

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE PRODUCCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL
SUERO DE LECHE GENERADO POR EL CLÚSTER DE DERIVADOS
LÁCTEOS DE CAJAMARCA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

JULIANA NATALY CORREA BERNAL

ASESOR

DANNY ADOLFO BUSTAMANTE SIGUEÑAS

<https://orcid.org/0000-0001-9166-8169>

Chiclayo, 2021

**PROPUESTA DE PRODUCCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR
DEL SUERO DE LECHE GENERADO POR EL CLÚSTER DE
DERIVADOS LÁCTEOS DE CAJAMARCA**

PRESENTADA POR:

JULIANA NATALY CORREA BERNAL

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Evans Nielander Llontop Salcedo
PRESIDENTE

Lucio Antonio Llontop Mendoza
SECRETARIO

Danny Adolfo Bustamante Sigueñas
VOCAL

Dedicatoria

A Dios por haberme brindado la fortaleza y voluntad para no desistir en los momentos difíciles y por permitirme finalizar esta investigación y culminar satisfactoriamente esta etapa académica.

A mis padres, por el apoyo constante a lo largo de mi vida y por su amor, motivación y sobre todo por estar siempre acompañándome en cada meta trazada.

Agradecimientos

A Dios por permitirme lograr una de mis metas, a mis padres y familia por el apoyo, consejos y empuje durante los momentos difíciles, a mi asesor MSc. Ing. Danny Adolfo Bustamante Sigueñas por los conocimientos brindados durante el desarrollo de la investigación.

Índice

Resumen	5
Abstract	6
Introducción.....	7
Revisión de literatura.....	8
Materiales y métodos	10
Resultados y discusión	11
Conclusiones	34
Recomendaciones	34
Referencias	36
Anexos	39

Resumen

La contaminación por plásticos y suero lácteo es un problema que preocupa tanto a nivel nacional como mundial debido a los impactos ambientales, sociales y económicos que generan. Pero debido al alto contenido en lactosa del suero, puede ser utilizado para obtener bioplástico y así sustituir el uso de plásticos convencionales. En ese contexto la presente investigación tiene como objetivo general proponer la producción de bioplástico a partir del suero de leche generado por el Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca, así mismo se establecieron los siguientes objetivos específicos: diagnosticar la situación actual de las empresas integrantes del Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca, realizar el estudio de mercado para determinar la demanda del bioplástico, realizar el estudio técnico y de ingeniería para la producción de bioplástico y por último determinar la viabilidad económica - ambiental de la propuesta. De acuerdo a las proyecciones de demanda, oferta y precios se determinó que existe alta demanda insatisfecha de bioplástico.

El análisis micro y macro localización determinó que la planta estará ubicada en Cajamarca. Además, a partir del método Guerchet se calculó un área total de 2 157 m² la cual logra una capacidad de producción de 325 kg de bioplástico diario. Finalmente, con el análisis económico financiero se obtiene un VAN de S/ 478 215,86 y TIR del 23%, ambos indicadores son positivos y favorables por lo tanto se define que el proyecto es rentable teniendo un período de recuperación de la inversión de 3 años 1 mes 4 días.

Palabras clave: bioplástico, lactosuero, diseño, rentabilidad

Abstract

Contamination by plastics and whey is a problem that worries both nationally and globally due to the environmental, social and economic impacts that they generate. But due to the high lactose content of the serum, it can be used to obtain bioplastic and thus replace the use of conventional plastics. In this context, the general objective of the present research is to propose the production of bioplastic from the whey generated by the Cajamarca Dairy Derivatives Cluster, likewise the following specific objectives were established: to diagnose the current situation of the member companies of the Cluster de Derivados Lácteos de Cajamarca, carry out the market study to determine the demand for bioplastic, carry out the technical and engineering study for the production of bioplastic and finally determine the economic-environmental viability of the proposal. According to the projections of demand, supply and prices, it was determined that there is a high unsatisfied demand for bioplastic. The micro and macro location analysis determined that the plant will be located in Cajamarca. Furthermore, based on the Guerchet method, a total area of 2 157 m² was calculated, which achieves a production capacity of 325 kg of bioplastic daily. Finally, with the financial economic analysis, a NPV of S / 478 215,86 and IRR of 23% is obtained, both indicators are positive and favorable, therefore it is defined that the project is profitable, having a recovery period of the investment of 3 years 1 month 4 days.

