricación de quesos y manteca. Dependiendo del productor, a causa del costo de inversiones, en muchas ocasiones es descartado sin otro tratamiento, o uso posterior, lo que lo transforma en un potencial problema ambiental. En este trabajo, entonces, se contempla la posibilidad de estudiar la factibilidad técnica-económica de la obtención de ácido poliláctico (PLA), con el objeto de ser utilizado como materia prima para impresiones 3D, hilos de sutura biodegradables, etc. Actualmente existe una mayor demanda de ácido poliláctico, lo que implicaría una mayor facilidad de colocar el producto en el mercado, y por lo tanto justificar las inversiones en el tratamiento del lactosuero para su obtención.

PLA y la distribución de la industria láctea:

Los PLA poseen propiedades físico-mecánicas muy apropiadas, de modo que fueron reemplazantes de los plásticos tradicionales. El rango de temperatura de su transición vítrea está dentro los 50°C y 80°C mientras que la de fusión se encuentra entre los 130°C y 180°C (Castro, 2012). El inconveniente que presenta su producción son los altos costos. Sin embargo, su gran interés es la sustitución de plásticos provenientes del petróleo (Bello Gil, 2009).

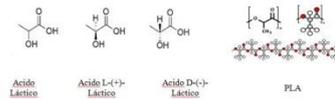


Fig 1. Acido Láctico y Poliláctico

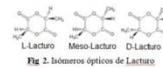


Fig 2. Isómeros ópticos de Lactosa



Fig 3. Distribución de tambos. (INTA, 2010; Observatorio de la cadena láctea Argentina, 2019)

La concentración de los productores lácteos deberá ser tenida en cuenta junto con la demanda al momento de evaluar la ubicación geográfica de una futura planta de procesos. Empresas que se encuentran radicadas en Buenos Aires, Córdoba, Mendoza, Santa Fe, y que utilizan pellets para fabricar productos plásticos (Giaroli, 2015). El emprendimiento reemplazará una parte de las importaciones actuales de PLA. Asimismo, y a modo de referencia, la Agencia Córdoba Innovar y Emprender del gobierno de Córdoba, informó que en 2017 la demanda de servicios 3D ha crecido un 60%.

Resultados:

Los procesos fermentativos son del tipo por lote (batch), con ciclo variable según la cepa del microorganismo de fermentación, se analizarán tres líneas de producción, de manera tal que se pueda absorber la producción diaria de lactosuero, además de una última línea para el cultivo de los microorganismos fermentativos. De manera tal con una producción diaria de 10.000 litros de lactosuero, analizando la posibilidad que este volumen sea provisto por varios productores en forma de cooperativa.

		Costos Directos	USD	1.010.374,29		
Inversión de Capital	Capital Fijo	Costos Indirectos	USD	221.543,86		
		Terceros	USD	61.595,91	USD	
		Eventuales	USD	123.191,81	1.705.384,24	
		Capital de Operación	USD	288.678,37	USD	
Costos de Producción		Costos Directos e Indirectos	USD	6.683.219,32	USD	
		Costos Fijos	USD	279.136,53	7.350.945,30	
		Gastos Generales	USD	388.589,44		
					9.056.329,54	

Volumen diario de lactosuero (litros por día)	10.000
Total de la Inversión (u\$s)	1.705.384,24
Precio estimado de Venta (u\$s/ ton PLA)	\$3.000
Tasa de Referencia	12.0%
Valor Actual Neto (VAN)	3.919.845,39
Tasa Interna de Retorno (TIR)	48.0%
Período de Recuperación de la Inversión (PRI)	2 años y 2 meses



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

06/02/2020

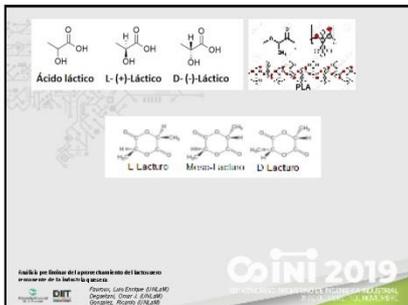


Tabla 1. Algunos ejemplos de procesos fermentativos

Tipo de fermentación	Microorganismo	Obtención de Acido Láctico (g/L)	Bibliografía	Características
Lote	Lactobacillus casei ATCC 393	1,1	(M & P, 2013)	Desproteínización por filtración
Lote	Lactobacillus casei NIRMCC 1013	33,73	(Kosova, 2010)	Desproteínización por filtración
Lote	Lactobacillus casei & Lactobacillus sp	18	Lote (Panesar, Kenney, Oandhi, & Burke, 2007)	Sistema de células inmovilizadas
Continua	Lactobacillus casei & Lactobacillus sp	14,8	(Panesar et al., 2007)	Sistema de células inmovilizadas
Continua	Lactobacillus helveticus	19-22	(Schepers, Thibault, & Lacroix, 2006)	Fermento de suero
Lote	Lactobacillus helveticus	10	(Tango & Ghaly, 1995)	Suero ultra filtrado

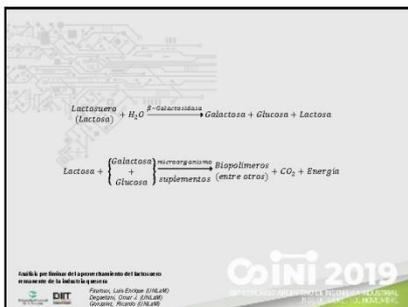


Tabla 2. Distribución de fambos (SENASA, marzo 2017)

Provincia	Lambos	%	Vaca	Caprinos	Ovinos	Porc
ARIENS	12	0,01	22	28	24	22
BUNIA	10	0,01	10	10	10	10
BUENOS AIRES	100	1,00	100	100	100	100
CHUBUT	10	0,10	10	10	10	10
CORDOBA	10	0,10	10	10	10	10
CATAMARCA	10	0,10	10	10	10	10
ENTRE RIOS	10	0,10	10	10	10	10
FORMOSA	10	0,10	10	10	10	10
JUJUY	10	0,10	10	10	10	10
LA RIOJA	10	0,10	10	10	10	10
MENDOZA	10	0,10	10	10	10	10
MISIONES	10	0,10	10	10	10	10
NEUQUEN	10	0,10	10	10	10	10
PARANA	10	0,10	10	10	10	10
RIO NEGRO	10	0,10	10	10	10	10
SANTA FE	10	0,10	10	10	10	10
SUR SANTIAGO	10	0,10	10	10	10	10
TUCUMAN	10	0,10	10	10	10	10
ZAMORA CHINCHIPE	10	0,10	10	10	10	10
TOTAL	100	1,00	100	100	100	100



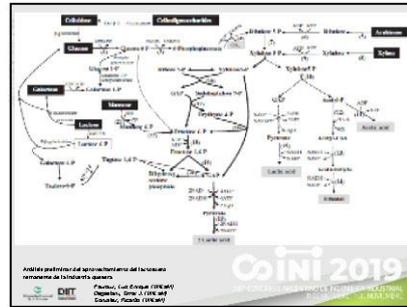
Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

