

Área de consolidación Gestión de la Producción de Agroalimentos



Producción de polihidroxibutirato a partir de lactosuero

Autores:

ARREGUI, Gonzalo Rubén.

CEPPO, Martin.

AÑO 2019



Tutor:

Ing. Agr. MINA, Roberto Jacinto

Evaladores:

Dra. María Alejandra Pérez.

Biól. (MSc.) Sandra Kopp.

Ing. Agr. Ariel Roberi.

Ing. Agr. Gabriel Manera.

Nota trabajo final:

Agradecimientos:

Gracias a mi familia por el apoyo incondicional, fundamental para cumplir este sueño.

Plenamente agradecido por las amistades que me regaló esta carrera, caracterizada por sus valores humanos, sinceridad, humildad y excelente sentido del humor.

Gracias a la Facultad de Ciencias Agropecuarias UNC por permitirnos formarnos en ella y a todos los que formaron parte de este proceso.

Al Ing. Agr. MINA, Roberto y a la Cátedra de Gestión de la Producción de Agroalimentos, por acompañarnos y brindarnos las herramientas necesarias para realizar este trabajo final.

Resumen

La Argentina es tradicionalmente un país productor e industrializador de leche. Esta actividad está distribuida a lo largo de toda la región pampeana, donde Córdoba representa la principal provincia productora de leche. Dentro del sistema alimentario, la cadena láctea es un caso caracterizado por la diversidad productiva, tecnológica y de mercado. El mayor volumen de leche se destina a la elaboración de quesos siendo el principal destino el mercado interno, con un 83% de la producción comercializada dentro del país.

La demanda anual es de un promedio de 44 litros de leche por habitante y de 12 kg de queso por habitante.

La industria láctea argentina es un sector muy heterogéneo, aquellas industrias que procesan grandes volúmenes de leche tienen solucionado el problema del tratamiento de los efluentes generados al procesar la materia prima, pero en las pequeñas y medianas empresas queseras ese problema todavía sigue sin solución por diferentes motivos, principalmente por el costo de inversión que tiene el procesamiento del lactosuero, por lo que la mayoría de estas empresas terminan arrojando el subproducto a la superficie o como efluentes generando un grave problema de contaminación ambiental por la alta demanda biológica de oxígeno ($DBO=20.000-50.000 \text{ mg O}_2/\text{litro}$) que tiene el lactosuero.

El presente trabajo propone la elaboración de polihidroxibutirato (PHB) a través de una fermentación microbiana utilizando como materia prima el lactosuero que las industrias queseras descartan, generando un producto tecnológico, novedoso y 100% biodegradable de origen biológico, que puede emplearse para el envasado de los mismos productos lácteos.

Para llevar a cabo esta propuesta de mejora, se debería realizar una inversión inicial en la compra de equipamientos adecuados para la producción de polihidroxibutirato (PHB). Esta nueva línea de producción dentro de la empresa le brindará a la misma la capacidad de crear nuevas oportunidades de crecimiento económico e impulsar la innovación y la competitividad. Como consecuencia se mejoraría no sólo la eficiencia de utilización del subproducto generado, sino también la rentabilidad y los márgenes de la empresa.

Palabras claves: Lactosuero, Polihidroxibutirato, Envases, Biodegradable.

índice de contenidos

Resumen	2
índice de contenidos	3
Índice de figuras	4
Índice de tablas	4
Introducción	5
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos.....	18
Análisis de caso en estudio.....	19
Análisis foda de la empresa Cotahua SA.....	23
Propuesta de mejora	24
Análisis de negocio	29
Consideraciones finales.....	34
Bibliografía	35
Anexos	38

Índice de figuras

Figura 1. Principales productores de bioplásticos a nivel mundial.....	6
Figura 2. Cadena láctea argentina.	8
Figura 3. Destinos de la leche en Argentina.	11
Figura 4. Estructura química general de los PHA.	12
Figura 5. Estructura química de PHB.	13
Figura 6: Acumulación de PHB dentro de bacterias del tipo <i>Cupriavidus necator</i>	14
Figura 7: Ruta metabólica de <i>C. necátor</i> para la biosíntesis de PHB.	14
Figura 8. Esquema de producción industrial de la empresa láctea Cotahua SA.	19
Figura 9. Esquema básico del fundamento operativo de sistemas de separación por membranas (nanofiltrado).....	22
Figura 10. Diagrama de producción propuesta a la empresa láctea Cotahua SA	26
Figura 11. Secuencia del proceso de producción de PHB propuesto a la empresa Cotahua S.A	27
Figura 12: Gráfico de TIR.....	41

Índice de tablas

Tabla 1: Demanda de bioplástico a nivel mundial y por regiones.....	5
Tabla 2: Características de las industrias lácteas nacionales	10
Tabla 3: Cantidad de industrias lácteas en Argentina según volumen de transformación	10
Tabla 4: Tipo de polímero polihidroxialcanoatos (PHA) de acuerdo a las sustituciones del grupo radical.....	13
Tabla 5: Comparación de propiedades entre PHB y PP	15
Tabla 6: Análisis FODA de Cotahua SA.....	23
Tabla 7: Distribución de los componentes del suero en el concentrado y permeado obtenidos por ultrafiltración.....	25
Tabla 8: Cantidad y costo de reactivos para producir PHB a partir de permeado de lactosuero	30
Tabla 9: Costos fijos para la producción de PHB en la empresa Cotahua S.A.....	31
Tabla 10: Costos variables para la producción de PHB en la empresa Cotahua S.A	31
Tabla 11: Costo total para la producción de PHB en la empresa Cotahua S.A.....	32
Tabla 12: Principales empresas lácteas argentinas, su localización y volúmenes de leche recibido	38
Tabla 13: Detalle de inversión inicial para la producción de PHB en Cotahua SA.....	40
Tabla 14: Cálculo de VAN con tasa de 10%	32
Tabla 15: Cálculo de VAN con tasa de 15%	33
Tabla 16: Planilla de auditoría – Industrias lácteas	42

Introducción

El lactosuero es un subproducto y desecho de la industria quesera que actualmente en general, es arrojado sobre la superficie del suelo y en el mejor de los casos vertido entre los efluentes. Esto conduce a la contaminación del medioambiente de manera irreversible. Proponer una alternativa de transformación podría mitigar los efectos nocivos de su acumulación.

Otra cuestión importante es la problemática de la contaminación asociada a la producción y desecho de plásticos sintetizados químicamente, además de la disponibilidad y el precio del petróleo, que es la materia prima para la producción de plásticos convencionales. Actualmente se utiliza un 5 % del petróleo disponible mundialmente para fabricar 200 millones de toneladas de plásticos por año. Sin embargo, para el año 2100 se estima que la demanda de productos plásticos será de 2.000 millones toneladas anuales, para lo cual se requerirá emplear el 50 % del petróleo disponible en ese momento. Tal situación tendrá un impacto en el precio de los plásticos, que se pronostica se incrementará drásticamente. (González García, Meza Contreras, González Reynoso Y Córdova López, 2012).

En relación a lo expuesto, la síntesis y uso de plásticos de origen microbiano podría ser una alternativa sustentable, ya que se producen a partir de fuentes de carbono renovables y tienen la ventaja de ser completamente biodegradables, es decir, mineralizados por la acción de microorganismos.

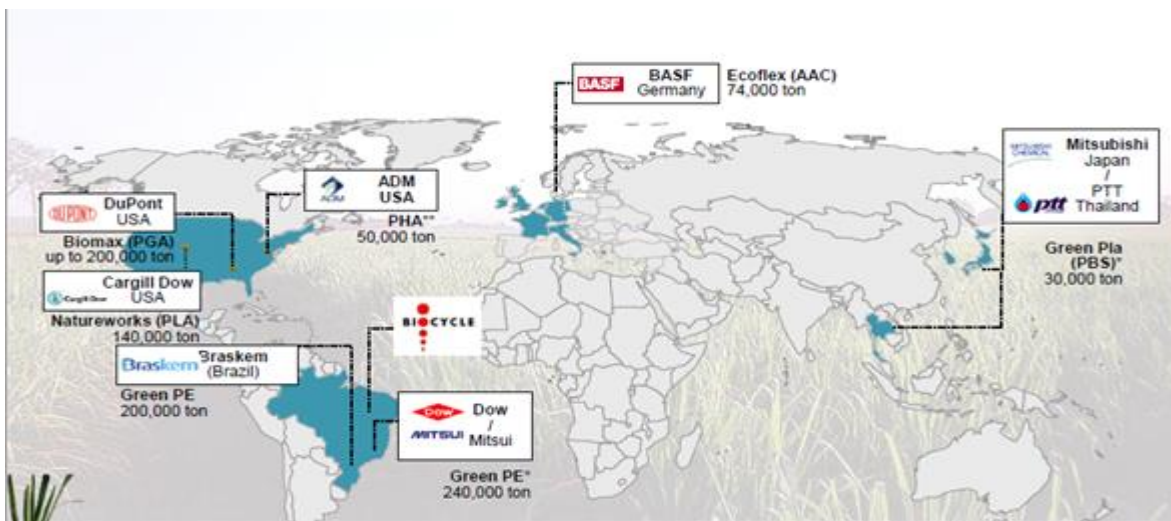
Además, en los últimos tiempos ha aumentado la conciencia de los consumidores y el compromiso de la sociedad con el medio ambiente. Ante esta perspectiva, las investigaciones que involucran a los plásticos obtenidos a partir de fuentes alternativas han tomado un nuevo impulso.

Tabla 1: Demanda de bioplástico a nivel mundial y por regiones

DEMANDA DE BIOPLÁSTICO MUNDIAL (miles de toneladas métricas)					
				% Crecimiento Anual	
	2005	2010	2015	2005-2010	2010-2015
Demanda de bioplástico mundial	130	300	1025	18.2	27.9
Norteamérica	34	80	242	18.7	24.8
Europa Oriental	60	125	347	15.8	22.7
Asia / Pacífico	33	83	320	20.3	31.0
Otras regiones	3	12	116	32.0	57.4

Fuente: Mohan, 2011.

Debido a la demanda creciente de bioplásticos las regiones de Europa, América y Asia están invirtiendo en diferentes tecnologías de base biológica para el desarrollo de estos insumos necesarios en la industria (Figura 1).



Fuente: Biocycle, 2012.

Figura 1. Principales productores de bioplásticos a nivel mundial.

Situación de la producción láctea en Argentina

La importancia de la producción lechera y sus derivados radica en que la leche es un alimento básico en la canasta familiar y de consumo masivo, de baja sustituibilidad.

De acuerdo a lo informado por SIGLeA (2019) durante el 2018 la producción de leche cruda alcanzó 10.527 millones de litros. Asimismo, la industria láctea registro 1.455.515 miles litros de leche fluida. El sector representa el 17,1% del valor agregado de la industria alimenticia nacional (ocupando el tercer lugar en importancia luego de la industria de la panadería y la carne) y concentra un gran número de empleados. (Petrecolla, D, 2016).

El principal destino final de la leche y productos lácteos es el mercado interno, 83% de la producción se comercializa dentro del país. La demanda anual es de un promedio de 44 litros de leche por habitante y de 12 kg de queso por habitante. Sólo el 17% de la producción de la industria láctea se exporta, representando 1.124.139,51 toneladas totales de producción vendidas, de las cuales 90.959 toneladas corresponden a leche en polvo, 44.203 toneladas de quesos. Los principales destinos de exportación son Brasil (37,9%), Argelia (10,6%), Rusia (9,8%), China (8,1%), Chile (6,4%), Paraguay (3,1%), Indonesia (2,6%), Uruguay (2,4%) Estados Unidos (1,8%) y, resto del mundo (15,6%).