Keywords: bioplastic, whey, design, profitability

Introducción

La contaminación por plásticos es un problema ambiental significativo global, de acuerdo a Plastics Europe y Nathional, las cifras de producción han pasado de 2,3 millones de toneladas producidas en 1950 a 348 millones de toneladas en 2017, además, se estima que para el 2030 y 2050 se produzca 619 millones y 1 800 millones de toneladas de plástico por año, respectivamente [1], [2], lo cual genera contaminación por su inadecuada disposición final, ya que de todos los residuos plásticos generados a nivel mundial el 79% se acumula en vertederos y basureros o son desechados al ambiente, el 12% es incinerado y solo el 9% se recicla de acuerdo al informe de ONU Medio Ambiente 2018 [3]. En América Latina de acuerdo al MINAM [4] todos los residuos generados acaban en vertederos abiertos o en el ambiente, además indica que solo el 10% de los desechos se recicla o reutiliza. A nivel nacional, Lima Metropolitana y el Callao representan el 46% del total de residuos generados lo cual equivale a 886 toneladas de residuos plásticos al día, además el MINAM indica que solo el 56% de los residuos plásticos que se generan en Perú terminan en un relleno sanitario, el 43% termina en botaderos y fuentes de agua y solo el 0,3% se recicla y reprocessa [5].

Por otro lado, un residuo preocupante en las empresas dedicadas a la fabricación de derivados lácteos es el suero, el cual resulta del proceso de elaboración de quesos y contiene gran cantidad de materia orgánica por ende al no tener una adecuada disposición final genera impactos negativos ambientales, sociales, sobre la salud y la economía. A nivel nacional la producción de leche fresca pasó de 1,05 millones de toneladas en el año 2002 a 1,90 millones de toneladas en el año 2015 lo que representa aproximadamente 283 500 y 513 000 toneladas de suero lácteo, respectivamente [6]. El departamento de Cajamarca es una de las cuencas lecheras más importantes del Perú donde existe gran producción de derivados lácteos teniendo al queso como su principal producto [7], por ello de acuerdo al Banco Central de Reserva del Perú, en el año 2015 la producción de leche fresca fue de 345 000 toneladas, de lo cual resulta aproximadamente 108 675 toneladas de suero [8].

El Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca el cual está conformado por las principales empresas productoras de derivados lácteos, en el año 2018 y 2019 tuvo una producción total de 3 101 204 kg y 3 132 881 kg de queso respectivamente, lo cual generó un total de 27 203 547 litros y 27 481 411 litros de suero respectivamente, de los cuales el 20% es arrojado a la red pública y fuentes de agua, causando gran afectación a la calidad del agua, aire y suelo, debido a su alta concentración de nutrientes, demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), contenidos orgánicos e inorgánicos [9]. Por otro lado, gracias a su composición se pueden obtener alcoholes, biomasa, bioplásticos, bioetanol, proteínas totales y solubles, y calcio fácilmente asimilable, sin embargo, diversos estudios han demostrado que este residuo por contener mayor proporción de lactosa puede ser utilizado como materia prima para la producción de bioplásticos, con la finalidad de reducir la contaminación ambiental y promover la economía circular.

Por lo expuesto anteriormente, surge la pregunta ¿cuál será el impacto económico – ambiental de la propuesta de producción de bioplástico a partir del suero de leche en la ciudad de Cajamarca?, por ello se definió como objetivo general proponer la producción de bioplástico a partir del suero de leche generado por el Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca, así mismo se establecieron los siguientes objetivos específicos: diagnosticar la situación actual de las empresas integrantes del Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca, realizar el estudio de mercado para determinar la demanda del bioplástico, realizar el estudio técnico y de ingeniería para la producción de bioplástico y por último determinar la viabilidad económica- ambiental de la propuesta.

El desarrollo de esta investigación busca dar un valor agregado al suero al reutilizarlo como materia prima para producir bioplástico, con la finalidad de reducir el impacto ambiental generado por la incorrecta disposición final del suero y de los plásticos convencionales, asimismo conservar el medio ambiente y la biodiversidad. Por otro lado, busca el desarrollo económico del Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca y su diferenciación ecológica, además este estudio servirá como fuente para futuras investigaciones y a nivel social mejorará el nivel de vida al reducirse los residuos plástico y generar nuevos puestos de trabajo.