06/02/2020

Tabla 3. Potencial proveedores de PLA

ADDC Envases SRL	Vicente Lopez	Buenos Aires
Capoplast - Industrias Plásticas	Atta Córdoba	Córdoba
Establecimiento ALH SRL	Villa Santa Rita	CABA
Duzen SA	Tres de Febrero	Buenos Aires
Flexodian-impresion y extrusion de plasticos	La Matanza	Buenos Aires
Her Plast SRL	Vicente Lopez	Buenos Aires
Industria Plástica Echeverría SRL	Núñez	CABA
Injectal ATM SRL	Tres de Febrero	Buenos Aires
Plastaridino SA	San Rafael	Mendoza
Super-Bol SRL	Baracas	CABA
Termoplástico San Rafael SRL	San Rafael	Mendoza
Tom Plast	Lanús	Buenos Aires

ANÁLISIS POLITÉCNICO DEL APROVECHAMIENTO DEL TALENTO HUMANO DE LA INDUSTRIA QUÍMICA
 Puntos: Luc Echeverría (198.489)
 Oropesa, Omar J. (108.847)
 González, Ricardo (101.347)



Resumen de Inversión y Costos del Proyecto

Inversión de Capital	Capital Fijo	Costos		USD	
		Directos	Indirectos		
Capital de Operación	Costos Directos	USD	1.010.374,20	USD	
	Costos Indirectos	USD	23.543,86		
	Terceros	USD	61.595,91		
	Eventuales	USD	12.191,81		
Costos de Producción	Costos Directos e Indirectos	USD	6.683.219,32	USD	
	Costos Fijos	USD	278.136,53		
	Gastos Generales	USD	388.589,44		
					7.350.045,30
				USD	9.056.329,54

ANÁLISIS POLITÉCNICO DEL APROVECHAMIENTO DEL TALENTO HUMANO DE LA INDUSTRIA QUÍMICA
 Puntos: Luc Echeverría (198.489)
 Oropesa, Omar J. (108.847)
 González, Ricardo (101.347)

Conclusiones

Para el estudio de pre-factibilidad y viabilidad técnica, en estas circunstancias puede tomarse el precio informado en Infocampo para el lactosuero, entre US\$ 800 y US\$ 900 por tonelada, mientras que la cantidad de leche pasteurizada se aproximaría en un plantío masivo de a como mucho (Albia, Mercadolibre, Amazon, e-Boy, etc.) a un valor promedio desde US\$ 2.400 a US\$ 4.200, según sea la calidad necesaria para su posterior aplicación.

Resumen de la métrica de pre-factibilidad

Volumen diario de lactosuero (litros por día)	30.000
Total de la Inversión (USD)	1.705.384,24
Precio estimado de Venta (USD/ton FUA)	20.000
Tasa de Referencia	12,0%
Valor Actual Neto (VAN)	3.919.845,39
Tasa Interna de Retorno (TIR)	48,0%
Período de Recuperación de la Inversión (PI)	2,85 y 2 meses

ANÁLISIS POLITÉCNICO DEL APROVECHAMIENTO DEL TALENTO HUMANO DE LA INDUSTRIA QUÍMICA
 Puntos: Luc Echeverría (198.489)
 Oropesa, Omar J. (108.847)
 González, Ricardo (101.347)

MUCHAS GRACIAS

fsurows@unlam.edu.ar

ANÁLISIS POLITÉCNICO DEL APROVECHAMIENTO DEL TALENTO HUMANO DE LA INDUSTRIA QUÍMICA
 Puntos: Luc Echeverría (198.489)
 Oropesa, Omar J. (108.847)
 González, Ricardo (101.347)



**X Congreso Argentino
de Ingeniería Química**

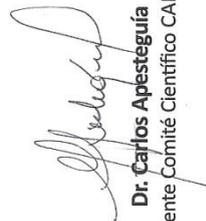
Congreso Internacional "100 años de Ingeniería Química en Argentina y Latinoamérica"

CERTIFICADO
Otorgado a:

Luis Fauroux

Por su participación en el CAIQ2019 - X Congreso Argentino de Ingeniería Química

Santa Fe - 4 al 7 de Agosto de 2019


Dr. Carlos Apesteguía
Presidente Comité Científico CAIQ2019


Ing. Oscar Pagola
Presidente AAIQ
Presidente Comité Organizador CAIQ2019



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



OSINI 2019

XIIº CONGRESO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CERTIFICADO DE EXPOSITOR

Fauroux, Luis Enrique

Ha expuesto su trabajo “Análisis preliminar del aprovechamiento del lactosuero remanente de la industria quesera, (Código: CO19-Do1)”, en el marco del XIIº Congreso Nacional de Ingeniería Industrial desarrollado los días 31 de octubre y 1º de Noviembre en la Universidad Tecnología Nacional Facultad Regional Santa Cruz, Río Gallegos.

DR. INC. MARIO LURBE
PRESIDENTE CONI 2019

ESP. ARQ. MIGUEL RISETTO
PRESIDENTE ACCINI

LIC. SEBASTIÁN PUIG
DECANO UTN-FRSC



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



ANÁLISIS DE VARIABLES DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE ÁCIDO POLILÁCTICO (PLA)

Luis E. Fauroux¹, Pablo Espiñeira, Martín M. Bella, Omar J. Degaetani, Ricardo González

¹ Depto de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas – Universidad Nacional de La Matanza
Florencio Varela 1905, San Justo, Buenos Aires, Argentina
correo-e: lfauroux@unlam.edu.ar.

RESUMEN

Este trabajo se encuentra enmarcado dentro una línea de investigación sobre la utilización del lactosuero remanente de la industria quesera. Dados los costos implicados en este sentido, los productores, en Argentina, habitualmente descartan este subproducto, que por poseer un alto contenido de materia orgánica, se transforma en un problema ambiental. Por este motivo, es que se analizó la factibilidad de la obtención de ácido poliláctico (PLA) a partir del lactosuero. Debido a que es un tema prácticamente no desarrollado en Argentina, además del análisis económico y ambiental, es necesario efectuar el análisis de las variables de transporte de fluido, lo que condicionará los aspectos mecánicos de una instalación, tales como soldaduras, válvulas y eventuales “golpes de ariete”, lo que implica mayor requisito en las especificaciones de planta.