En cuanto a la importación es muy baja, en el último año ingresó al país sólo 15.384 toneladas de bienes del sector de origen extranjero (principalmente leche condensada y queso fundido) OCLA, (2018).

La industria láctea agrupa 670 empresas, pero con diferencias importantes en el tamaño de las firmas y especialización de producto (Berra, 2018). A modo de ejemplo, en la tabla 12 que figura en anexos, se presenta un listado de las 50 principales empresas lácteas del país, ordenadas según su captación de leche para el 2018, ocupando el puesto número 1 del ranking La Serenísima con un recibo diario de 3.900.000 litros al puesto número 50 ocupado por La Tarantela que procesa 70.000 litros diarios. Es decir que, diariamente, todas estas industrias lácteas procesan millones de litros de leche para la elaboración de productos lácteos. Sin embargo, se generan millones de litros de subproducto, siendo el principal en las industrias elaboradoras de quesos el lactosuero, el cual ocasiona serios problemas ambientales si no recibe ningún tratamiento o procesamiento.

Caracterización de la cadena láctea en Argentina

La eficiencia total y general de una cadena agroalimentaria resulta del producto de los rendimientos de cada eslabón integrante de dicha cadena (Iglesias, 2002). Analizar la cadena de valor de lácteos implica realizar una esquematización general y descriptiva de la estructura y funcionamiento de la secuencia: producción - transformación - distribución - comercialización - consumo.

Dentro del sistema alimentario argentino, la cadena láctea es un caso caracterizado por la diversidad productiva, tecnológica y de mercado en todos los eslabones que la componen (Figura 2). A nivel de producción primaria se observa una fuerte heterogeneidad entre regiones productoras, lo que se manifiesta en una estructura atomizada. En la industrial, predomina una clara estratificación en las escalas de las empresas, con la presencia de firmas grandes de capital nacional (Mastellone y SanCor), cooperativas (SanCor y Milkaut), firmas multinacionales (Nestlé, Parmalat, Danone, Bongrain), empresas medianas de capital nacional (Molfino-La Paulina, Williner, Verónica, Manfrey) y finalmente, un segmento de varios centenares de micro y pequeñas empresas (UADE, 2004).



Fuente: CIL, 2014.

Figura 2. Cadena láctea argentina.

Una cadena carece de sentido si no está orientada hacia una permanente búsqueda de competitividad a través del aprendizaje continuo y la adaptación de las prácticas y aptitudes necesarias para enfrentar los cambios. Una empresa debe tener la capacidad de construir y mantener sistemáticamente ventajas comparativas que le permitan alcanzar, sostener y mejorar una determinada posición en su entorno económico y social. La velocidad y capacidad de respuesta al cambio es una nueva fuente de ventaja competitiva (Avellaneda et al, 2006).

Es indispensable tener en cuenta que tanto la calidad como la competitividad, conceptos absolutamente entrelazados, son resultado de un proceso sistémico. No es posible lograr altos niveles de calidad sin aplicar Buenas Prácticas Agrícolas y Buenas Prácticas de Manufactura y/o HACCP. Ni se puede alcanzar competitividad si no se ajustan en forma adecuada la conservación, el procesamiento, el packaging, y el transporte entre otros aspectos. (Patrouilleau, R.D, s.f).

La importancia de lo mencionado anteriormente radica en que dos de los principales factores que los consumidores toman en cuenta para decidir si comprar o no un producto o servicio son el precio y la calidad, pero es esta última la que realmente marca la diferencia. Son los clientes quienes establecen las características que debe tener un producto o servicio en lo que a calidad se refiere (López, 2009).

Eslabón primario de la cadena láctea

La producción de leche en Argentina está concentrada mayoritariamente en las provincias de Córdoba (37%), Santa Fe (32%) y Buenos Aires (25%), y en menor medida en Entre Ríos (3%), Santiago del Estero (1%) y La Pampa (1%), a lo que suma alguna participación marginal del resto de las provincias no pampeanas (Sanchez et al, 2012). En el año 2017 había 11.326 tambos, que se distribuían 35,1% en Santa Fe, 30,0% en Córdoba, 22,1% en Buenos Aires y 7,6% en Entre Ríos. En relación con la estratificación por tamaño de los tambos, la producción se concentra cada vez más en pocas unidades de gran tamaño.

En el año 2017, el 68 % de los tambos producían menos de 3.000 litros/día y representaban el 31% de la producción total mientras que las unidades de más de 3.000 litros/día eran el 32 % del total, pero representaban el 69 % de la producción.

También existen fuertes contrastes en la estructura productiva de los establecimientos. En primer lugar, aunque los tambos argentinos ya dejaron de ser “típicamente pastoriles”, pues el pastoreo directo apenas satisface entre el 20 y el 40 % de las necesidades nutritivas del rodeo, mientras que el resto es aportado por reservas (básicamente silajes) y concentrados energéticos y proteicos (balanceados comerciales, grano de maíz, derivados de soja, entre otros), hay un rango de intensificación muy grande, que va desde establecimientos (en general de mayor tamaño) que practican un sistema de producción de confinamiento casi total hasta otros (los más chicos) de naturaleza pastoril durante todo el año con un uso más acotado de la suplementación.

Eslabón industrial de la cadena láctea

La industria láctea argentina es un sector muy heterogéneo, con muchas empresas de diferente tamaño, orientación productiva y actividad exportadora. Como se muestra en la tabla 3, tomado de un trabajo elaborado por la fundación para la promoción y el desarrollo de la cadena láctea Argentina (Schaller, 2013). Se pueden agrupar las distintas empresas lácteas en 7 grupos diferentes, según tamaño y orientación productiva.

Tabla 2: Características de las industrias lácteas nacionales

Características	1	2	3	4	5	6	
Tamaño	Grande	Grande	Mediana	Mediana	Chica	Micro	TOTAL
Orientación productiva	Diversificada	Monoproducto	Diversificada	Monoproducto	Monoproducto	Monoproducto	
Cant. de firmas	6	3	10	33	60	560	672
Cant. de plantas	29	7	10	33	60	560	697
Plantas/firma	4,8	1,7	1	1	1	1	1,04
Procesamiento (MM lt/año)	5.044	880	854	1.923	937	1.741	11.379

Fuente: Schaller, 2013.

Esta información puede ser complementada con un reciente relevamiento industrial llevado a cabo por el Ministerio de Agroindustria de la Nación (Berra, 2018) durante el año 2017, que identificó 670 industrias lácteas cuyas principales características en términos de volúmenes procesados se observan en el siguiente cuadro (sobre 645 que procesan leche, el resto no procesa leche o está cerrada).

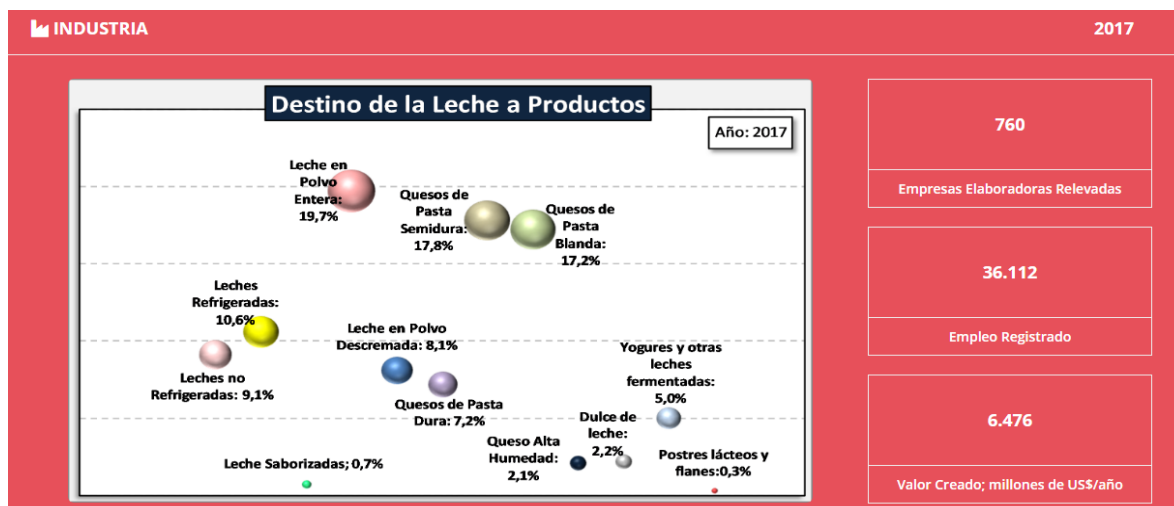
Tabla 3: Cantidad de industrias lácteas en Argentina según volumen de transformación

Estrato de tamaño (lt/día)	Cantidad de industrias	Procesamiento (% del total)
< 50.000	574	19,1
50.000 – 100.000	24	6,4
100.000 – 250.000	24	15,8
<250.000 – 500.000	13	17,4
>500.000	10	41,3

Fuente: Schaller, 2013.

Destinos de la leche en Argentina

El principal destino de la leche producida a nivel nacional es la elaboración de quesos. En el año 2017 se produjeron a nivel nacional 10.097.000 litros de leche, de los cuales el 44.3% se destinó a la fabricación de quesos (4.472.971 de litros), principalmente los de pasta semidura (17.8%) y blanda (17.2%) (Figura 3).



Fuente: OCLA, 2018.

Figura 3. Destinos de la leche en Argentina.

La elaboración de quesos genera grandes volúmenes de lactosuero (4.025.674 litros/año) como subproducto ya que este constituye aproximadamente el 90% de la leche, y de los cuales solo el 40-45% se industrializa. Debido a los volúmenes de lactosuero que quedan sin un fin industrial es importante encontrar diferentes alternativas de aplicación de este residuo para evitar que sea descartado como efluente, ya que existe un problema ambiental serio, afectando las propiedades físicas y químicas de los suelos, disminuyendo la productividad de los cultivos y al ser arrojado a fuentes hídricas reduce la cantidad de oxígeno disuelto. (Parra, R.A, s.f).

Caracterización del lactosuero

Los sueros lácteos se definen como la fracción de la leche, de cualquier especie, que no precipita por la acción del cuajo o por los ácidos, durante el proceso de elaboración de quesos. Constituye el 90% de la leche y contiene compuestos hidrosolubles. En esta solución se encuentran proteínas solubles, lactosa, vitaminas y sales minerales.

El lactosuero es una sustancia de alto valor nutritivo, pero uno de los materiales más contaminantes de la industria alimentaria, debido a su elevado contenido en materia orgánica, siendo su riqueza en lactosa la principal responsable del mismo, por su capacidad para actuar como sustrato de fermentación microbiana (M. Castillo, M. J. Jordán, A. Abellán, J. Laencina y M.B. López, 1996). Por lo que la mala gestión del suero de queso, trae asociado un alto impacto medioambiental. En el caso de las industrias lácteas la contaminación se caracteriza por ser de tipo orgánica y biodegradable con una generación de efluentes líquidos que tienen una rápida

tendencia a la fermentación por la conversión de lactosa a ácido láctico (Beldoménico et al, 1992). La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) del suero lácteo varía entre 20.000 y 50.000 mg de oxígeno/Litro. (En otras palabras, cerca de 0,25 a 0,30 litros de lactosuero sin depurar equivalen a las aguas negras producidas en un día por una persona)(E. Valencia Denicia y M.L. Ramírez Castillo, 2009).Este proceso de biodegradación se asocia directamente con la cantidad de lactosuero que va a parar al efluente por lo que el control de los procesos y el aprovechamiento de subproductos es el primer paso tendiente a mejorar la calidad medioambiental (FEPALE, 2008).