Revisión de literatura

En 2011, la Red de Energía y Medio Ambiente [10] menciona que el bioplástico es un plástico de origen biológico, es decir fabricados a partir de materia orgánica y renovable, y además tienen la capacidad de degradarse. Los polihidroxialcanoatos (PHA) son un tipo de bioplástico que se obtienen mediante la fermentación y por acción de algunas bacterias, las cuales lo acumulan en su citoplasma en forma de gránulos como fuente de carbono y energía. En 2015, Lemos y Mina [11] indican que el Poli 3-hidroxibutirato (PHB), es el principal bioplástico de la familia de los PHA y uno de los más estudiados ya que tiene mejores características y propiedades físicas que se asemejan al polipropileno, el plástico más utilizado actualmente, lo cual lo vuelve en una alternativa prometedora para sustituir a los plásticos de origen petroquímico de forma sostenible. Así mismo en 2019, Amaro, Rosa, Comi y Lacumin [12] señalan que las bacterias capaces de producir PHB teniendo como sustrato al lactosuero son: *C. necátor*, *H. mediterranei*, *Bacillus megaterium*, *Enterobacter cloacae*, *Lactococcus*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* y *Enterococcus*.

En 2009, Cuatrecasas [13] define el diseño y distribución de planta como el ordenamiento físico de los factores de la producción con el fin de que las operaciones sean seguras, eficientes y económicas en el logro de sus objetivos. Además en 1996, Rojas [14] menciona que para el cálculo de la superficie necesaria, el método más utilizado es el de Guerchet el cual considera tres áreas; superficie estática, gravitación y de evolución; para determinar el área total de la planta.

En 2003, Conesa [15] define el impacto ambiental como el cambio positivo o negativo que ocurre en un medio, como consecuencia de los aspectos ambientales de una organización. Además, en 2007 INERCO [16] indica que una de las metodologías para la evaluación del impacto ambiental es la matriz de Leopold, la cual se basa en dar una valoración en cuanto a magnitud e importancia del impacto identificado.

En 2018, Canellada, Laca, Laca y Díaz [17] en su investigación titulada “*Environmental Impact of Cheese Production: a case study of a small-scale Factory In Southern Europe and Global Overview of Carbon Footprint*”, explicaron que la industria de alimentos y bebidas, entre las cuales se encuentran las empresas de productos lácteos, representan parte muy importante en el rubro manufactura y economía, sin embargo también contribuyen con el 20 a 30% de impactos ambientales. Por lo cual el objetivo de la investigación fue determinar el impacto ambiental de una empresa quesera representativa de la producción de queso en el Sur de Europa (Asturias). Los resultados demostraron que el suero es el principal residuo y representa el 41% de impacto ambiental afectando principalmente al suelo y agua, además en conjunto la empresa quesera representa el 75% de impacto afectando al cambio climático, acidificación del agua, agotando recurso hídrico, material particulado y suelos urbanos. Por otro lado, los autores mencionaron que, de acuerdo a estudios si se valoriza el suero el impacto se reduciría hasta un 15%.

En 2019, Godoy [18] en su estudio titulado “*Evaluación del impacto ambiental en la industria de derivados lácteos Tinajani EIRL 2019*”, mencionó que las empresas que elaboran quesos generan contaminación del medio al arrojar sin previo tratamiento cantidades significativas de lactosuero y aguas residuales. La investigación tuvo como objetivo evaluar el impacto ambiental generado por la industria de derivados lácteos Tinajani E.I.R.L. De acuerdo a los análisis de parámetros de la muestra de residuos a partir de 6 900 kg de queso y a la matriz de Leopold, los resultados evidenciaron que el lactosuero y aguas residuales son principal fuente de contaminación ambiental debido a que sus parámetros de aceites (197 mg/L), fosfatos (31,4 mg/L), sólidos suspendidos (4 621,5 mg/L), DQO (12 000 mg/L) y DBO (9 060 mg/L) sobrepasan los límites permitidos, provocando así que el agua sea el factor ambiental más afectado debido a la contaminación (-79) y disminución (-39) del mismo.

En 2015, Álvarez [19] en su investigación titulada “*Análisis de la Producción de Polihidroxibutirato usando Lactosuero como Materia Prima*”, explicó que los plásticos sintéticos generan serios problemas de contaminación por lo cual se está buscando sustitutos eco amigables o biopolímeros como el polihidroxibutirato (PHB), sin embargo una desventaja de estos es su alto costo de producción por los sustratos y la energía utilizada, por ello se evalúan sustratos a partir de residuos agroindustriales con el fin de reducir estos costos y así lograr que su producción sea rentable a escala industrial. Ante ello el objetivo de la investigación fue analizar la producción de polihidroxibutirato usando el lactosuero como materia prima, con el propósito de aprovechar los residuos que causan problemas ambientales. Los resultados demostraron que es posible producir PHB a partir del lactosuero ultra filtrado usando la cepa *B. megaterium*, obteniendo un rendimiento de 3,28 g PHB/L, de esta manera se obtuvo un porcentaje de acumulación de PHB intracelular del 77%. Además, se resalta la importancia de controlar las principales variables de fermentación (aireación y pH) para lograr un mayor rendimiento de PHB, sumado a esto se realizó un análisis económico de la producción de PHB a partir de Lactosuero pre tratado el cual resultó en 3 USD/kg de PHB.