Palabras Claves: Golpe, Ariete, Hidráulica





Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



1. INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación estuvo motivado en la inquietud de pequeños productores queseros, quienes buscaban una alternativa para el uso del lactosuero, un producto secundario de la producción de quesos. El lactosuero, o suero de leche, es el subproducto de mayor volumen de la industria quesera, y el que más costo insume para su uso secundario. El volumen obtenido, por cada kilogramo de queso producido, varía entre los nueve y los doce litros, después de la precipitación y la remoción de la caseína de leche. Se trata de un líquido translúcido, amarillo verdoso, aunque según sea la calidad y el tipo de leche utilizada, en ocasiones puede presentar un tono azulado. Su comercialización directa como suero líquido, no es posible, dadas sus características, lo que dificulta su aceptación en el mercado. El destino habitual de una parte del lactosuero, por su carga proteica, es para la alimentación porcina de bajo rendimiento, y su mayor desventaja, por la cantidad en cuestión, y su alto contenido en materia orgánica, resulta ser el potencial riesgo ambiental. La realidad es que un gran parte de los productores lácteos, debido al alto costo y baja rentabilidad de su uso secundario, disponen del mismo sin previo tratamiento. Sin embargo, en los últimos años, se ha ido incrementando el uso de ácido poliláctico (PLA). Su aplicación dependerá de las características del PLA, según sea biodegradable o no, desde hilos de sutura a filamentos para impresiones 3D, entre otros, y su producción a partir del lactosuero, resulta en la actualidad como una posibilidad rentable. El ácido poliláctico puede obtenerse a través de un proceso de doble fermentación, mientras que la escala de producción podrá ser incluso desde pequeñas cooperativas, como aquellas nucleadas en la ApyMeL.

La base del diseño fue extraída de la evaluación de la producción de ácido láctico, en Perú, empleando residuo de mora y suero de leche en un sistema de lote [1].

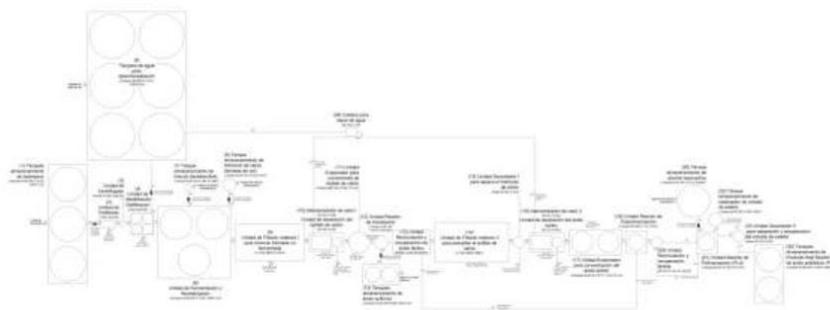


Figura 1 – Layout de Planta de referencia a 24 m³/hora





Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



2. Variables geográficas para el dimensionamiento de producción

La disponibilidad de provisión de lactosuero en Argentina alcanza aproximadamente para sostener un caudal de consumo de 12m³/hora, sin embargo el área de distribución de los productores queseros, potenciales proveedores, es demasiado amplia.



Figura 2. Cuenca lactea. (INTA, 2010; Observatorio de la cadena láctea Argentina, 2019)

Asimismo es la distribución de los potenciales clientes, y su demanda otra de las variables a considerar.

Tabla 1. Potenciales clientes de PLA

Establecimiento ALH SRL	Villa Santa Rita	CABA
Industria Plástica Echeverría SRL	Núñez	CABA
Super-Bol SRL	Barracas	CABA
ADOC envases SRL	Vicente Lopez	Buenos Aires
Duzzen SA	Tres de Febrero	Buenos Aires
Flexodian-impresión y extrusión de plásticos	La Matanza	Buenos Aires
Her Plast SRL	Vicente Lopez	Buenos Aires
Inyectal ATM SRL	Tres de Febrero	Buenos Aires
Tom Plast	Lanús	Buenos Aires
Capoplast – Industrias Plásticas	Alta Córdoba	Córdoba
Plastiandino SA	San Rafael	Mendoza
Termoplástica San Rafael SRL	San Rafael	Mendoza





Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Por lo que cabe estudiar, también, la posibilidad de dividir la producción en tres plantas, a los efectos de minimizar los costos de transporte.

3. Variables de dimensionamiento

La escala queda, entonces, supeditada a la expansión geográfica de los productores de lactosuero (oferta), y de los consumidores de PLA (demanda). Como se explicara, por cada kg de queso fabricado se obtienen de 9 a 12 litros de lactosuero [7], dependiendo del tipo de queso, y de la cantidad de agua utilizada durante el proceso, tomando un promedio 10 litros de lactosuero/kg de queso producido, resultando una oferta aproximada de 4.000 millones de litros de suero por año, de los cuales el 55% corresponde a pequeños y medianos productores. La dificultad de la oferta, en este contexto, radica en la falta de hábito respecto a disponer correctamente del lactosuero. Los productores queseros prefieren evitar los costos de transporte, y desechar el mismo, desconociendo el impacto ambiental que esto provoca.

Por su parte la dificultad en la demanda radica en que se distribuye mayoritariamente en Buenos Aires, sin embargo, existe una demanda importante en Córdoba y Mendoza (Tabla 1). La escala de la planta, entonces, deberá ser evaluada en conjunto con la información que brinda la Apymel, a modo de definir la cantidad de plantas apropiada, su distribución y envergadura.

Del mismo modo, aproximando por la bibliografía, por cada kg de queso fabricado se obtiene de 9 a 12 litros de lactosuero [6], dependiendo del tipo de queso y de la cantidad de agua utilizada durante el proceso. Teniendo en cuenta la proporción más desfavorable (9 litros de lactosuero/kg de queso producido) y los datos de producción mundial de queso (FAOSTAT), la producción mundial de lactosuero en el 2005 fue de 1,6.1011 litros diaria.

Inicialmente, y a los efectos de la presentación de este proyecto se consideró, para la evaluación, una muestra representativa de suero de leche, con un porcentaje aproximado de humedad del 94%, un porcentaje de cenizas inferior a 0,01% y una concentración de azúcares expresado en contenido de lactosa de 0,03% y un pH inicial de 6.7, como un sustrato potencial como materia prima para el proceso de fermentación del *Lactobacillus* sp en la producción de ácido láctico. Se estima que el pH de mayor producción es de 4.4 en 18 horas de proceso, alcanzando la mayor tasa de producción y reducción de pH a las 20 horas [8].





Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



4. Golpe de ariete

Como se mencionara la planta de PLA consiste en un proceso de doble fermentación. Este tipo de planta se conoce como del tipo semi-continuo, ya que integra por un lado el procesamiento por lotes (batch) y por otro el flujo continuo.

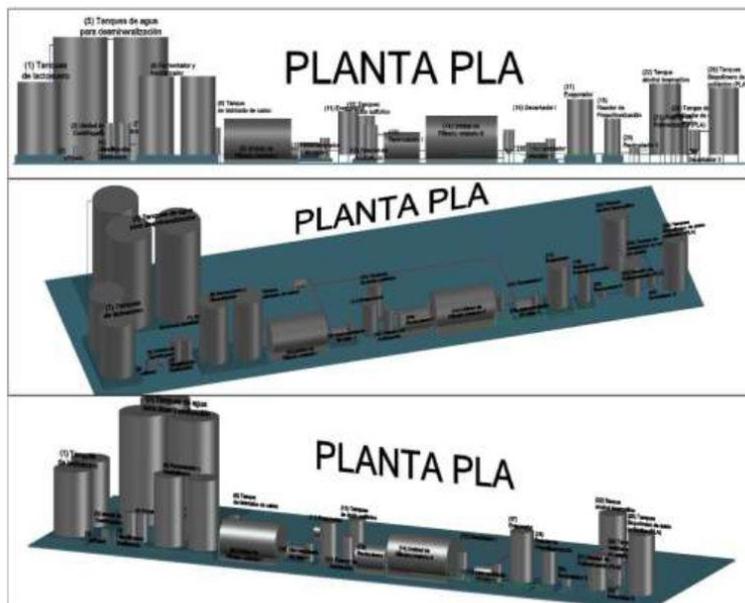


Figura 3 – Modelización 3D de una planta de

El sólo conocimiento de la existencia de un proceso por lotes, implica la operación de carga, almacenamiento, y descarga, lo que induce a pensar inmediatamente la probabilidad del golpe de ariete.