Considerando los componentes del lactosuero, por su valor tecnológico, nutricional, farmacológico y fisiológico, este subproducto adquiere potencial riqueza para la industria de derivados lácteos. Esto motivó a cambiar su clasificación, y pasó de ser un “desecho” a ser un “coproducto”. De ahí la importancia de generar un portafolio de aplicaciones industriales que generen un valor agregado, utilizando tecnologías como el fraccionamiento, la deshidratación, la fermentación, etc.).

La elaboración de productos a base de suero lácteo representa un área en crecimiento dentro de la industria láctea. El mercado de los productos a base de lactosuero ha tenido un incremento del 12% desde 1995; no obstante, a pesar de esto, su demanda no ha sido suplida (K. Posada, D.M. Terán y J.S. Ramírez-Navas, J. S, 2011). Varios autores han reportado avances tecnológicos considerables que se realizan a escala comercial a fin de obtener una amplia gama de productos a partir de la transformación de los componentes del lactosuero empleando procesos fermentativos como una alternativa para la industria láctea.

En este trabajo nos enfocaremos en el uso de lactosuero como fuente de carbono y nutrientes para la producción microbiana de Polihidroxibutirato (PHB).

Definición y estructura de los polihidroxibutirato

Los PHB pertenecen a la familia de los polihidroxialcanoatos (PHA) que son sintetizados por microorganismos y constituyen un grupo de polímeros biodegradables de gran potencial biotecnológico. Se conocen más de 150 estructuras de PHA que tienen diferentes características de termoflexibilidad y propiedades mecánicas. En la Figura 4 se muestra la estructura química básica de los PHA microbianos. (Andler y Díaz, 2013).

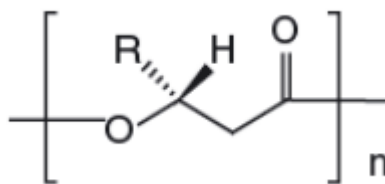


Figura 4.Estructura química general de los PHA.

El valor de n depende del grupo R y el microorganismo que lo produce, variando entre 100 y 30.000 las posibilidades de sustituciones del grupo radical (S.Y. Lee, 1996). En la Tabla 5 se indican las sustituciones más comunes y el nombre que recibe el polímero.

Tabla 4: Tipo de polímero polihidroxicanoatos (PHA) de acuerdo a las sustituciones del grupo radical

Grupo R	Nombre del Polímero	Abreviación
CH ₃	Polihidroxibutirato	PHB
CH ₂ CH ₃	Polihidroxicaproato	PHV
CH ₂ CH ₂ CH ₃	Polihidroxihexanoato	PHHx

Es decir que, el PHB está formado por la estructura básica de los PHA unido a un grupo metilo (CH₃), tal como se muestra en la Figura 5.

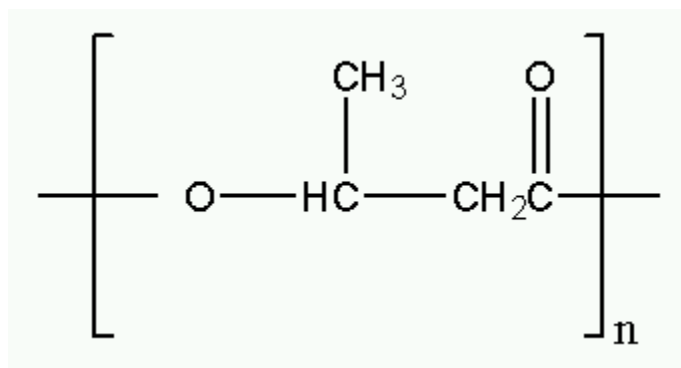
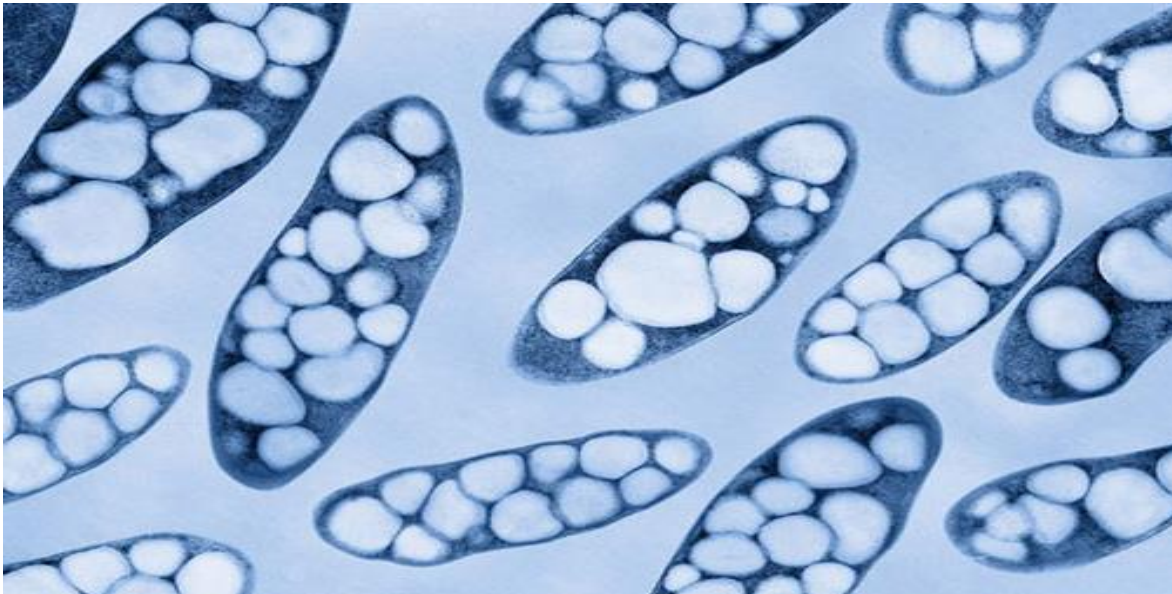


Figura 5. Estructura química de PHB.

Estos biopolímeros son sintetizados como inclusiones intracelulares en numerosas bacterias (Figura 6), cuando se encuentra en condiciones de estrés por la falta de algún nutriente esencial como nitrógeno, azufre, oxígeno o fósforo, o en presencia de un exceso de fuente de carbono (Anderson y Dawes, 1990). El PHB acumulado dentro de la bacteria puede representar entre un 30% y un 90% del peso seco de la célula (Khanna y Srivastava, 2005) y puede ser utilizado como reserva de carbono y energía.

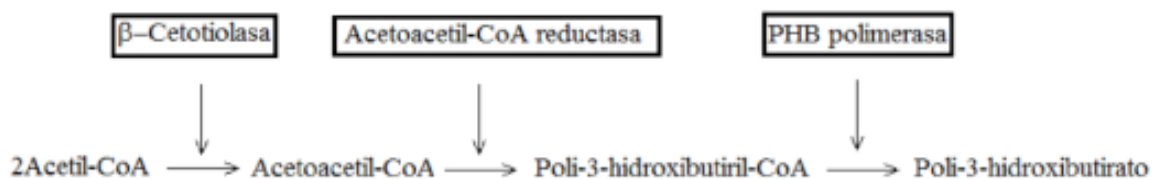


Fuente: Tian et al, 2005.

Figura 6: Acumulación de PHB dentro de bacterias del tipo *Cupriavidusnecator*.

A continuación, en la Figura 7 se puede observar la ruta metabólica de *Cupriavidus necator* que codifica los genes de PHB, siendo una de las más conocidas y se compone de tres reacciones, cada una catalizada por una enzima diferente. (Anderson y Dawes, 1990).

- La primera reacción consiste en la condensación de dos moléculas de acetilcoenzima A (acetil-CoA) para formar acetoacetil-CoA. La reacción es catalizada por la enzima β -cetoacilSCoA tiolasa.
- La segunda reacción es la reducción de acetoacetil-SCoA a (R)-3-hidroxiacetil-CoA por la enzima dependiente de NADPH, acetoacetil-CoA deshidrogenasa.
- Finalmente, los monómeros de (R) -3-hidroxiacetil-CoA se polimerizan a PHB por medio de la P (3HB) polimerasa.



Fuente: Babel y Steinbuchel, 2001.

Figura 7: Ruta metabólica de *C. necátor* para la biosíntesis de PHB.

Características y propiedades del PHB

Desde hace ya algunas décadas los problemas relacionados con la acumulación de plásticos no biodegradables procedentes del petróleo en el medio ambiente, y el rápido agotamiento de los recursos naturales que se utilizan en su producción, han motivado la investigación de alternativas a los polímeros no degradables. En tal escenario, los plásticos biodegradables ofrecen la mejor solución al peligro ambiental planteado por los plásticos convencionales (Muhammadi, 2015).

Los PHB se utilizan como materia prima en la fabricación de elementos de packaging para alimentos, bolsas, insumos médicos, materiales descartables, films utilizados en la producción agrícola y otros. (Mena y Puggioni, 2015). Esto es posible ya que posee características muy similares al polipropileno (PP), uno de los plásticos convencionales (de la industria petroquímica) de mayor uso. La principal diferencia y ventaja del PHB radica en que estos pueden ser sintetizados a partir de fuentes de carbono renovables, son biodegradables (pueden ser asimilados por muchos microorganismos ya sea de suelos, mares, lagos o aguas residuales) y son biocompatibles (no causan efectos tóxicos). Estas propiedades les confieren una gran importancia como sustitutos de los plásticos convencionales (Anderson y Dawes, 1990). Además de que el PHB posee una buena impermeabilidad al oxígeno, resistencia a la humedad, son insolubles en agua y tienen buena resistencia a los rayos UV (Lindsay, 1992). Todas estas características los diferencian de otros plásticos biodegradables y lo hace a este material apto para el packaging de alimentos (Chakraborty et al, 2012).

En la tabla 6 se enumeran las propiedades similares entre el PHB y el Polipropileno.

Tabla 5: Comparación de propiedades entre PHB y PP

PROPIEDADES	POLIHIDROXIBUTIRATO (PHB)	POLIPROPILENO (PP)
Temperatura de fusión (°C)	179	170
Módulo de Young (GPa)	3.5	1.7
Fuerza tensil (MPa)	40	34.5
Elongación (%)	5	400
Temperatura de transición (°C)	4	45
Densidad (g/cm ³)	1.05 – 1.25	0.91

Fuente: Babel y Steinbuchel, 2001.

Producción de PHB

El principal inconveniente es el alto costo de producción en comparación con los plásticos derivados del petróleo. De acuerdo a lo indicado por Chanprateep (2010) el costo de producción de PHB fue entre USD 2,13 y 6,25 por kg, mientras que el de los plásticos convencionales fue de USD 1,45 por kg.

Para reducir el costo productivo de PHB es fundamental lograr una producción eficiente y utilizar insumos renovables y económicos

Entre las materias primas estudiadas para la producción de PHB se encuentran el glicerol, el aceite vegetal usado, el suero de leche y la melaza, correspondientes a desechos industriales. (Mena y Puggioni, 2015).

La producción de los PHB consiste en tres etapas: Fermentación, Extracción o recuperación y Purificación. En el proceso de fermentación se produce el crecimiento de la biomasa, se sintetiza y acumula el polímero. Posteriormente, se extrae y recupera el polímero de las células, y finalmente se lleva a cabo la purificación del mismo.

Son muchas las bacterias capaces de sintetizar y acumular este biopolímero, por ello numerosas investigaciones se han centrado en estudiar los procesos, su sistema de cultivo y las influencias de diversos factores tales como la temperatura óptima, pH, sustrato y medio de crecimiento, con el fin de aumentar los rendimientos en el proceso de fermentación. Algunos ejemplos son las bacterias *Ralstonia eutropha*, *Pseudomonas extorquens* y *Pseudomonas oleovorans* (Khanna y Srivastava, 2005).