En 2017, Calero [20], en su estudio titulado “*Obtención de polihidroxialcanoatos a partir del suero lácteo por cultivos microbianos mixtos*”, mencionó que más del 50% de suero lácteo generado por las industrias queseras no tienen un adecuado tratamiento por lo que suponen fuente de contaminación ambiental debido a la alta carga orgánica que presentan, por lo cual una alternativa prometedora para darle un valor agregado a este residuo es utilizarlo como sustrato para producir bioplástico (PHB). Ante esto el objetivo de esta investigación es producir PHB a partir de suero lácteo y cultivos microbianos mixtos (CMM). Los resultados evidencian que es posible la producción de PHB a partir de suero lácteo teniendo una productividad de 0,7 g PHB L⁻¹. Además, indican que el control de las condiciones de fermentación es fundamental para incrementar la productividad del bioplástico a obtener.

En 2019, Peña *et al.* [21], en su investigación titulada “*Producción de poli (3-hidroxibutirato) a partir de aguas residuales de la industria láctea utilizando Bacillus subtilis EPAH18: desarrollo y simulación de bioprocesos*” explicaron que la inadecuada gestión de los residuos plásticos ocasiona acumulación y contaminación al medio, ante esto los bioplásticos (PHB) son una opción prometedora sin embargo su comercialización a gran escala se ve afectada por los altos costos de producción, principalmente los sustratos representan el 50% de estos costos, por lo cual las aguas residuales agroindustriales, como el suero que es considerado un desecho contaminante del sector lácteo, son una buena opción para mejorar la economía de producción de los PHB. Ante esto, el objetivo de la investigación fue aumentar la producción de PHB a partir de aguas residuales lácteas por *Bacillus subtilis EPAH18*. Como resultado se

tiene que la producción de PHB con *Bacillus subtilis* EPAH18 se obtuvo 0,54 g PHB/L. También se encontró que con un mayor flujo de alimentación inicial de suero aumenta la producción de PHB y los costos de energía. Por esta razón, se propone una corriente de alimentación suero de 1 000 t / h para un costo de producción de PHB alrededor de 10,2 \$ / kg.

Materiales y métodos

Para realizar el diagnóstico de la situación actual de las empresas integrantes del Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca, se realizaron diferentes visitas a las diferentes empresas que forman parte del Clúster de Lácteos con el fin de conocer el proceso productivo, la variedad de productos que ofrecen, la cantidad de suero que generan y la disposición final del mismo. Asimismo, se tuvo acceso a la data de la producción del año 2018 y 2019 de las diferentes empresas del Clúster, con lo cual se realizó un análisis de las cantidades y se representó en tablas y gráficos. Sumado a esto se realizó la Matriz de Leopold con lo que se determinó el impacto ambiental que genera el suero.

Luego se procedió a realizar el estudio de mercado para determinar la viabilidad comercial de la propuesta de producción de bioplástico a partir del suero generado por el Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca, para lo cual se analizaron la demanda y oferta histórica del bioplástico, con lo cual se proyectaron y se procedió a calcular la demanda insatisfecha, luego se analizó la disponibilidad de materia prima (suero) con el fin de poder determinar la demanda del proyecto, así mismo se analizaron los precios históricos y se proyectaron para conocer los precios de bioplástico durante los próximos cinco años. Los datos de la demanda y oferta de bioplástico fueron obtenidos del Instituto Nacional de Estadística e Informática. El método que se utilizó para las proyecciones fue el de Regresión lineal debido a que los datos históricos presentaban una tendencia lineal creciente. Además, se realizó el plan de ventas, el plan de producción y el requerimiento de materiales.

En cuanto al estudio técnico y de ingeniería para la producción de bioplástico, primero se determinó la ubicación de la planta para lo cual se analizaron los lugares teniendo en cuenta factores de micro y macro localización como son cercanía de materia prima, mano de obra, vías de acceso, servicio de transporte y el mercado. Luego se revisó, comparó y determinó el proceso de producción de bioplástico, los microorganismos con mayor rendimiento, las maquinarias a utilizar, se realizaron los diferentes diagramas de procesos, balance de líneas de producción, así como el balance de materia en base a los datos proporcionados por los antecedentes y así poder determinar la cantidad de máquinas que necesitará la planta industrial. Finalmente, ya definido el proceso con todas las áreas se realizó la distribución de la planta con ayuda del Diagrama SLP y para el cálculo de las superficies del área total se utilizó el método Guerchet, y por último se diseñó en 2D y 3D la planta de producción de bioplástico utilizando el software AutoCAD. Para lograr este objetivo se revisaron artículos científicos, libros, tesis, páginas web.