El choque hidráulico, conocido como golpe de ariete, ocurre cuando hay un cambio repentino en la dirección, o la velocidad de un fluido en un sistema, produciendo un incremento momentáneo de presión. Este fenómeno sucede en válvulas de cierre repentino, en el momento que se detiene el paso del fluido circulante por cañerías, la energía de presión es transferida a la válvula y a la pared de la tubería, las ondas expansivas de presión se transmiten en el sentido opuesto al flujo, hasta que encuentran una restricción, cambiando nuevamente el sentido de propagación, así sucesivamente provocando una seguidilla de “golpes” oscilantes.





Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Varios pueden ser los motivos que provocan este evento, en este análisis se pondrá el foco en los más comunes, los que habitualmente inducen grandes cambios de presión, el arranque de la bomba, un fallo de potencia en la bomba, la apertura y/o cierre repentino de válvulas, y las operaciones inapropiadas o la incorporación de dispositivos de protección, que ante eventuales oscilaciones de presión pueden resultar más perjudiciales que beneficiosas.

Para el caso de la planta de PLA se consideraron parámetros correspondientes a las cañerías de transporte de ácido sulfúrico concentrado y agua, considerando el criterio de Mendiluche-Rosich para cañerías de impulsión.

De este modo el tiempo crítico se calcula según la Ecuación (1), la celeridad de la onda por la Ecuación (2), y la sobrepresión mediante la Ecuación (3)

$$T = C + \frac{k \cdot L \cdot U}{g \cdot Hm} \quad (1)$$

$$c = \frac{\sqrt{\left(\frac{\varepsilon}{\rho}\right)}}{\sqrt{\left(1 + \frac{\varepsilon \cdot D}{E \cdot e}\right)}} \quad (2)$$

$$\Delta h_{\text{máx}} = \frac{cU}{g} \quad (3)$$

Tabla 1. *Parámetros para cañería de transporte de fluidos en acero inoxidable 316,*

	Unidad	Ac. Sulfúrico, en Inoxidable 316.	Agua en Polipropileno
Longitud de la cañería "L"	M	19,85	9,77
Caudal	l/min	15,14	14,01
Velocidad media "U"	m/s	0,19	0,40
Altura manométrica "Hm" (mts de columna de agua)	mca	2,52	5,79
Coficiente experimental "K"		2	2
Coficiente experimental "C"		1	0
Aceleración de la gravedad "g"	m/s ²	9,81	9,81
Módulo de compresibilidad del fluido "ε"	Pa	3,00E+09	2,20E+09
Masa específica del fluido "ρ"	kg/m ³	1850	1000
Módulo de Elasticidad del material de la cañería "E"	Pa	1,88E+11	8,50E+08
Espesor de la cañería "e"	mm	1,5	3,7
Diámetro de la cañería "D"	mm	32	32,6





Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



4.1. Cañerías

En este apartado se enumeran las diferentes problemáticas entre las cañerías de acero inoxidable y las de polipropileno (PP). Las características a considerar son la resistencia química y mecánica. En estos sentidos la gestión del agua no presenta mayores dificultades, sin embargo el ácido sulfúrico presenta ciertos inconvenientes [1, 2], el PP es sensible al ataque del ácido sulfúrico concentrado, motivo por el cual la bibliografía citada selecciona acero inoxidable. No es un detalle menor la evaluación de los costos, por lo que una alternativa intermedia podría ser efectuar el "pasivado" de cañerías de acero std. Esta alternativa, a su vez, podría hacer disminuir los costos y dificultades de las soldaduras de acero inoxidable. Dado que no existen datos al respecto, los cálculos se realizaron considerando cañerías de acero inoxidable para el transporte de ácido sulfúrico.

5. RESULTADOS

Tabla 2. Resultados para el caso de transporte de agua

Tiempo Crítico "T"	0,14 s
Celeridad de la onda "C"	304,01 m/s
Sobrepresión "Dh"	12,3 mca
	1,23 kgf/cm²

Tabla 3. Resultados para el caso de transporte de ácido sulfúrico

Tiempo Crítico "T"	1,31 s
Celeridad de la onda "C"	1099,53 m/s
Sobrepresión "Dh"	21,5 mca
	2,15 kgf/cm²

5. CONCLUSIONES

El golpe de ariete usualmente daña a las bombas centrífugas, ya sea cuando la energía eléctrica falla, o cuando corresponde un cierre instantáneo. En esta situación, la mejor forma de cuidar las instalaciones es mediante válvulas de control automáticas, como las válvulas globo, las cuales tienen la capacidad de cerrar lentamente. De este modo se puede morigerar el aumento en la presión cuando las ondas de sobre-presión, aguas abajo, regresan del tanque de almacenamiento.

En el caso del aire disuelto, y arrastrado, o los cambios de temperatura del fluido, pueden ser controlados con el uso de válvulas de alivio de presión, fijadas para abrir ante un exceso de presión, y que volverán a cerrar al normalizarse la presión. Sin embargo, deben ser





Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



propiamente clasificadas y seleccionadas para realizar la tarea para la que están previstas sin producir efectos secundarios. Todos los descensos bruscos de presión deben ser controlados de la misma manera que ante una caída de presión en los puntos elevados, con válvulas liberadoras de aire, y de vacío, si están debidamente clasificadas y dimensionadas, pueden ser el medio menos costoso para proteger el sistema de tuberías. Los cálculos demuestran que aumentar el largo de una cañería disminuye el tiempo crítico, no obstante, aumentará el volumen de aire innecesario, que deberá ser ventilado lentamente, incrementando el tiempo muerto del sistema.

6. REFERENCIAS

- [1] Evaluación de la producción de ácido láctico empleando residuo de mora y suero de leche en un sistema de lote. A. C. Soto Montes. Universidad Pontificia Bolivariana, Escuela de Ingenierías, Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Medellín. 2015.
- [2] Estudio de factibilidad Técnico-Económico en la instalación de una planta química para la producción del biopolímero ácido láctico (PLA) a partir del lactosuero. K. M. Yamunaqué Chero. Tesis para optar por el título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela Profesional de Ingeniería Química. Piura, Perú 2015.
- [3] Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales- M. Hernández Rojas, J. F. Vélez-Ruiz. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental. Universidad de la Américas, Puebla. 2014.
- [4] Producción de ácido láctico a partir del lactosuero utilizando *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. A. M. Rojas, L. P. Montaña, M. J. Bastidas. Rev. Colomb. Quim. 2015, 44 (3), 5-10. 2015
- [5] Aprovechamiento Industrial de Lactosuero Mediante Procesos Fermentativos. • Juan Sebastián Ramírez-Navas. DOI: 10.22490/25394088.1100. Universidad del Valle, Colombia. 2012.
- [6] J. Sánchez. Potencial biotecnológico de bacterias tácticas silvestres en productos lácteos fermentados: actividad metabólica y producción de expolisacaridos. Tesis para optar el grado de Doctor. Departamento de Biología Funcional de la Universidad de Oviedo. Asturias. 2005.
- [7] M. Hernández Rojas, J. F. Vélez-Ruiz. Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental. Universidad de la Américas, Puebla. 2014.





Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



- [8] Eneque Manayay, Y. M., Velázquez Millones, Luis Leonel. (2014). Síntesis de ácido láctico a partir de lactosuero desproteínizado utilizando *Lactobacillus Bulgaricus* aislado del yogurt. Tesis para optar por el título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, Escuela Profesional de Ingeniería Química, Peru.





Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Revista Digital del Departamento de
Ingeniería e Investigaciones
Tecnológicas de la Universidad
Nacional de La Matanza

ISSN: 2525-1333
Vol.: XX - Nro. XX (MES-AÑO)



artículo original

FACTIBILIDAD DE LA OBTENCION DE ACIDO POLILACTICO A PARTIR DE LACTOSUERO

FEASIBILITY OF OBTAINING POLYLACTIC ACID FROM WHEY

L. E. FAUROUX⁽¹⁾, P. LEON⁽²⁾, O. J. DEGAETANI⁽³⁾

⁽¹⁾ Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas - UNLaM
Correo electrónico lfauroux@unlam.edu.ar
DESEA PUBLICAR SU E-MAIL (~~SI-NO~~)

⁽²⁾ Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas - UNLaM
Correo electrónico pleoan@unlam.edu.ar
DESEA PUBLICAR SU E-MAIL (~~SI-NO~~)

⁽³⁾ Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas - UNLaM
Correo electrónico odegaetani@unlam.edu.ar
DESEA PUBLICAR SU E-MAIL (~~SI-NO~~)

Resumen:

El lactosuero es un subproducto de la fabricación de quesos y manteca, y a causa del costo de inversiones, es habitualmente descartado sin tratamiento, o uso posterior, con el consiguiente riesgo ambiental. Este artículo aborda el estudio de factibilidad de la obtención de ácido poliláctico (PLA), a partir de este



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



lactosuero, como materia prima para impresiones 3D, hilos de sutura biodegradables, etc., teniendo en cuenta que esto representa también un beneficio para el ambiente.

El estudio de mercado indicará la conveniencia de producir uno, otro, o una producción mixta, el PLA tiene dos formas, L(+) y D(-), siendo el isómero L(+), el biodegradable y metabolizado por el organismo humano. La escala, inicialmente propuesta, es al nivel PyMEs y/o MiPyMEs, con una producción diaria entre 5.000 y 10.000 litros de lactosuero, ya sea en forma individual o conjunta. Dado que los procesos fermentativos son del tipo por lote (batch), se analizarán tres líneas de producción, de manera tal que se pueda absorber la producción diaria de lactosuero, además de una línea para el cultivo de los microorganismos fermentativos.

Asimismo, corresponde evaluar y minimizar el impacto ambiental de la planta, así como los beneficios que en este sentido se obtendrían.

Abstract:

Whey is a by-product of the manufacture of cheeses and butter, and because of the investment cost, it is usually discarded without treatment, or subsequent use, with the consequent environmental risk. This article addresses the feasibility study of obtaining polylactic acid (PLA), from this whey, as a raw material for 3D printing, biodegradable suture threads, etc., taking into account that this also represents a benefit for the environment.

The market study will indicate the convenience of producing one, the other, or a mixed production, PLA has two forms, L (+) and D (-), being the L (+) isomer, the biodegradable and metabolized by the human body. The scale, initially proposed, is at the SME and / or MSMEs level, with a daily production of between 5,000 and 10,000 liters of whey, either individually or jointly. Since the fermentation processes are of the batch type, three production lines will be analyzed in such a way that the daily production of whey can be absorbed, in addition to a line for the cultivation of the fermentation microorganisms.

Likewise, it is necessary to evaluate and minimize the environmental impact of the plant, as well as the benefits that would be obtained.

Palabras Clave: *aprovechamiento, lactosuero, impresoras, poliláctico*

Key Words: *use, whey, printers, polylactic*



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Revista Digital del Departamento de
Ingeniería e Investigaciones
Tecnológicas de la Universidad
Nacional de La Matanza
ISSN: 2525-1333. Vol.: XX - Nro. XX (MES-AÑO)



Colaboradores: Ricardo GONZALEZ, Nicolás MOLINA VIUSTAZ, Pablo A. ESPÍÑEIRA, Daniel FRANCO.

El e-journal es de un ámbito de difusión científico que publica trabajos que muestren el estado del arte y las tendencias en las áreas de la ingeniería civil, electrónica, informática, industrial, mecánica y arquitectura. Las temáticas que puede abordar son, entre otras Agentes, Sistemas Inteligentes y Robótica; Agro Ecología; Análisis de Datos; Arquitectura; Bio Ingeniería; Bio Medicina; Computación Gráfica, Visualización y Realidad Virtual; Comunicaciones de Datos; Desarrollo Sostenible; Diseño en Alto Nivel y Sistemas Empotrados; Energías Alternativas; Geología; Herramientas para la Competitividad; Ingeniería de Software; Instrumentación y Sistemas de Control; Logística; Medio Ambiente; Modelos Hidrológicos; Modelos y Simulación; Nuevos Materiales para Industria de la Construcción; Procesamiento de Señales; Procesamiento Distribuido y Paralelo; Seguridad Informática; Sistemas de Gestión de la Calidad; Sistemas Operativos; Tecnología Informática e Innovación Aplicada en Educación.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



I. CONTEXTO

El presente artículo se encuentra en el área del aprovechamiento de subproductos con potencial contaminante, la gestión del medio ambiente, y la potencial sustitución de importaciones de ácido poliláctico (PLA), disminuyendo los costos e materia prima y expandiendo la oferta de productos nacionales.

II. INTRODUCCIÓN

El lactosuero o suero de leche es un líquido claro, de color amarillo verdoso translúcido, o incluso, a veces, un poco azulado (el color depende de la calidad y el tipo de leche utilizada en su obtención). Es el coproducto más abundante de la industria láctea, resultante después de la precipitación y la remoción de la caseína de leche durante la elaboración del queso y la fabricación de caseína. Es de difícil aceptación en el mercado, ya que sus características no lo hacen apto para su comercialización directa como suero líquido. El lactosuero es un subproducto cargado de materia orgánica con potencial riesgo ambiental. Por cada kilogramo de queso producido, se eliminan 8-9 L de suero con valores DBO de 30-60 kg/m³. Entre los tipos de sueros, el más común es el de queso. Se pueden distinguir dos tipos: suero dulce y suero ácido. El primero es resultado de la acción proteolítica de enzimas coagulantes sobre las micelas de caseína (CN) de la leche, las cuales catalizan la ruptura del enlace peptídico de la κ -CN entre los aminoácidos fenilalanina en la posición 105 y metionina en la posición 106, provocando la precipitación de las CN para obtener el queso. Es el más utilizado por la industria. El suero ácido por su parte, es resultado de la coagulación ácida o láctica de las micelas de CN a nivel de su punto isoeléctrico (pH 4,6), lo cual conlleva la desmineralización y la pérdida de su

estructura. Este suero contiene más del 80% de los minerales de la leche de partida por lo que para la mayoría de sus aplicaciones debe neutralizarse, además su contenido en lactosa se ve reducido a causa de la fermentación láctica.