La estrategia de alimentación es muy importante para obtener una alta densidad celular y una alta producción de PHB. La elección de fuentes de carbono adecuadas es un factor importante que determina el rendimiento global del proceso de fermentación e influye significativamente en el costo del producto final. Por lo tanto, lo recomendable es elegir sustratos baratos, fácilmente disponibles y renovables, y que a su vez apoyen el crecimiento microbiano de manera eficiente (Anjum, 2016).

Como se ha comentado, en general, para la síntesis de PHB las bacterias necesitan de nutrientes esenciales en concentraciones limitantes como nitrógeno, fósforo, azufre, magnesio u oxígeno, y un exceso de fuente de carbono. El agotamiento del nutriente actúa como un desencadenante para el cambio metabólico hacia la biosíntesis de PHB. Por lo que, en este caso, el método más empleado es el cultivo alimentado en dos etapas. La primera etapa se lleva a cabo en un medio enriquecido en nutrientes para favorecer el crecimiento celular, y en la segunda etapa se limita la concentración total o parcial de un nutriente esencial para promover la síntesis de PHB. En esta segunda etapa, el incremento en biomasa se debe a la acumulación intracelular del polímero (Khanna y Srivastava, 2005).

Sin embargo, aunque es menos frecuente, también hay bacterias que no requieren limitación de nutrientes para la síntesis de PHB y que son capaces de acumular el polímero durante el crecimiento de las células. En este grupo se incluyen *Alcaligenes latus*, *Azotobacter vinelandii recombinante* y *Escherichia coli*. (Braunegg, 1998). Para ello, se utiliza un sistema alimentado en una sola etapa en la que se proporciona un medio enriquecido en nutrientes.

Después del proceso de fermentación, para la recuperación de la biomasa, el caldo de cultivo se centrifuga y la biomasa precipitada se filtra. Para la extracción del polímero del interior de las células se usan normalmente disolventes clorados, especialmente por reflujo con cloroformo. Debido a que los disolventes clorados son altamente agresivos para el medio ambiente y para la salud humana, se han desarrollado otros procesos de extracción basados en el uso de carbonato de etileno o de propileno, así como metodologías de digestión química que se basan en la liberación del polímero mediante la ruptura de las células usando soluciones de hipoclorito de sodio, ácidos o bases. Una vez añadido el disolvente, la solución resultante se centrifuga y se filtra para eliminar restos de células. Posteriormente, el PHB se precipita normalmente en metanol o etanol y se recupera el polímero por evaporación del disolvente (Fiorese, 2009).

Objetivo general

- Analizar la producción de polihidroxibutirato (PHB) para la fabricación de envases biodegradables para productos lácteos utilizando como materia prima lactosuero.

Objetivos específicos

- Analizar la posibilidad de utilizar el subproducto (lactosuero) de la empresa Cotahua SA para la producción de PHB.
- Analizar la factibilidad económica de la constitución de una línea de producción de PHB.

Análisis de caso en estudio

Se llevó a cabo un análisis de caso real en la empresa láctea Cotahua SA ubicada sobre ruta provincial E86 en la localidad de Coronel Moldes, departamento Río Cuarto, Provincia de Córdoba. La industria que anteriormente era Sancor, desde febrero de 2018 se encuentra a cargo de la sociedad anónima antes mencionada creada por la Cooperativa tambera de Huanchilla. La misma procesa 190.000 litros diarios de leche para la producción de quesos de pasta dura y semidura la cual es vendida a la misma empresa láctea que le provee de la leche como materia prima.

El objetivo de la visita fue conocer un caso en particular para identificar el producto predominante de la empresa y el destino del lactosuero. Para ello se llevó a cabo un análisis del proceso completo, desde la recepción de la leche hasta la venta de los quesos producidos, para lo cual se realizó la visita a modo de auditoría y entrevista al jefe de producción de planta, Licenciado Rumachella Daniel.

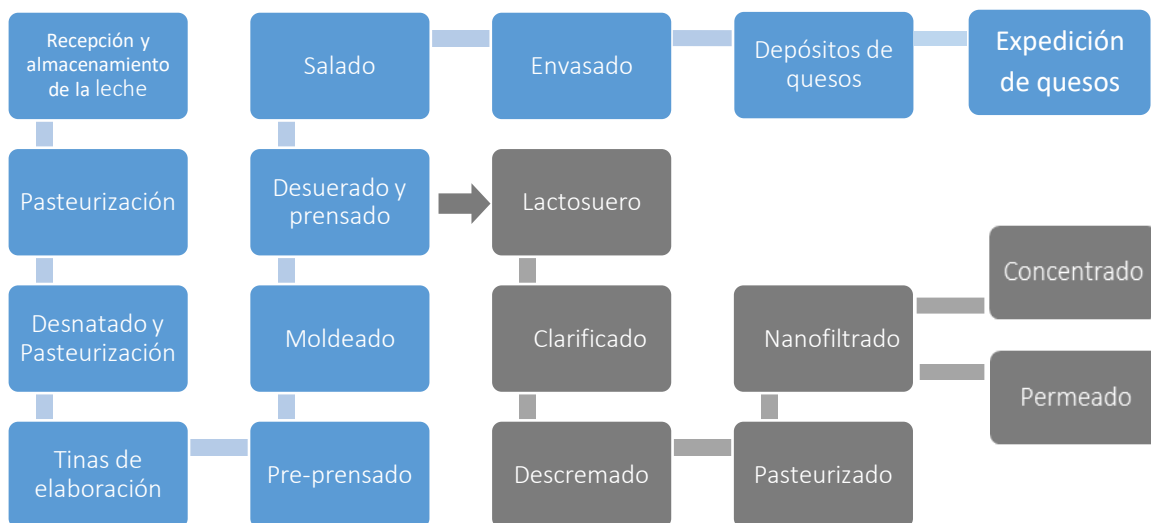


Figura 8. Esquema de producción industrial de la empresa láctea Cotahua SA.

Recepción y almacenamiento de leche

La leche transportada en camiones tanques-cisternas llega a la planta, específicamente a la zona de recepción de leche. Luego un trabajador toma una muestra de la materia prima, para que se realicen pruebas de laboratorio: antibióticos, temperatura, acidez y pH, densidad, composición y análisis sensoriales (olor, color). Los resultados de estos controles dentro de los estándares requeridos por el Código Alimentario Argentino en su artículo 555 (Resolución Conjunta SPReI N°252/2014 y SAGyP N° 218/2014) habilita a la descarga de la leche a la planta.

Luego el trabajador realiza el acople rápido desde el camión, para ser transportado hasta los tanques de almacenamiento. Una vez descargada la leche se procede a la limpieza de tanques cisternas y cañerías generalmente por medio de sistemas CIP, con soda cáustica y ácido nítrico

diluido, a fin de desengrasar primero y desnitrificar después. Posteriormente se realiza un enjuague final con agua para retirar los restos sólidos. Finalizada la descarga, la leche es transportada por medio de cañerías y se realizan operaciones de filtrado simple (para eliminar impurezas mayores), desairado (para eliminar el oxígeno), medición de volumen y enfriamiento a 4 °C.

Pasteurización

La leche almacenada en los tanques se envía al equipo de pasteurización. Luego de un precalentamiento a 45-50°C, la leche se higieniza por separación centrífuga y se estandariza en su contenido graso, de acuerdo al tipo de queso a elaborar. Luego la leche se pasteuriza a temperaturas entre 72/74 °C, durante 15 ó 20 segundos y se enfría en un proceso continuo a 37/39°C. La pasteurización tiene como objetivo eliminar microorganismos vivos perjudiciales para la salud humana y reducir parcialmente el contenido microbiano natural de la leche. Es una etapa importante del proceso.

Desnatadora y pasteurización

La leche pasteurizada pasa por una desnatadora con el objetivo de separar la grasa de la leche y así obtener dos productos: crema de leche y leche descremada. La crema de leche es pasteurizada nuevamente a temperaturas entre 72/74 °C, durante 15 o 20 segundos para luego ser vendida y la leche descremada se envía a las tinas de elaboración de quesos.

Tinas de elaboración

La leche descremada llega a 3 tinas, cada una con una capacidad de 14.500 litros, a una temperatura aproximada de 37/39° C. Aquí se le agrega el fermento o cultivo de bacterias lácticas seleccionadas, dependiendo del tipo de queso que se quiera elaborar. Los fermentos compuestos por éstas bacterias, permiten la acidificación, coagulación de la leche y el desuerado. Además, se le agrega crema de suero, cuajo u otras enzimas específicas, opcionalmente, cloruro de calcio para facilitar el proceso de coagulación.

Luego de la coagulación de la leche se obtienen dos productos: la cuajada y el suero. El cuajo actúa sobre los componentes de la leche, permitiendo la coagulación de la misma y su paso a un estado sólido. El lactosuero es parte de la leche no coagulada en estado líquido y contiene sales, proteínas hidrosolubles, vitaminas, minerales y lactosa. En esta etapa, el corte de la cuajada dará origen a la masa del queso.

Pre-prensado

El desuerado consiste en separar el lactosuero del grano. Primero por gravedad y luego prensando la masa. Este subproducto es enviado a silos para su almacenamiento y el cuajo obtenido pasa a la etapa de moldeado.

Moldeado

Actualmente se realiza de forma manual utilizando moldes para adecuar el tamaño y la forma del queso requerido. En procesos en línea se utilizan cintas transportadoras ligeramente inclinadas para favorecer el drenaje y moldes cuadrados de plásticos con pequeños orificios para eliminar el lactosuero. Posteriormente se dejan estacionar hasta que el pH se estabilice en 5.4 para el caso de quesos duros y 5.6 para quesos semiduros, lo cual requiere un tiempo de 6 y 3 horas respectivamente.

Desuerado y prensado

Los moldes se colocan en forma manual en una prensa para eliminar el excedente de lactosuero contenido en la masa.

Salado

En esta etapa la masa ya prensada, es introducida en 3 piletas con salmuera de 10 celdas cada una equivalente a una capacidad de 300.000 litros. Los quesos se dejan el tiempo necesario, dependiendo del contenido de sal buscado en el producto final y el tipo de queso. Luego son extraídos para su oreo, maduración y envasado.

Envasado y paletizado

El producto es llevado a la sala de envasado, aquí de manera manual se les colocan a las hormas de quesos bolsas de polietileno, luego son enviados por una cinta transportadora a la envasadora a vacío previo paso por un detector de metales para garantizar la ausencia de algún elemento extraño de dicho material. Finalmente se agrupan sobre tarimas de madera.

Depósito de quesos

Los productos elaborados y envasados son llevados al depósito para su expedición.

Expedición

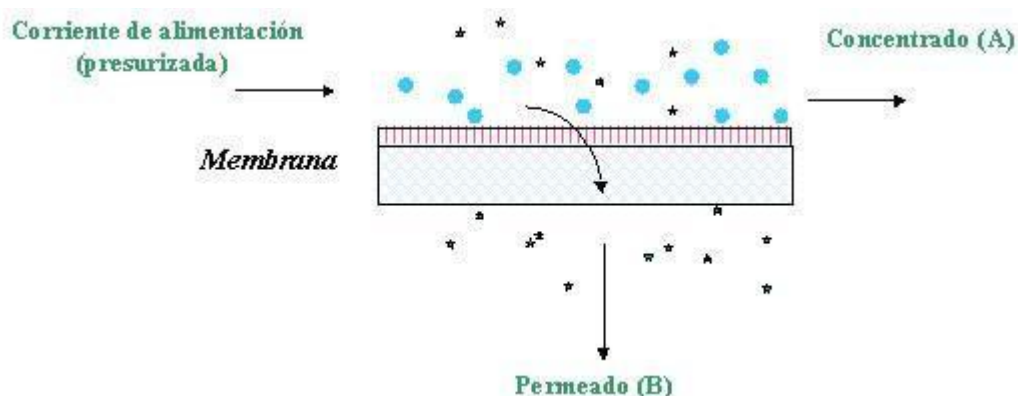
Cotahua SA vende sus productos elaborados a la empresa Saputo quien la comercializa bajo su propia marca.