Para el cuarto objetivo, determinar la viabilidad económica- ambiental de la propuesta, se calculó la inversión antes de la puesta en marcha a la fábrica, es decir todos los gastos incurridos en terrenos, construcción de la planta, maquinaria y equipos para las diferentes áreas así como permisos, licencias y certificados necesarios para la instalación y formalización de la planta industrial; además se calculó el capital de trabajo en base a los costos y gastos que conlleva el proyecto durante su funcionamiento u operación teniendo en cuenta los costos de producción, administrativos y de comercialización. Luego se determinó el tamaño inversión, y se calcularon los indicadores de Valor actual neto (VAN), Tasa interna de retorno (TIR) y el Beneficio/Costo del proyecto. Para la viabilidad ambiental se realizó un análisis del impacto ambiental para lo

cual se utilizó la Matriz de Leopold. Finalmente se redactaron las discusiones, conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Resultados y discusión

4.1. Diagnóstico de la situación actual de las empresas integrantes del Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca

El departamento de Cajamarca alberga un gran número de empresas productoras de derivados lácteos, entre las principales se tiene Chugur, Huacariz, Granja Porcón, Tongod y el Establo la Colpa, que son las que conforman el Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca. Todas estas empresas producen y comercializan derivados lácteos como quesos, manjar blanco, yogures y mantequilla; siendo el queso el principal derivado lácteo que se procesa en mayor volumen. Entre los tipos de quesos que procesan tenemos el queso fresco, suizo, mantecoso, ecológico, ahumado, paria, mozzarella, parmesano, edam, ricota, gouda, provolone y el toro.

Las empresas que conforman el Clúster trabajan todos los días de la semana, y la mayor productora de quesos es Chugur por lo mismo es la que genera mayor cantidad de suero, el cual como ya se ha mencionado es un residuo muy contaminante debido a su alto contenido en materia orgánica que genera una alta demanda química de oxígeno(DQO), de 60 a 80 g/L y una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de 30 a 50 g/L para que pueda degradarse, afectando así a la calidad del agua y a la biodiversidad. [22]

La cantidad promedio mensual de suero que generaron en el año 2018 Chugur, Huacariz, Granja Porcón, Tongod y Establo la Colpa fue de 1 205 303, 875 711, 83 973, 71 628 y 30 321 litros de suero respectivamente, que en conjunto resultó un total de 27 203 547 litros de suero (Ver tabla N°1), mientras que en el año 2019 generaron cantidad promedio mensual de 1 217 594, 884 645, 84 839, 72 361 y 30 680 litros de suero respectivamente, que en conjunto originó un total de 27 481 411 litros de suero (Ver tabla N°2).

Todas estas empresas venden el 65% de su suero para alimentación animal (cerdos, ganado), el 15% es devuelto a los proveedores de leche para alimentación de su ganado y el 20% restante es vertido a la red pública. Lo que en cantidades equivale a un total de 17 682 305 litros vendidos, 4 080 532 litros devuelto a sus proveedores y 5 440 709 litros que fueron vertidos a la red pública en el año 2018, mientras que el año 2019 se tuvieron 17 862 917 litros vendidos, 4 122 212 litros devuelto a sus proveedores y 5 496 282 litros fueron vertidos a la red pública.

Tabla 1 Cantidad mensual de Suero en el año 2018 (en litros)

EMPRESA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	Promedio
CHUGUR	1 390 587	1 255 252	1 390 607	1 345 682	1 390 722	1 345 672	1 420 445	992 017	968 133	1 000 691	968 156	995 995	14 463 959	1 205 330
HUACARIZ	933 378	842 212	933 398	903 005	933 382	902 988	852 614	852 631	824 837	852 621	824 835	852 627	10 508 528	875 711
GRANJA PORCÓN	92 411	83 306	92 409	89 396	92 435	89 403	78 899	78 912	76 339	78 921	76 317	78 924	1 007 672	83 973
TONGOD	79 818	72 005	79 812	77 209	79 808	77 209	66 346	66 329	64 168	66 333	64 168	66 337	859 541	71 628
ESTABLO LA COLPA	35 093	31 174	35 087	33 776	35 080	33 792	26 949	26 992	25 958	26 979	25 966	27 001	363 847	30 321
TOTAL													27 203 547	