El ácido láctico (ácido 2-hidroxi-propanoico / 2-ol-propanoico ($\text{CH}_3\text{C}(\text{OH})\text{H}_2\text{COOH}$)), fue aislado e identificado en 1780 por Scheele en una muestra de leche agria, fue reconocido como producto de fermentación en 1847 por Blondeaur, la producción por fermentación a escala mundial comenzó hacia 1881. El ácido láctico posee 2 isómeros ópticos, el D(-) (dextrógiro) y el L(+) (levógiro), además de una forma racémica constituida por fracciones equimolares de las formas L(+) y D(-). El isómero L(+) es metabolizado por el organismo humano.

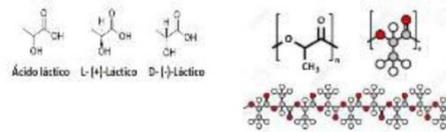


Fig 1. Acido Láctico y Poliláctico

Todas las formas, ópticas y racémica, son líquidas a temperatura y presión ambiente, siendo incoloros e insolubles en agua. En estado puro son sólidos de punto de fusión bajo, aunque de difícil determinación debido a que son altamente hidrofóbicos, lo que dificulta su obtención en forma anhidra; por lo que se manipulan entre los 18 y 33 °C. El punto de ebullición del producto anhidro se ubica entre los 125 y los 140°C. Dado que ambas formas isométricas pueden ser polimerizadas, se pueden producir polímeros con diferentes propiedades según sea su composición.

Fue en los años 60 que se descubrió su utilidad en aplicaciones biomédicas al fabricarse hilos de sutura, clavos auxiliares en fracturas óseas, etc. Los PLA poseen



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



propiedades físico-mecánicas muy apropiadas, de modo que fueron reemplazantes de los plásticos tradicionales. El rango de temperatura de su transición vítrea está dentro los 50 °C y 80 °C mientras que la de fusión se encuentra entre los 130 °C y 180 °C [1]. El inconveniente que presenta su producción son los altos costos. Sin embargo, su gran interés es la sustitución de plásticos provenientes del petróleo [2]. La realidad indica que una gran parte de los productores lácteos disponen del mismo sin previo tratamiento, o bien una parte es destinada a alimentación porcina de bajo rendimiento, dado que, hasta el momento, no se trata de una actividad rentable. Contiene diversos nutrientes que pueden ser aprovechados como materia prima en otras industrias alimentarias. Entre ellos: proteínas hidrosolubles, lactosa, vitaminas, sales y minerales. Los principales subproductos son: el suero en polvo, suero en polvo desmineralizado, lactosa en polvo, suero en polvo deslactosado y suero reducido en lactosa (RLW), aislados proteicos de suero (WPI), proteínas concentradas de suero (WPC), lactalbumina y suero permeado (WP).

III. MÉTODOS

Según el procedimiento que se utilice, se puede obtener PLA biodegradable o no. La obtención de PLA puede realizarse mediante el empleo de microorganismos como *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Nocardia*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* y *E. coli recombinante* [3], [4], [5]. El PLA, es un compuesto generado por la polimerización del ácido láctico obtenido de la fermentación de azúcares, por un doble proceso de fermentación y polimerización. El mismo es llevado a cabo por diferentes bacterias homolácticas con

rendimientos de más del 95% respecto a la conversión del azúcar en ácido láctico. El proceso se lleva a cabo a baja concentración de oxígeno, una entre 5,4 y 6,4 y a una temperatura aproximada de 38 a 42 °C.

Inicialmente, y a los efectos de la presentación de este proyecto se considerará, para la evaluación, una muestra representativa de suero de leche sin proceso de desproteinización, con un porcentaje aproximado de humedad del 94%, un porcentaje de cenizas inferior a 0,01% y una concentración de azúcares expresado en contenido de lactosa de 0,03% y un pH inicial de 6,7, como un sustrato potencial como materia prima para el proceso de fermentación del *Lactobacillus sp* en la producción de ácido láctico. Se estima que el pH de mayor producción es de 4,4 en 18 horas de proceso, alcanzando la mayor tasa de producción y reducción de pH a las 20 horas [6].

El procesamiento del suero de lechería requiere inicialmente de una etapa de pretratamiento. Esta generalmente consiste en las operaciones de clarificación, desnatado (separación de la grasa) y pasteurizado. Esto abarca principalmente la aplicación de tecnologías de membrana para la concentración o el fraccionamiento de proteínas y de secado por spray.

Las tecnologías de membrana se aplican en la separación de compuestos y consisten en la instalación de membranas semipermeables y en la operación de filtrado por flujo cruzado a presión controlada del material a fraccionar. Como descarga de esta operación siempre se obtienen dos corrientes: el permeado que contiene aquellos compuestos que son filtrados por la membrana semipermeable normalmente se deshecha y el concentrado o retenido que se compone de las sustancias aprovechables que se desean mantener en el producto final.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

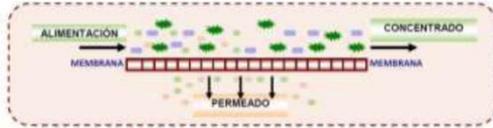
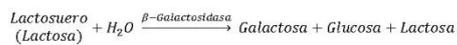


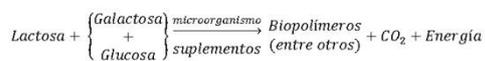
Fig 2. Tecnología de membrana

La reacción de hidrólisis de la lactosa puede ser catalizada tanto por ácidos inorgánicos (llamada hidrólisis ácida o química) como por catalizadores biológicos (denominada hidrólisis enzimática). En la catálisis química se emplean ácidos fuertes como el ácido clorhídrico o el ácido sulfúrico y se trabaja en condiciones operativas de alta temperatura (100-150°C), alcanzándose mayor velocidad de reacción con ácido clorhídrico como catalizador. En cambio, en la reacción enzimática comúnmente se utiliza la enzima lactasa (β -galactosidasa) a temperaturas cercanas a la temperatura ambiente.

Entre las desventajas de la reacción ácida del lactosuero se pueden mencionar la desnaturalización de las proteínas del suero y la formación de productos indeseados a temperaturas mayores de 100°C. Mientras tanto, para la reacción enzimática las principales desventajas son la polimerización de la lactosa o de la galactosa para producir GOS (mezcla de galacto-oligosacáridos) y las limitaciones en la transferencia de masa que conducen a tasas de procesamiento muy lentas y elevados costos de procesamiento y enzima cuando ésta no se reutiliza.