Debemos destacar que, por la temática abordada en este trabajo, nuestro propósito principal como se mencionó anteriormente fue conocer el destino que le daban al lactosuero, subproducto generado por la producción de quesos.

Cotahua SA en sus comienzos enviaba el lactosuero tal cual se obtenía del proceso de desuerado, es decir, sin valor agregado, a la empresa Arla Foods, ubicada en la localidad de Porteña, Provincia de Córdoba. Por cuestiones de flete, 420 kms de distancia entre una localidad y otra, Arla Foods le exigió concentrar el lactosuero, por lo que Cotahua SA invirtió en tecnologías de separación por membranas (nanofiltrado) con el objetivo de pasar de un suero lácteo de 6% de sólidos totales aproximadamente a uno de 18%, de esta manera el producto se hace más rentable.

Inicialmente el lactosuero es sometido a pre tratamientos de clarificación, descremado y pasteurización. Finalizado éstos, se realiza el nanofiltrado, que se basa en la acción separadora que ejerce una membrana sobre una mezcla líquida de composición compleja. Mediante una fuerza

impulsora o presión se provoca el paso de aquellas especies químicas capaces de atravesar los poros presentes en la membrana (Figura 9).



Fuente: Portal Lechero, 2018.

Figura 9. Esquema básico del fundamento operativo de sistemas de separación por membranas (nanofiltrado).

Al final del proceso se obtienen dos corrientes líquidas: el permeado (agua, sales y algo de lactosa) y el concentrado que contiene prácticamente todos los sólidos (proteínas del suero, lactosa y sales). La empresa Cotahua SA destina el concentrado a la empresa Arla Foods y al permeado lo desecha como efluente a piletas de tratamiento.

Composición química del permeado de suero

- Lactosa: 0.6%
- Cenizas: 2.2%
- Sólidos totales: 2.8%

Composición química del concentrado de suero

- Lactosa: 16.45%
- Cenizas: 1.2%
- Proteínas solubles: 2.3%
- Grasa: 0.23%
- Sólidos totales: 20.18%

Análisis FODA de la empresa Cotahua SA

La matriz FODA es una herramienta que permite analizar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que enfrenta la empresa en un momento determinado, permitiendo trazar cursos de acción a seguir (Tabla 6).

Tabla 6: Análisis FODA de Cotahua SA

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Recurso humano y dotación de personal. ➤ Compromiso ambiental. ➤ Personal capacitado. ➤ Espíritu emprendedor, orientado a la expansión de nuevos negocios y/o mercados. ➤ Inversiones, análisis y apertura a nuevos proyectos y desafíos. 	<p>El Código Alimentario Argentino no prohíbe el uso de envases alimentarios a partir de PHB, por lo cual se puede utilizar lactosuero para la producción de envases biodegradables de PHB disminuyendo la generación de efluentes y contribuyendo a la responsabilidad social y al compromiso con el medio ambiente, ingresando a mercados reciente e innovador que se encuentra en pleno crecimiento.</p>
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Necesidad de inversión en capital de maquinarias y de trabajo. ➤ Desconocimiento e inexperiencias en bioplásticos. ➤ Necesidad de instruirse en el nuevo proyecto. ➤ Destino del subproducto para otros fines. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Competencia poderosa y establecida desde hace años con sustitutos más económicos (industrias de plásticos convencionales). ➤ Legislación que no promueve ni exige el uso de bioplásticos. ➤ La preferencia de los consumidores dada principalmente por la capacidad económica de compra. ➤ Falta de conocimientos y compromiso social por parte de los consumidores. ➤ Competencia económica por sustitutos más baratos.

Propuesta de mejora

A partir de la información presentada y el análisis de la empresa láctea se propone incorporar una línea de producción de PHB a partir de la fermentación microbiana utilizando como materia prima lactosuero, generando valor agregado diferente al que actualmente se le está dando en la industria Cotahua SA que es el proceso de nanofiltración.

Debido a que el desecho de nanofiltrado no es apto para ser utilizado como materia prima para la elaboración de PHB por ser muy pobre en lactosa, principal fuente de carbono para la fermentación microbiana, se propone acondicionar el lactosuero mediante un proceso de ultrafiltrado con el objetivo de separar la lactosa de la proteína, es decir que se obtienen dos productos: el concentrado proteico líquido retenido en la membrana y el permeado o filtrado que pasa a través de las membrana (Tetrapak, 1996). De esta manera se le ofrecerá a la empresa Arla Foods un concentrado proteico del 35% que puede ser usado como un fluido, concentrado o seco para diferentes rubros como ser: industrias panaderas, en la elaboración de chocolates, helados, yogurt, etc. Por otro lado, Cotahua SA retiene el permeado con un contenido de lactosa de 75-80% para la producción de PHB.

Cabe destacar que la separación de los componentes del suero, principalmente la proteína de la lactosa, lograda con el proceso antes mencionado, es necesaria y fundamental ya que la bacteria *Cupriavidus necator* para la síntesis de PHB necesita la limitación de un nutriente esencial como nitrógeno, fósforo, azufre, magnesio u oxígeno, y un exceso de fuente de carbono. El agotamiento del nutriente actúa como un desencadenante para el cambio metabólico hacia la biosíntesis de PHB.

En la Tabla 7, se puede observar la composición que normalmente tienen el lactosuero inicial, el concentrado y el permeado resultante de la ultrafiltración (Tetrapak, 1996).

Tabla 7: Distribución de los componentes del suero en el concentrado y permeado obtenidos por ultrafiltración

Nutriente	Peso en 100kg de Suero		Peso en 17kg Concentrado		Peso en 83 kg Permeado	
	kg	%	kg	%	kg	%
Proteína	0.55	0.55	0.55	3.24	0	0
Lactosa	4.80	4.80	0.82	4.82	3.96	4.80
Cenizas	0.80	0.80	0.14	0.82	0.66	0.80
NNP*	0.18	0.18	0.03	0.18	0.15	0.18
Grasa	0.03	0.03	0.03	0.18	0	0
MS Total**	6.36	6.36	1.57	9.24	4.79	5.78

*NNP: Nitrógeno no proteico **MS: Materia Seca

Fuente: Tetrapak, 1996

Esta propuesta tiene como ventaja que además de generar la materia prima para la fabricación de bioplástico, reduce efluentes que deban ser tratados como actualmente sucede con el permeado proveniente de la nanofiltración. Además, que Cotahua SA ya cuenta con la infraestructura y maquinarias necesaria para llevar a cabo ultrafiltración, sólo se debe hacer un cambio de membranas y trabajar a diferentes presiones respecto a la de nanofiltrado.

El diagrama de producción propuesto a la empresa se presenta en la Figura 10. De esta manera la empresa Cotahua SA, pasará de vender lactosuero concentrado a vender concentrado de lactosuero proteico y PHB.

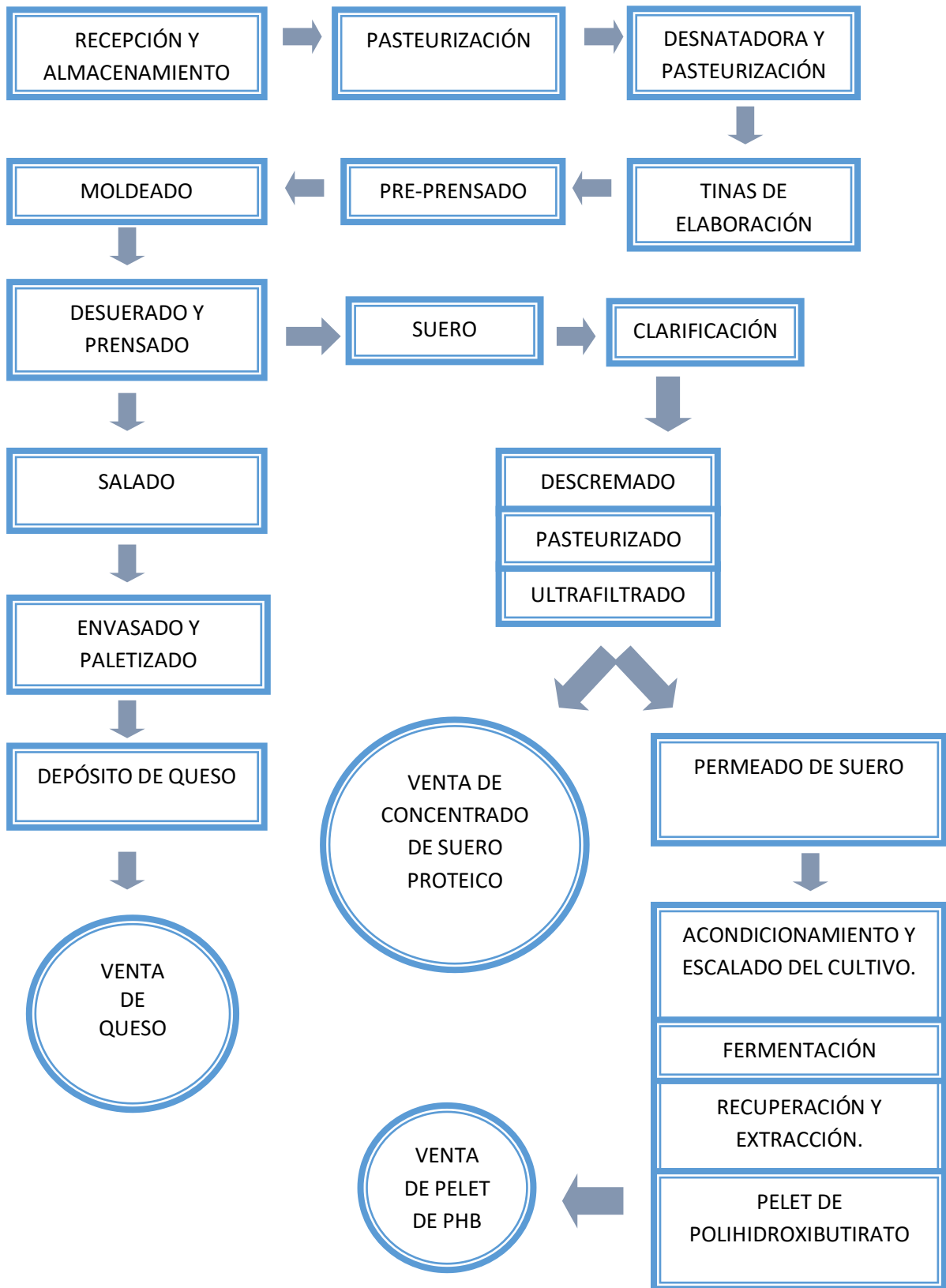


Figura10.Diagrama de producción propuesta a la empresa láctea Cotahua SA

Se estima que cada biorreactor de 5.000 litros de capacidad representa una producción de 125.6 kg de PHB. A continuación, se describen las etapas de producción de acuerdo al esquema presentado en la Figura 11.



Figura11. Secuencia del proceso de producción de PHB propuesto a la empresa Cotahua S.A

Acondicionamiento y escalado del cultivo:

La bacteria que se utilizará para la producción del bioplástico será *Cupriavidus necator* cepa H16 (anteriormente conocida como *Ralstonia eutropha*). Es una bacteria Gram negativa presente en los suelos y en el agua, que posee la particularidad de acumular PHB en forma de cuerpos de inclusión hasta en un 75% de su peso seco por fermentación (Anderson y Dawes, 1990). Uno de los aspectos que hacen que *C. necator* sea una bacteria promisorio para su utilización en la producción de PHB es su carácter de organismo estable para la acumulación de este polímero con alta productividad. Además, fue ampliamente estudiada utilizando diversos tipos de materia prima (Koller, 2005).