Fuente: Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca

Tabla 2 Cantidad mensual de Suero en el año 2019 (en litros)

EMPRESA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	Promedio
CHUGUR	1 404 722	1 268 020	1 404 742	1 359 363	1 404 858	1 359 354	1 434 882	1 002 126	978 001	1 010 888	978 024	1 006 144	14 611 123	1 217 594
HUACARIZ	942 895	850 808	942 915	912 215	942 899	912 197	861 315	861 332	833 257	861 322	833 255	861 328	10 615 738	884 645
GRANJA PORCÓN	93 362	84 165	93 361	90 317	93 386	90 324	79 714	79 727	77 128	79 736	77 105	79 739	1 018 063	84 839
TONGOD	80 633	72 741	80 627	77 997	80 623	77 997	67 025	67 008	64 825	67 012	64 825	67 016	868 330	72 361
ESTABLO LA COLPA	35 500	31 542	35 495	34 170	35 487	34 186	27 275	27 318	26 273	27 304	26 282	27 327	368 158	30 680
TOTAL													27 481 411	

Fuente: Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca

Como se puede evidenciar es gran volumen de suero el que termina en la red pública y otras fuentes de agua, por lo cual se procedió a analizar el proceso de producción de queso del Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca y a identificar el impacto ambiental del mismo, haciendo uso de la Matriz de Leopold como se observa en el Anexo N° 1, en el cual, de acuerdo a sus factores ambientales, el medio social es el menos afectado, debido a que su impacto genera una puntuación de 13. El siguiente menos afectado es el medio biológico, con una puntuación de -108. El componente con mayor afectación es el medio físico y se evidencia con una puntuación de -212. Por tanto, el impacto total que implica la producción de quesos del Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca resulta un total de -307.

De manera general, de todos los factores ambientales, los subcomponentes más afectados son: calidad de agua (-113), seguido de los ecosistemas acuáticos (-100) y calidad del suelo (-55) debido a que los residuos sólidos, la grasa y el suero de leche son vertidos en la red pública generando cierto grado de contaminación. La etapa del proceso de producción de quesos que genera mayor afectación a los factores ambientales es el salado del queso con un valor total de -85, seguido por el desuerado con -81 y el prensado con -62. El promedio positivo es de 9 y se da en el factor economía, por la generación de empleo, y mamíferos porque al alimentarlos con el suero se benefician por el contenido de nutrientes que aporta este; mientras que el promedio negativo es de 27 y se evidencia en casi toda la matriz. Por lo cual, si se reutiliza el suero de leche dándole un valor agregado, el nivel del impacto que genera actualmente el Clúster se reduciría.

4.2. Estudio de Mercado para determinar la viabilidad comercial de la propuesta de producción de bioplástico

La demanda de los bioplásticos se está dando en las propias empresas manufactureras debido a que se han inclinado por una producción más ecológica, sostenible y de consumo responsable, por medio del uso de envases bioplásticos sustituyendo así a los tradicionales envases de plástico convencional. [23]

Francois de Bie, presidente de European Bioplastics [24], indicó que, a nivel mundial, se espera un crecimiento estable de la industria de bioplástico que se estima crecerá un 20% en los próximos cinco años. Además, en el 2017 se destinó el 60% de bioplásticos para la fabricación de productos de packing o envasado, entre otras aplicaciones se tiene el sector textil, medicina, agricultura y automotriz.

Por otro lado, Perú es importador neto de plástico de origen petroquímico en formas primarias o pellets. De acuerdo a la Sociedad Nacional de Industrias [1, p. 19-21], en el periodo de enero – mayo de los años 2018 y 2019, destacaron principalmente cuatro empresas importadoras, San Miguel Industrias Pet, OPP Film S.A., Peruana de Moldeados S.A. y Dispercol con adquisiciones de US\$ 60,6 millones, US\$ 48,4 millones, US\$ 15,5 millones y US\$ 15 millones respectivamente, y con menor participación se tiene a Cominter, Amcor Pet Packaging del Perú, Productos Paraíso del Perú, Globalplast, Nicoll Perú, Manufacturas Cima Perú, entre otras.