Ec. 1



Ec. 2

IV. RESULTADOS ESPERADOS Y OBJETIVOS

Este proyecto considerará, para la evaluación, una muestra representativa de suero de leche sin proceso de desproteinización, con un porcentaje aproximado de humedad del 94%, un porcentaje de cenizas inferior a 0,01% y una concentración de azúcares expresado en contenido de lactosa de 0,03% y un pH inicial de 6,7, como un sustrato potencial como materia prima para el proceso de fermentación del *Lactobacillus* sp en la producción de ácido láctico. Se estima que el pH de mayor producción es de 4,4 en 18 horas de proceso, alcanzando la mayor tasa de producción y reducción de pH a las 20 horas [5]. Aproximando por la bibliografía, por cada kg de queso fabricado se obtiene de 9 a 12 litros de lactosuero [7], dependiendo del tipo de queso y de la cantidad de agua utilizada durante el proceso. Teniendo en cuenta la proporción más desfavorable (9 litros de lactosuero/kg de queso producido) y los datos de producción mundial de queso (FAOSTAT), la producción mundial de lactosuero en el 2005 fue de $1,6 \cdot 10^{11}$ litros.

Las funcionalidades tecnológicas que poseen las proteínas del suero son gelificación, retención de agua, solubilidad, emulsificación, espumado, espesamiento, absorción y/o retención de lípidos y flavor (aromas y sabores). Todas estas dependen de las características físicas, químicas y estructurales (tamaño, forma, composición, secuencia de aminoácidos, etc.) de las proteínas, así como del tipo de uniones intra e intermoleculares, la rigidez / flexibilidad molecular en respuesta a variaciones en la composición del medio y principalmente por el tipo de interacciones de las proteínas del suero con los demás componentes de la matriz alimenticia.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



V. DISCUSIÓN

La hipótesis principal radica en que brindando una opción rentable en el aprovechamiento del lactosuero, los productores dejarán de desprenderse del mismo. Actualmente existe una mayor demanda de ácido poliláctico, lo que implicaría una mayor facilidad de colocar el producto en el mercado, y por lo tanto justificar las inversiones en el tratamiento del lactosuero para su obtención. Así, en primera instancia se beneficiará el medio ambiente, y todo lo que lo compone, además de permitir aumentar la rentabilidad de la actividad, y del sector productor. Del mismo modo podrían disminuir los costos de los productos derivados en cuestión, que actualmente se importan, y permitir el desarrollo de las actividades relacionadas.

VI. CONCLUSIONES

El estudio de mercado indicará la conveniencia de obtener uno u otro, o en el tiempo, una producción mixta. Se utilizarán aplicaciones informáticas específicas que permitirán realizar las modelizaciones, y simulaciones, de los escenarios técnicos y financieros. La escala, inicialmente propuesta, es al nivel PyMEs y/o MiPyMEs, con una producción diaria entre 5.000 y 10.000 litros de lactosuero, analizando la posibilidad que este volumen sea provisto por sólo un productor, o varios en forma de cooperativa. Dado que los procesos fermentativos son del tipo por lote (batch), con ciclo variable según la cepa del microorganismo de fermentación, se analizarán tres líneas de producción, de manera tal que se pueda absorber la producción diaria de lactosuero, además de una última línea para el cultivo de los microorganismos fermentativos. Según la longitud de los grupos de unidades de monómero en el polímero, presentan una gran variedad de propiedades físicas. Entre ellas se

encuentra que no son tóxicos, el isómero L+ es biodegradable, además de termoplásticos, elastómeros, enantiómeros puros, piezoeléctricos, y con alto grado de polimerización y pesos moleculares muy altos. Los productos obtenidos se destacan por ser excelentes barreras para el oxígeno y los olores, solubles al agua (aunque pueden tratarse para ser insolubles y formar buenas barreras contra el vapor), contar con superficies transparentes y brillantes, y no proporcionar sabores extraños. Actualmente, se trabaja en la creación de biofilms con buenas propiedades mecánicas y que puedan ser extruidos [3].

Para el estudio de pre-factibilidad y viabilidad técnica, en estas circunstancias puede tomarse el precio informado en Infocampo para el lactosuero, entre u\$s 800 y US 900 por tonelada, mientras que la tonelada de ácido poliláctico se comercializa en plataformas de e-commerce (Alibaba, MercadoLibre, Amazon, e-Bay, etc.) a un valor promedio desde u\$s 2.400 a u\$s 4.200, según sea la calidad necesaria para su posterior aplicación.

TABLA 1
RESUMEN DEL ANALISIS DE PRE-FACTIBILIDAD

Volumen diario de lactosuero (litros por día)	10.000
Total de la Inversión (u\$s)	1,8 M u\$s
Precio estimado de Venta (u\$s/ ton PLA)	3.000
Tasa de Referencia	12.0%
Valor Actual Neto (VAN)	4 M
Tasa Interna de Retorno (TIR)	48.0%
Período de Recuperación de la Inversión (PRI)	2 ~ 3 años

Cabe destacar que en este análisis no se han considerado situaciones extremas en el comportamiento de los mercados, como las ocasionadas por el COVID-19, durante el año 2020.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Revista Digital del Departamento de
Ingenierías e Investigaciones
Tecnológicas de la Universidad
Nacional de La Matanza

ISSN: 2525-1333. Vol.: XX - Nro. XX (MES-AÑO)



VII. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- 1- D. Bello Gil. "Plásticos biodegradables, una alternativa verde". Ecositio. 2009.
- 2- Koller, M., Bona, R., Chiellini, et al. "Polyhydroxyalkanoate production from whey by *Pseudomonas hydrogenovora*". *Bioresource Technology*, 99(11), 4854-4863. 2008.
- 3- Suriyamongkol, P., Weselake, R., Narine, et al. "Biotechnological approaches for the production of polyhydroxyalkanoates in microorganisms and plants - A review". *Biotechnology Advances*, vol. 25(2), pp. 148-175, 2007.
- 4- Vieira, M.G.A., da Silva, M.A., dos Santos, L.O., Beppu, M.M. "Natural-based plasticizers an biopolymer films: A review". *European Polymer Journal*, vol 47(3), pp. 254-263, 2011.
- 5- Rojas, A.M., Montaña, L.P., Bastidas, M.J. "Producción de ácido láctico a partir del lactosuero utilizando *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*". *Rev. Colomb. Quim.* 2015, 44 (3), 5-10. 2015
- 6- Soto Montes, A. C. "Evaluación de la producción de ácido láctico empleando residuo de mora y suero de leche en un sistema de lote". Universidad Pontificia Bolivariana, Escuela de Ingenierías, Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Medellín. 2015.
- 7- Sánchez, J. "Potencial biotecnológico de bacterias tácticas silvestres en productos lácteos fermentados: actividad metabólica y producción de exopolisacáridos". Tesis para optar el grado de Doctor. Departamento de Biología Funcional de la Universidad de Oviedo. Asturias. 2005.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Revista Digital del Departamento de
Ingeniería e Investigaciones
Tecnológicas de la Universidad
Nacional de La Matanza
ISSN: 2525-1333. Vol.: XX - Nro. XX (MES-AÑO)



Extensión del artículo: Aproximadamente 6 carillas tamaño de hoja A4.