Será indispensable que una vez adquirida la bacteria se almacene liofilizada en un congelador a 4°C, para asegurar así su estabilidad a largo plazo y lograr cultivos homogéneos.

Se deberán seguir los procedimientos necesarios para realizar el acondicionamiento del cultivo inicial del cual se tomará el inóculo para la fermentación. Para realizar esto, en primer lugar, se reactiva el liofilizado mediante un cultivo de 50 ml de caldo nutritivo por 24 horas, con agitación y manteniéndolo a 30°C. Luego de este tiempo es necesario pasar a un medio comercial, TFY (Tryptona 5 g/l, extracto de levadura 5 g/l, fructosa 1g/l y fosfato ácido de potasio 1 g/l), ajustando el pH a 7.0 y la temperatura a 30°C, también agitado durante 24 horas. Al finalizar este plazo, se centrifuga a 5000 r.p.m durante 15 minutos para recuperar la biomasa, desechando el sobrenadante para así resuspender la biomasa resultante en 30 ml de medio TFY. Posteriormente, se preparará nuevos crioviales almacenando 1 ml de esta solución y 0,5 ml de glicerol y se congelaran a -70°C.

Previo al inicio de la fermentación, es necesario llevar a cabo el escalado del cultivo. Para esto se toma como semilla un criovial preparado y almacenado previamente. El inóculo será del 10% del volumen del biorreactor (500 litros) por lo que se realizará el escalado en sucesivas etapas para aumentar el volumen y la concentración de biomasa del mismo.

Fermentación:

Para la fermentación será necesario utilizar dos biorreactores de 5.000 litros cada uno y se realizará en dos etapas, cada una con una duración aproximada de 48 horas:

1. Crecimiento de la biomasa: no se limitan los nutrientes, buscando la mayor concentración posible de bacterias.
2. Acumulación de PHB: para que la bacteria comience a acumular intracelularmente PHB se continúa con el suministro de carbono (permeado de lactosuero proveniente de ultrafiltración) y se limita la concentración de nitrógeno.

Se deberán controlar los siguientes parámetros del cultivo:

- Oxígeno controlado mediante la agitación del biorreactor a 300 rpm
- Temperatura constante a 30°C
- pH entre 6,7 y 7 regulado con una solución de NaOH

Recuperación y extracción:

Para la recuperación y extracción de nuestro producto será necesario:

1. Centrifugar el cultivo para separar el producto del medio.
2. Congelar las células y liofilizar.
3. Resuspender las células en solución acuosa de hipoclorito de sodio (NaClO), lo cual sirve para lisar las células y permite una pureza del 94% y una recuperación del 87%.
4. Incubar a temperatura ambiente.
5. Agregar agua para acelerar la sedimentación. Se incuba nuevamente a temperatura ambiente.
6. Realizar dos lavados: el primero con agua y el segundo con isopropanol.
7. Realizar el secado y peletizado del producto final.

Control de calidad:

El control de calidad del producto será tercerizado, contratando los servicios de un laboratorio local habilitado para determinar parámetros físicos (características organolépticas, prueba de rotura, transmisión de la luz, prueba de combustión, entre otros) y parámetros fisicoquímicos (determinación de metales pesados, resistencia a la acción de sustancias químicas, determinación de pH, capacidad amortiguadora y residuo no volátil).

Análisis de negocio

El mercado de los envases fabricados con bioplásticos es un mercado alternativo, ya que pretende sustituir un porcentaje de envases convencionales por envases biodegradables. En este mercado, la oferta depende básicamente del precio del petróleo, que determina el precio de los envases fabricados con polímeros no biodegradables (PET, PEAD, etc.) y marca, por tanto, la competitividad de los envases fabricados con bioplásticos. La demanda se está generando desde las propias empresas productoras, apelando a un sentido más ecológico y de consumo responsable, a través del empleo de envases biodegradables. En la Argentina se consume el equivalente a 50 kilos de plástico por persona por año (la mitad del promedio de Europa y los Estados Unidos), por lo que el mercado para bioplástico no se encuentra desarrollado. La clave de los bioplásticos es que, en lugar de fabricarse con derivados del petróleo, se usan, derivados de las industrias. Por esta razón proponemos generar PHB a partir del permeado del lactosuero de la empresa Cotahua SA proveniente de un proceso de ultrafiltración.

Para poder definir la viabilidad comercial del bioplástico a partir del permeado se realizó un análisis de costos.

El equipamiento necesario para la producción de pellet PHB sería el siguiente:

- 2 bioreactores de 5.000 litros
- Centrífuga
- Balanza analítica
- Congelador
- Liofilizado
- Estufa
- Material de laboratorio
- Peletizadora
- Destiladora

La inversión que se detalla a continuación (Tabla 13) se valuó en dólares por ser una moneda más estable en el tiempo que el peso y consiste en el equipamiento estándar necesario para obtener el peleteado del PHB, es decir, la materia prima para la fabricación de las bolsas de bioplástico. Para esta etapa final, es decir, de la transformación del pellet de PHB a bolsa, se planteará una alianza estratégica con la empresa que en la actualidad le provee de las bolsas convencionales. De esta manera se disminuye la inversión inicial. Cabe recordar que el pellet de PHB se adapta perfectamente a las maquinarias que procesan plástico derivado del petróleo, por lo que la empresa que se dedica a la fabricación de los envases convencionales no deberá hacer ninguna inversión nueva para poder ser abastecedor de bolsas biodegradables.

El permeado de lactosuero será el subproducto del proceso de ultrafiltración que generará la industria Cotahua S.A, por lo cual no tendría costo de materia prima.

En la Tabla 8 se presentan los reactivos y la cantidad necesaria para producir un cultivo de 5.000 litros (1 batch) para poder obtener el costo total en insumos. Los mismos se adquirirán a través de distribuidoras de productos químicos locales.

Tabla 8: Cantidad y costo de reactivos para producir PHB a partir de permeado de lactosuero

Reactivos	Cantidad (g/l)	Total (g/5.000l)	Costo USD/Tn	Costo Total USD
K₂HPO₄	1.5	7500	130	0.98
NH₄ 2SO₄	1	5000	120	0.60
MgSO₄.7H₂O	0.2	1000	130	0.13
ZnSO₄.5H₂O	1.25	6250	350	2.19
FeSO₄	10	50000	120	6.00
CuSO₄.5H₂O	1	5000	220	1.10
MnSO₄.4H₂O	0.5	2500	250	0.63
H₃BO₄	0.2	1000	500	0.50
CaCl₂.2H₂O	2.0	10000	190	1.90
Peptona de soja	3.0	15000	450	6.75
NaCl	3.5	17500	150	2.63
D-glucosa	2.5	12500	450	5.63
permeado	20	100000	0	0.00
Triptona	5.5	27500	500	13.75
TOTAL				42.77

La producción se llevará a cabo en las actuales instalaciones de la empresa Cotahua S.A. Allí mismo se armarán las oficinas y se colocará el equipamiento necesario para la producción de PHB.

Análisis de los costos

Se analizaron los costos de producción y de comercialización que implicaría el desarrollo de la propuesta en la empresa. A continuación, se presentan los costos fijos (Tabla 9) y variables (Tabla 10) en dólares estadounidenses para poder obtener los costos totales.

Tabla 9: Costos fijos para la producción de PHB en la empresa Cotahua S.A

COSTOS FIJOS (U\$S)	MENSUALES	ANUAL
Sueldos	6.000	72.000
Servicios (energía, agua y control de calidad)	500	6.000
Gastos de comercialización	200	2.400
Mantenimiento	130	1.560
Seguro	200	2.400
Amortización(equipamiento)	672,22	8.066,67
TOTAL	7.702,22	92.426,67
COSTOS FIJOS UNITARIOS (U\$S/kg PHB)	5,11	

Tabla 10: Costos variables para la producción de PHB en la empresa Cotahua S.A

COSTOS VARIABLES (U\$S)	MENSUALES	ANUAL
Reactivos	513,21	6.158,52
Material de laboratorio (descartables)	100,00	1.200,00
TOTAL	613,21	7.358,52
COSTO VARIABLE UNITARIO (U\$D/kg PHB)	0,41	

A partir de estos costos fijos y variables se calcula que el costo total unitario de producción es de 5,52 U\$S/kg PHB, por ende, cualquier precio por encima de este, es ganancia para la empresa. A los fines de poder llevar a cabo el análisis financiero se tomó como valor de venta 9 U\$S el kilogramo de PHB.

A continuación, en la Tabla 11, se presentan los costos totales mensuales y anuales que deberá afrontar la empresa Cotahua S.A para la producción de PHB.

Tabla 11: Costo total para la producción de PHB en la empresa Cotahua S.A

COSTOS FIJOS + VARIABLES (U\$S)	MENSUAL	ANUAL
		8.315,43

Valor Actualizado Neto: VAN

Se tomó como inversión inicial los 121.000 U\$S necesarios para llevar a cabo la propuesta.

El ingreso anual generado por la venta de 18.072 kg PHB a un valor de 9 U\$S es de 162.648 U\$S con un costo de producción anual de 99.757 U\$S obteniendo un flujo de fondo anual de 62.891 U\$S.

El Valor actual de la inversión fue calculado en dólares a una tasa del 10%. El resultado arrojado fue de 263.895 U\$S. Este indica que la inversión analizada produce beneficios superiores a los que podrían obtenerse invirtiendo la misma cantidad de dinero a la tasa de descuento seleccionada.

Como se puede observar en el desarrollo de la VAN (tabla 14) a partir del tercer año de actividad se recupera la inversión realizada.

Tabla 12: Cálculo de VAN con tasa de 10%

Año	Inversión	Ingresos Anuales	Costos Anuales	Flujo de Fondo	Coefficiente r=0,10	Flujo de Fondo Actualizado	Flujo de Fondo Actualizado
0	-121.000					-121.000	-121.000
1		162.648	99.757	62.891	0,90909	57.173	-63.827
2		162.648	99.757	62.891	0,82645	51.976	-11.851
3		162.648	99.757	62.891	0,75131	47.250	35.399
4		162.648	99.757	62.891	0,68301	42.955	78.354
5		162.648	99.757	62.891	0,62092	39.050	117.404
6		162.648	99.757	62.891	0,56447	35.500	152.904
7		162.648	99.757	62.891	0,51316	32.273	185.177
8		162.648	99.757	62.891	0,46651	29.339	214.516
9		162.648	99.757	62.891	0,4241	26.672	241.188
10		162.648	99.757	62.891	0,38554	24.247	265.435
					VAN	265.434,82	

Fuente: Elaboración propia

Tasa Interna de Retorno: TIR

A lo fines de evaluar la rentabilidad de la propuesta, se ha calculado la Tasa Interna de Retorno (tabla 15) ya que ésta representa la tasa media de interés que se gana sobre el capital empleado tras permitir el reembolso parcial de la inversión. La misma arroja un valor del 28% lo cual indica que es conveniente hacer la inversión ya que supera la tasa de descuento utilizada ($r=10\%$).