Entonces debido a que en Perú no se comercializa los pellets de bioplástico por ende no existe una data histórica de demanda de estos, por ello para hallar la demanda del bioplástico se tomó como referencia los datos de producción, importación y exportación de polipropileno en forma primaria (pellets) que se destinan al sector de envasado de productos alimenticios, es decir el 10% del total de polipropileno se utiliza para el sector de envases según [25], se tomó esta información como base para la proyección debido a que se busca sustituir los pellets de polipropileno por los de bioplástico (PHB). En este sentido se entiende por demanda nacional de pellets de bioplástico a toda la producción nacional de polipropileno sumado con las

importaciones de este producto y restado con las exportaciones que se hacen del mismo. En la tabla 3 se muestra la evolución de la demanda histórica de pellets de polipropileno en toneladas usados en el sector envasado, entre los años 2015 y 2019.

Debido a que la demanda tiene un comportamiento lineal ascendente, se procedió a proyectarla con el método de Regresión lineal en un periodo de 5 años para analizar la tendencia futura, mostrándose las cifras en la tabla 3, en la cual se observa la tendencia creciente de esta demanda proyectada.

Por otro lado, de acuerdo al INEI [26], la oferta de pellets de polipropileno está dada por la oferta nacional (producción nacional) y la oferta internacional (importaciones). Con respecto a la oferta nacional entre las principales empresas que producen el polipropileno en forma primaria tenemos OPP Film S.A. que tuvo una participación del 94% en el año 2019, seguida por Inversiones San Gabriel S.A. y Compañía Ecológica GW S.A.C. con un 2% de participación cada una; entre las empresas con menor participación se tiene a Polímeros y plástico Andina S.A.C., Fibrafil S.A., Fitesa Perú S.A.C, Peruana de Moldeados S.A., L&H Industrias S.A.C., entre otras.

En cuanto a la oferta internacional, los plásticos de formas primarias provinieron principalmente de Estados Unidos, que representó el 26,3% del valor total importado de este producto, le sigue China con el 17,2% de participación, y con una menor participación se tiene a países como Brasil, Arabia Saudí, México, Corea del Sur, Colombia, Taiwán, India, entre otros.

Debido que el Perú no tiene muy desarrollada industria petroquímica, importa grandes cantidades de polipropileno en formas primarias. De acuerdo a los datos de SUNAT la importación de este tipo de producto ha ido en constante crecimiento, teniendo un promedio de crecimiento anual de 0,18% y se estima que para los siguientes años seguirá el mismo comportamiento. Entonces la oferta histórica de bioplástico está determinada por la importación de pellets de polipropileno para el mercado local entre los años 2015 y 2019. Al igual que en la demanda se procedió a proyectar la oferta y el precio con el método de regresión lineal en un período de 5 años para analizar la tendencia futura. (Ver tabla 3)

En consecuencia, la demanda insatisfecha está determinada por las importaciones las cuales equivalen a seis veces más de lo que se produce, es decir la producción nacional no logra satisfacer las necesidades por lo que importa grandes cantidades de pellets, por ende, se decide tomar como demanda insatisfecha lo que falta (importación) para lograr atender la demanda. Por lo cual se concluye que para el 2020 se tiene una demanda insatisfecha de 22 224 toneladas de pellets de polipropileno, en el año 2021 de 24 003 toneladas y así sucesivamente hasta el año 2024 que se tiene una demanda insatisfecha de 29 340 toneladas (Ver tabla 3), lo cual indica que existe una oportunidad para lanzar el producto de pellets de bioplástico al mercado para lograr cumplir con una parte de dicha demanda insatisfecha.

Además, se calculó la demanda del proyecto con la finalidad de conocer la cantidad que se puede cubrir de la demanda insatisfecha calculada anteriormente. El cálculo se realizó en base a la disponibilidad del suero, que viene a ser la materia prima principal que nos proveerá el conjunto de empresas que integran el Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca, y al rendimiento de producción de bioplástico, que es igual a 3,28 g PHB/L de suero de acuerdo al estudio realizado por Álvarez [19], con este rendimiento se calculó el bioplástico que se obtiene a partir de la disponibilidad de suero proyectada, y se concluye que se logra atender al 0,32% de la demanda insatisfecha, ya que para en el año 2020 se obtiene 90,74 t de bioplástico, en el año 2021 se obtiene 91,45 t, el 2022 se obtiene 92,16 t, el 2023 se obtiene 92,87 t y en el año 2024 se logra obtener 93,58 t, por lo tanto, ese será el porcentaje de participación del proyecto.