Exigencia de originalidad: Para ser sometido a publicación el trabajo deberá cumplimentar el requisito de originalidad. El e-journal es de un ámbito de difusión científico que publica trabajos que muestren el estado del arte y las tendencias en las áreas de la ingeniería civil, electrónica, informática, industrial, mecánica y arquitectura. Las temáticas que puede abordar son, entre otras Agentes, Sistemas Inteligentes y Robótica; Agro Ecología; Análisis de Datos; Arquitectura; Bio Ingeniería; Bio Medicina; Computación Gráfica, Visualización y Realidad Virtual; Comunicaciones de Datos; Desarrollo Sostenible; Diseño en Alto Nivel y Sistemas Empotrados; Energías Alternativas; Geología; Herramientas para la Competitividad; Ingeniería de Software; Instrumentación y Sistemas de Control; Logística; Medio Ambiente; Modelos Hidrológicos; Modelos y Simulación; Nuevos Materiales para Industria de la Construcción; Procesamiento de Señales; Procesamiento Distribuido y Paralelo; Seguridad Informática; Sistemas de Gestión de la Calidad; Sistemas Operativos; Tecnología Informática e Innovación Aplicada en Educación.

Recibido: A completar por el Editor. Formato: AAAA-MM-DD
Aprobado: A completar por el Editor. Formato: AAAA-MM-DD
Hipervínculo Permanente: A completar por el Editor
Datos de edición: Vol. [A completar por el Editor]-Nro. [A completar por el Editor]-Art. [A completar por el Editor]
Fecha de edición: Formato: AAAA-MM-DD





Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

ANEXO II

Unidad Académica: Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.

Código: C2-ING-058

Título del Proyecto: Factibilidad técnica-económica de la obtención de ácido poliláctico a partir del lactosuero residual de la industria lechera.

Director del Proyecto: Fauroux, Luis E.

Programa de investigación: PROINCE:.... CyTMA2: .X.

Fecha de inicio: 01/01/2019

Fecha de finalización: 31/12/2020

1. Datos del alumno

Apellido y Nombre del Alumno : Appugliese, Damián

DNI: 33.607.660

Unidad Académica: Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Carrera que cursa: Ingeniería Electrónica

Período evaluado: 01/01/2020 al 31/12/2020

2. Dictamen de evaluación de desempeño del alumno:

2.1 Satisfactorio: X

2.1 No satisfactorio:

Fundamentos del dictamen:

El alumno cumplió con las tareas programadas dentro del plan de trabajo elaborado en consonancia con el proyecto de investigación, dedicándose a la planificación del control del proceso de fermentación, búsqueda de insumos, y al análisis general. Los resultados de sus tareas se sumaron a las conclusiones realizadas por los integrantes del equipo. En este sentido se le ha brindado participación al alumno en todas las áreas de su interés.

Durante el desarrollo del proyecto el alumno participó de las reuniones, demostrando interés y consultando sobre las distintas aplicaciones que tienen los conocimientos desarrollados en otras materias que son de su competencia. De esta forma, obtuvo un enfoque práctico, en situación real, de los resultados de su aprendizaje, además de demostrar voluntad de presentar sus propuestas. Se interiorizó del aspecto técnico de la implementación con el objeto de ponderar la dificultad y el valor de la mano de obra que deba involucrarse en la implementación, de este modo anticipar posibles dificultades para el usuario final. Cabe destacar que a causa de la problemática sanitaria, que aconteció durante todo el 2020, no ha sido posible realizar ensayos prácticos en laboratorio.

San Justo, 10 de febrero de 2021

Mg. Fauroux, Luis E.

Lugar y fecha

Firma del Director

Aclaración de firma



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Unidad Académica: Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas DIIT

Código: C2-ING-058

Título del Proyecto: Factibilidad técnica-económica de la obtención de ácido poliláctico a partir del lactosuero residual de la industria lechera

Director del Proyecto: Fauroux, Luis Enrique

Fecha de inicio: 1/1/2019

Fecha de finalización: 31/12/2020

1. Datos del alumno

Apellido y Nombre: Maldonado, Stephanie Yanet

DNI: 39917539

Unidad Académica: DIIT

Carrera que cursa: Ingeniería Industrial

Período evaluado: 1/1/2020 al 31/12/2020

2. Dictamen de evaluación de desempeño del alumno:

Colocar una cruz donde corresponda

2.1 Satisfactorio: X

2.1 No satisfactorio:

Fundamentos del dictamen:

La alumna se dedicó a las tareas que se le asignaron en el cronograma de trabajo, las que consistieron en la búsqueda bibliográfica, y el análisis de las características generales del producto. Los resultados de sus tareas se sumaron a las conclusiones realizadas por los integrantes del equipo. En este sentido se le ha brindado participación al alumno en todas las áreas de su interés.

Durante el desarrollo del proyecto también participó de las reuniones, demostrando interés y consultando sobre las distintas aplicaciones que tienen los conocimientos desarrollados en otras materias que son de su competencia. De esta forma, obtuvo un enfoque práctico, en situación real, de los resultados de su aprendizaje, además de demostrar voluntad de presentar sus propuestas. Se interiorizó del aspecto técnico de la implementación con el objeto de ponderar la dificultad y el valor de la mano de obra que deba involucrarse en la implementación, de este modo anticipar posibles dificultades para el usuario final. Cabe destacar que a causa de la problemática sanitaria, que aconteció durante todo el 2020, no ha sido posible realizar ensayos prácticos en laboratorio.

3. Propuesta de continuidad en el proyecto

Colocar una cruz donde corresponda

3.1 Continuar en el presente proyecto: X

3.2 No continuar en el presente proyecto:

Fundamentos del dictamen:

Por su desempeño e interés en la temática de investigación se ha postulado a la Beca de Investigación Científica de la UNLaM para el segundo año de duración del Proyecto de Investigación.

San Justo, 10 de febrero de 2021

Mg. Fauroux, Luis E.

Lugar y fecha

Firma del Director

Aclaración de firma



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

- Anexo II:
 - FPI-013: Evaluación de alumnos integrantes. (si corresponde)
 - FPI-014: Comprobante de liquidación y rendición de viáticos. (si corresponde)
 - FPI-015: Rendición de gastos del proyecto de investigación acompañado de las hojas foliadas con los comprobantes de gastos.
 - FPI-035: Formulario de reasignación de fondos en Presupuesto.
- Nota justificando baja de integrantes del equipo de investigación.

.....
Firma del Director

Mg. Fauroux, Luis E.

Lugar y fecha : San Justo, 10 de febrero de 2021

- Cargar este formulario junto con los documentos correspondientes **exclusivamente** al Anexo I en SIGEVA UNLaM. Realizar la presentación impresa de los mismos junto con los restantes Anexos en la Secretaría de Investigación de la unidad académica correspondiente. **Límite de entrega: 28 de febrero de 2021.**