Tabla 13: Cálculo de VAN con tasa de 15%

Año	Inversión	Ingresos Anuales	Costos Anuales	Flujo de Fondo	Coefficiente $r=0,15$	Flujo de Fondo Actualizado	Flujo de Fondo Actualizado
0	-121.000					-121.000	-121.000
1		162.648	99.757	62.891	0,86957	54.688	-66.312
2		162.648	99.757	62.891	0,75614	47.554	-18.758
3		162.648	99.757	62.891	0,65752	41.352	22.594
4		162.648	99.757	62.891	0,57175	35.958	58.551
5		162.648	99.757	62.891	0,49718	31.268	89.819
6		162.648	99.757	62.891	0,43233	27.189	117.009
7		162.648	99.757	62.891	0,37594	23.643	140.652
8		162.648	99.757	62.891	0,3269	20.559	161.211
9		162.648	99.757	62.891	0,28426	17.877	179.088
10		162.648	99.757	62.891	0,24718	15.545	194.633
					VAN	194.633	

Fuente: Elaboración propia

Consideraciones finales

Una empresa no puede sobrevivir a largo plazo si no consigue innovar tanto en procesos como en productos. La competitividad, es la clave del éxito de una empresa. Estar en el mercado y mantenerse se hace cada vez más dificultoso. La velocidad de los cambios exige respuestas rápidas y novedosas. Teniendo en cuenta que los directivos de Cotahua S.A. están impulsando el crecimiento de la empresa, esta nueva propuesta constituirá una oportunidad para la empresa de adquirir cada vez más protagonismo en el mercado

La alternativa de incluir una línea de producción de polihidroxitirato (PHB) es factible dado los resultados del análisis de negocio. La utilización de un desperdicio de industria quesera está destinada a generar un producto novedoso con el fin de agregarle valor. Esto permite que la empresa láctea aumente el valor comercial de su producto ante la competencia.

La ganancia obtenida por la venta del pellet de PHB justifica realizar la propuesta planteada.

Cotahua S.A dispone de instalaciones, espacio y personal necesarios para poner en funcionamiento la nueva línea de producción. Con este producto se intentará responder al interés acentuado de los consumidores hacia el cuidado del medio ambiente y la reutilización de desperdicios.

Bibliografía

- Andler, R y Díaz Barrera, A, (2013). *Ingeniería para producir plásticos desde bacterias*. Consultado 5/10/2018.
- ANMAT, (2014). Código Alimentario Argentino – *Capítulo VIII: Alimentos Lácteos*. Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp. Consultado: 20/5/2018.
- Biocycle, (2012). *Flujograma de producción de PHB*. Disponible en <http://www.biocycle.com.br/fluxograma.htm> Consultado: 14/11/2018.
- *Bioplásticos, oportunidad de negocios para el país, (2010)*. Disponible en <http://www.packaging.enfasis.com/notas/16787-bioplasticos-oportunidad-negocio-el-pais> Consultado: 3/12/2018.
- Código Alimentario Argentino. Capítulo VIII: Alimentos lácteos. Disponible en http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/capitulo_viii.pdf
- Diario de ciencias. Tecnología y producción. *Envases plásticos con excedentes de quesos*. Disponible en <http://www.diariodeciencias.com.ar/envases-plasticos-con-excedentes-de-queso-el-ideal-del-reciclado-el-polihidroxibutirato-phb/> Consultado: 15/11/2018.
- DYNA: editorial técnico-científica de la Federación de Asociaciones de Ingenieros Industriales de España, (2015). *La producción de bioplástico más barato y más ecológico*. Disponible en <https://www.dynapubli.com/noticias-PD/la-produccion-de-bioplastico-mas-barato-y-mas-ecologico> Consultado: 5/9/2018.
- El Día: Editorial, (2013). *Leche certificada*. Disponible en <http://eldia.com.do/leche-certificada/> Consultado: 10/3/2018.
- Empresa TriTellus srl bioplásticos compostables. Disponible en <https://www.tritellus.com/mater-bi/packaging-alimenticio/> Consultado: 3/12/2018.
- Garetto, T. Marchi, A. Meyer, C. Regenhardt S y Zelin, J, (2017). *Valoración del suero de leche mediante un proceso amigable con el medio ambiente*. Disponible en <https://cienciarg.com/2017/08/31/valoracion-del-suero-de-leche-mediante-un-proceso-amigable-con-el-medio-ambiente/> Consultado: 22/5/2018.
- Gonzáles, R. Instituto Tecnológico del Plástico, AIMPLAS. Disponible en Revista plásticos N°314, página 15, (2010). <http://www.revistaplásticos.com>. Consultado: 3/11/2018.
- González García, Y. et al, (2013). *síntesis y biodegradación de polihidroxialcanoatos: plásticos de origen microbiano*. Disponible en <https://www.redalyc.org/html/370/37025634007/> Consultado:13/11/2018.
- Lemos Delgado, A.C y Mina Cordoba, A, (2015). *Polihidroxialcanoatos (PHA) producidos por bacterias y su posible aplicación a nivel industrial* Disponible en http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/139/373 Consultado 15/12/2018.
- López, M, (2009). *Vistazo al futuro*. Consultado: 25/11/2018.
- Malvestiti, L. J. Vicari, C. A. Ball, J. C, (2010). *Bases para la implementación de un sistema de trazabilidad*. SENASA. Disponible en:

https://viejaweb.senasa.gov.ar/Archivos/File/File3241-manual_trazabilidad.pdf. Consultado: 25/2/2018.

- Mena, M.C y Puggioni, A, (2015). *Producción de bioplástico utilizando aceite vegetal residual*. Disponible en https://repositorio.uade.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/6532/PFI_MenaPuggioni.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Consultado: 2/11/2018.
- OCLA, (2018). *Diagnóstico competitivo del sector lácteo argentino*. Disponible en <http://www.ocla.org.ar/contents/news/details/12305295-diagnostico-competitivo-del-sector-lacteo-argentino>. Consultado 14/11/2018.
- OCLA, (2018). *Evolución de la producción mundial de leche*. Disponible en <http://www.ocla.org.ar/contents/news/details/11586575-evolucion-de-la-produccion-mundial-de-leche> Consultado: 16/11/2018.
- Petrecolla, D, (2016). Informe público. *Estudio sobre las Condiciones de Competencia en el Sector Lechero de la República Argentina*. Disponible en <http://www.ocla.org.ar/contents/news/details/10013004-estudio-sobre-las-condiciones-de-competencia-en-el-sector-lechero-de-la-republic> Consultado 10/02/2019.
- Ramírez Navas, J.S, (2011). *Aprovechamiento Industrial de Lactosuero Mediante Procesos Fermentativos*. Disponible en <http://oaji.net/articles/2017/5082-1501178491.pdf> Consultado 8/10/2018.
- REDA. *Proceso de nanofiltración*. Disponible en <http://www.redaspa.com/es/sectores/leche-y-derivados/filtracion/nanofiltracion/>. Consultado: 20/11/2018.
- REDA. *Proceso de ultrafiltración*. Disponible en <http://www.redaspa.com/es/sectores/leche-y-derivados/filtracion/ultrafiltracion/> Consultado: 3/12/2018.
- Rubén Darío Patrouilleau, s.f. *Desafíos para la Agroindustria*. Disponible en http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/ediciones/44/articulos/r44_01_editorial.pdf. Consultado 15/11/2018.
- Segura D; Noguez R; Espin G, (2007). *Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables*. Disponible en http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro_25_aniv/capitulo_31.pdf Consultado:7/11/2018.
- Sierra, N. Plazas, C.E. Guillén, L.F y Rodríguez, P.A, (2010). *Protocolo para el control de calidad de envases de plástico, utilizados en la industria farmacéutica, de cosméticos y de alimentos* Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rccqf/v39n2/v39n2a04.pdf> Consultado 13/02/2019.
- *Tecnología de membranas: aplicables a la recuperación de productos de corrientes líquidas*, (2018). Disponible en <https://www.portalechero.com/innovaportal/v/3374/1/innova.front/tecnologia-de-membranas:-aplicables-a-la-recuperacion-de-productos-de-corrientes-liquidadas:.html> Consultado: 3/12/2018.

- UADE, (2004). *Evaluación del poder de mercado en el sector lácteo*. Disponible en http://www.minagri.gob.ar/site/ganaderia/lecheria/03-publicaciones/_archivos/Informe%20Final%20Investigaci_n%20de%20Mercado%20UADE.pdf?PHPSESSID=19dd8e421a4439e61f4874e70b4302c9. Consultado: 25/2/2018.
- Zamorán Murillo, D. J, (2012). *Manual de Procesamiento Lácteo*. Disponible en http://www.jica.go.jp/nicaragua/espanol/office/others/c8h0vm000001q4bcatt/14_agriculture01.pdf. Consultado: 19/9/2018.

Anexos

Tabla 14: Principales empresas lácteas argentinas, su localización y volúmenes de leche recibidos

Posición	Empresa láctea	Recibo diario	Planta Fabril
1	La Serenísima	3.900.000	Gral. Rodriguez, Trenque Lauquen, y otras (BA)
2	Saputo	3.750.000	Tío pujio (Cba) y Rafaela (Sta Fe)
3	Williner	1.350.000	Bella Italia, El Trébol y Arrufó (SF)
4	SanCor	1.100.000	Sunchales, Galves Balnearia (Cba) y otras.
5	Punta del Agua	1.060.000	James Craik (Cba)
6	Noal	920.000	Villa María (Cba)
7	Tregar	840.000	Gdor. Crespo (Sta Fe)
8	Verónica	800.000	Clason, Lhemann y Suardi (Sta Fe)
9	Danone	780.000	Longchapms (bsas)
10	Grupo Bongrain-Milkaut	730.000	Franck, San Jerónimo y cnia. Nueva (Sta fe)
11	Corlasa-Grupo Gloria	640.000	Esperanza (sta fe)
12	Nestlé	580.000	Villa Nueva (Cba) y Firmat
13	La Sibila-Purísima	510.000	Nogoyá (Entre ríos)
14	Manfrey	495.000	Freyre (Cba)
15	Sobrero y Cagnolo	430.000	San Marcos Sud (Cba)
16	La Ramada	420.000	Esperanza (Sta fe)
17	Vacalín	310.000	Bavio (Bsas)
18	Ramolac	265.000	Ramona (Sta fe)
19	Helacor-Grido	262.000	Ferreyra (Cba)
20	Lácteos Tremblay	260.000	Pilar (Sta fe)
21	Lacteos Barraza	255.000	Las Heras (Bsas)

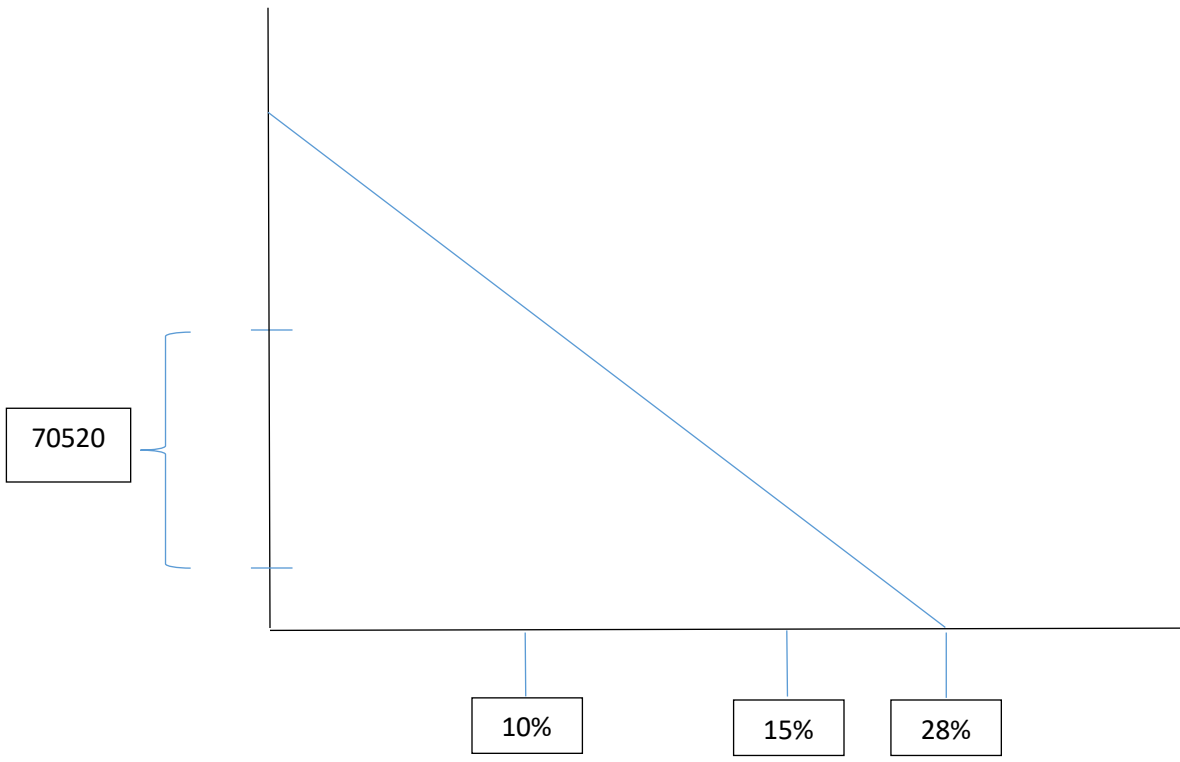
22	Cremigal	250.000	Gral Galarza (Entre ríos)
23	Pampa Cheese	250.000	Progreso (Sta fe)
24	El Puente	245.000	Gral. Ordoñez (Cba)
25	Lácteos Vidal	220.000	Carlos Casares (Bsas)
26	Coop. Arroyo Cabral	210.000	Arroyo Cabral (Cba)
27	Lácteos Tonutti	193.750	Puiggari (Entre ríos)
28	Lactear	192.000	Morteros (Cba)
29	Santa Clara	180.000	Villa Nueva (Cba)
30	Lácteos Puyehué	173.000	Ballesteros Sur (Cba)
31	RPB SA (Baggio)	170.000	Gualeyguachu (Entre ríos)
32	La Mucca-Lactalis	160.000	Diaz (Sta fe)
33	Remotti	150.000	Emilio Bungé (Bsas)
34	Lácteos Cotahua	145.000	Coronel Moldes (Cba)
35	La Vareense	140.000	Pje. Corral de Bajo (Cba)
36	La Lácteo	128.000	Ferreyra y Va. Del Rosario (Cba)
37	Lácteos Aurora	125.000	9 De Julio (Bsas)
38	Marca SA	115.000	Las Varillas (Cba)
39	Cayelac	111.000	Las varas (Cba)
40	Cosalta	108.000	Salta capital
41	San Gotardo	105.000	Trenque Lauquen y Charlone (Bsas)
42	Lácteos Santa Marina	100.000	San Francisco (Cba)
43	Luz Azul	95.000	Azul (Bsas)
44	Lácteos Conosur	93.000	Suipacha (Bsas)
45	Cassini Cesaratto	88.000	San Carlos Sud (SF)
46	Lácteos Cerutti	85.000	La Playosa (Cba)

47	Lácteos Silvia	82.000	Suipacha (Bsas)
48	Coop. Nuevo Amanecer	80.000	Mar del Plata – Tandil (Bsas)
49	Yatasto SA	75.000	Navarro (Bsas)
50	La Tarantela	70.000	Centeno (Sta Fe)

Fuente: Relevamiento realizado por TodoAgro, 2018.

Tabla 15: Detalle de inversión inicial para la producción de PHB en Cotahua SA

INVERSIÓN INICIAL	
Materiales de laboratorio	2.000
2 biorreactores	80.000
Centrífuga	12.000
Balanza	1.000
Congelador	1.000
Peletizadora	18.000
Destilador	800
Liofilizador	5.000
Muebles de oficina	1.200
TOTAL	U\$D 121.000



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12: Gráfico de TIR

Tabla 16: Planilla de auditoría – Industrias lácteas

PLANILLA DE AUDITORÍA - INDUSTRIAS LÁCTEAS				
EMPRESA: Cotahua SA		ENTREVISTADO: Rumachella, Daniel.		FECHA: 15/11/2018
	PUNTOS AUDITADOS	SI	NO	OBSERVACIÓN
1	PROVEEDORES DE MATERIA PRIMA E INSUMOS			
1.1	Dispone de un procedimiento documentado para evaluar proveedores	X		
1.2	Envía personal de evaluación (auditores) al tambo/fábrica del productor/vendedor para verificar las instalaciones de producción/fabricación de materia prima/insumos y el sistema de control de calidad con que opera el proveedor	X		
1.3	Proporciona al equipo de evaluación instrucciones o manuales de verificación para la evaluación de los proveedores	X		
1.4	Existe un procedimiento de inspección del material recibido en la fábrica con el fin de revisar su conformidad con la especificación	X		
1.5	La materia prima y los ingredientes se almacenan en locales limpios y secos que evitan su deterioro, protegen contra la contaminación y reducen al mínimo los daños.	X		
2	TRANSPORTE			
2.1	Transportista			
	2.1.1 Su uniforme se encuentra en óptimas condiciones de limpieza antes de realizar las operaciones (botas, redcilla, chaleco, overol)	X		
	2.1.2 No presenta joyería o cualquier otro objeto que pueda caer en la leche	X		
	2.1.3 Se lava y desinfecta las manos antes de operar	X		
2.2	Vehículo recolector			
	2.2.1 Son de uso exclusivo para el transporte de leche	X		
	2.2.2 Luego de la recolección, los vehículos son lavados con detergentes, cepillos y agua potable, y desinfectados con cloro a 200ppm	X		
	2.2.3 Son estacionados en lugares limpios para mantener los procesos de sanitización anteriores	X		
2.3	Temperatura			
	2.3.1 No excede los 7 ° - 9° C	X		
3	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LA LECHE CRUDA			

	3.1	Cuenta con laboratorios internos	X		
	3.2	Cuenta con laboratorios externos	X		
	3.3	Realiza pruebas de calidad de leche:	X		
		3.3.1 Antibióticos	X		
		3.3.2 Mastitis			
		3.3.3 Brucelosis			
		3.3.4 Tuberculosis			
		3.3.5 pH	X		
		3.3.6 Acidez	X		
		3.3.7 Fermentación	X		
		3.3.8 Densidad	X		
		3.3.9 Alcohol	X		
		3.3.10 Control sensorial	X		
		3.3.11 Otras			
	3.4	Existe un registro de los análisis previos	X		
	3.5	Exige a su proveedor de materia prima los resultados de pruebas de mastitis			
4	ALMACENAJE DE LA LECHE CRUDA				
	4.1	La leche es almacenada en silos o tanques a 8°C o menos	X		
	4.2	La temperatura de almacenamiento es controlada periódicamente	X		
	4.3	Cuentan con programas de limpieza de tanques y silos de almacenamiento de leche cruda y de leche pasteurizada	X		
	4.4	La acción de limpieza es monitoreada continuamente	X		
	4.5	No se almacenan mezclas de leche cruda de distintos días de recepción	X		
5	EDIFICIOS E INSTALACIONES				
	5.1	Accesos y alrededores limpios	X		
	5.2	Buen diseño y distribución de las distintas áreas de producción: recepción, lavado de utensilios y recipientes, baños, vestidores, almacenamiento de materia prima y productos terminados, laboratorio	X		

	5.3	Buena ventilación dentro de todas las instalaciones	X		
	5.4	Buena iluminación	X		
	5.5	Las luces artificiales están protegidas con mamparas o cubiertas de plástico	X		
	5.6	Las paredes, techos, ventanas y puertas son de superficie lisa lavable e impermeable, de color claro, de material sanitario de fácil limpieza y desinfección	X		
	5.7	Las ventanas están protegidas con tela milimetrada	X		
	5.8	Cuenta con lavamanos en el área de procesos	X		
	5.9	Cuenta con vestidores para guardar ropa de trabajo	X		
	5.10	Cuenta con pediluvio en el ingreso al área de procesos	X		
	5.11	Cuenta con sistema eficaz de evacuación de efluentes y aguas residuales			
6	AGUA				
	6.1	Se realizan análisis microbiológicos 1 vez por mes y análisis físico-químicos cada 6 meses	X		
	6.2	Existe un registro de los análisis previos	X		
	6.3	Se higienizan cada 6 meses los tanques de almacenamiento de agua		X	
	6.4	Existe un registro de limpieza indicando los responsables de la operación			
7	EQUIPOS Y UTENSILIOS				
	7.1	Son de fácil limpieza y desinfección			
	7.2	Cumplen con la rutina de limpieza: lavar con detergente industrial - enjuague con agua clorada - enjuague con agua potable			
	7.3	La empresa cuenta con un plan de mantenimiento de equipos e instrumentos			
	7.4	Existe un área de lavado independiente del área de procesos para el lavado de utensilios			
	7.5	Existe un registro de limpieza indicando los responsables de la operación			
	7.6	Cuenta con procedimiento de calibración eficaz para cada equipo			

	7.7	Existe un registro de las calibraciones anteriores			
	7.8	Cuenta con un POES por cada equipo y un registro correspondiente			
8	PERSONAL MANIPULADOR				
	8.1	Estado de salud			
		8.1.1 Se somete al personal a chequeos médicos cada seis meses	X		
		8.1.2 El personal cuenta con libreta sanitaria actualizada	X		
	8.2	Educación y capacitación			
		8.2.1 Existe un programa de capacitación continuo y permanente acerca del manejo higiénico y sanitario de los alimentos		X	
	8.3	Ropa de trabajo			
		8.3.1 Usan uniforme adecuado (gorros, botas, delantal, etc.) blanco y de fácil limpieza	X		
	8.4	Aseo personal			
		8.4.1 El personal tiene las manos limpias; no presenta anillos, relojes u otros objetos; no fuma, no come, no bebe en áreas de trabajo; cabello atado y protegido con gorro; uñas cortas, sin pintar; guantes; calzado adecuado; delantal	X		
9	CONTROL DE PROCESOS				
	9.1	Se emplean operaciones de control de envases y empaques	X		
	9.2	Cuenta con un sistema de gestión de calidad (ISO 9000; QS 9000; ISO 14000; ISO 25; HACCP)	X		
	9.3	Existe un registro de la aplicación de los sistemas anteriores	X		
	9.4	Existe un procedimiento que permita ver la trazabilidad del producto terminado	X		
	9.5	Cuenta con registros adecuados que muestran las acciones correctivas tomadas y los resultados alcanzados	X		
	9.6	Realizan controles del funcionamiento de esterilizadores y envasadoras.			
10	CONTROL SANITARIO				
	10.1	Cuenta con licencia sanitaria	X		
11	CONTROL DE PLAGAS				

	11.1	Se emplean planes para el control de roedores	X		
	11.2	Cuenta con mallas milimetradas o de plástico en puertas y ventanas	X		
	11.3	No hay presencia de animales en la planta procesadora	X		
	11.4	Los productos químicos que se utilizan están aprobados	X		
	11.5	Cuenta con un sistema de control de plagas que realice inspecciones mensuales	X		
12		MERCADO			
	12.1	Existen procedimientos de investigación de mercado para la estimación de las preferencias del cliente		X	
	12.2	Se realizan análisis de mercado internos y externos de la empresa	X		
13		ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS			
	13.1	Las cámaras de almacenamiento se encuentran en estado óptimo de limpieza, temperatura y humedad	X		
	13.2	Se realizan inspecciones periódicas de los productos terminados	X		
	13.3	Todo producto terminado almacenado posee una identificación o registro que demuestre su estado de inspección	X		
	13.4	El transporte de productos terminados se realiza en vehículos limpios y destinados específicamente para esta actividad	X		