Tabla 3 Demanda, Oferta y precios históricos y proyectados

Demanda histórica		Demanda proyectada	
Año	Demanda (t)	Año	Cantidad (t)
2015	13 004	2020	23 751
2016	17 350	2021	25 607
2017	19 091	2022	27 463
2018	21 035	2023	29 318
2019	20 440	2024	31 174
Oferta histórica		Oferta proyectada	
Año	Importaciones (t)	Año	Cantidad (t)
2015	11 773,57	2020	22 224
2016	16 400,00	2021	24 003
2017	17 603,31	2022	25 782
2018	19 580,42	2023	27 561
2019	19 078,05	2024	29 340
Precio histórico		Precio proyectado	
Año	Precio (S/ / kg)	Año	Precio (S/ / kg)
2015	12,53	2020	18,80
2016	14,50	2021	19,98
2017	15,39	2022	21,16
2018	16,29	2023	22,34
2019	17,54	2024	23,52

Fuente: SUNAT/SICEX/PRODUCE

A partir de la información obtenida se elaboró el plan de ventas para el periodo 2020-2024, teniendo en cuenta que el producto será vendido en sacos de Kraft hermético con una presentación de 25 kg. Así pues, en el primer año se tiene 3 630 unidades, en el segundo año 3 659 unidades, en el tercer año 3 687 unidades, en el cuarto año 3 715 unidades, y en el quinto año 3 744 unidades.

En cuanto al sistema de distribución propuesto, debido a que el producto se venderá en los departamentos de Lima y Callao, primero se detallará las ventas ya sea por teléfono o email, las cuales llegarán directamente al área de ventas de la empresa, y por medio del servicio de pequeños fletes se distribuirá la cantidad de pellets requerida por las empresas transformadoras de plástico, las cuales son nuestros clientes finales.

Por otro lado, el plan de producción se obtuvo a partir del plan de ventas. Se ha considerado por conveniente dividir el periodo: por meses (durante el primer trimestre), por trimestres (durante el primer año) y por años (5 años – 2020 – 2024). El único mes que no cuenta con inventario inicial es el primero (enero de 2020).

Por política de inventario de la empresa se ha considerado tener un inventario equivalente a dos meses de producción, y este será procesado durante los 2 primeros meses. Se sugiere esta política debido a que el producto no es perecible, por ende, se puede disponer de ese inventario ante cualquier pico de demanda que se presente. Así, para el año 1 se obtiene 4 235 unidades de bioplástico hasta el año 5 que se obtiene 3 744 unidades de bioplástico.

Para determinar el requerimiento de materiales se tuvo en cuenta el índice de consumo por cada unidad de venta, es decir los materiales directos e indirectos necesarios para producir 1 saco de 25 kg de bioplástico. De igual forma se calculó el costo por unidad a producir que es igual a S/ 146. En la tabla 4 se observan los insumos necesarios para la producción de 1 saco de 25 kg de bioplástico.

Tabla 4 Índice de consumo por unidad en la producción de bioplástico

INSUMO	UNIDAD DE COMPRA	ÍNDICE DE CONSUMO	VALOR POR UNIDAD DE COMPRA	MONTO POR UNIDAD
<u>MATERIALES DIRECTOS</u>				
Suero de leche	L	7 620	S/.0,00	S/.0,00
Hidróxido de Sodio	kg	0,61	S/.46,00	S/.28,06
Agua purificada	L	24	S/.2,04	S/.48,98
Urea	kg	0,48	S/.95,00	S/.45,60
<i>Bacillus Megaterium</i> en estado puro	mL	0,01	S/.4,00	S/.0,04
Sulfato de Amonio	g	0,200	S/.0,21	S/.0,04
Fosfato monopotásico	g	0,300	S/.0,18	S/.0,05
Fosfato de sodio dibásico	g	1,800	S/.0,20	S/.0,36
Sulfato de Magnesio Heptahidratado	g	0,040	S/.0,08	S/.0,0030
Sulfato Ferroso Heptahidratado	g	0,100	S/.0,08	S/.0,0081
Sulfato de Zinc Heptahidratado	g	0,023	S/.0,14	S/.0,0031
Sulfato de Cobre pentahidratado	g	0,010	S/.0,14	S/.0,0014
Sulfato de Manganeso tetrahidratado	g	0,005	S/.0,21	S/.0,0011
Cloruro de calcio dihidratado	g	0,020	S/.0,11	S/.0,0022
Ácido bórico de alta calidad	g	0,002	S/.0,06	S/.0,0001
Molibdato de amonio	g	0,002	S/.1,20	S/.0,0024
Ácido Clorhídrico	L	0,010	S/.20,00	S/.0,20
Hipoclorito de sodio comercial	kg	0,520	S/.17,00	S/.8,84
Cloroformo	kg	0,150	S/.89,00	S/.13,35
<u>MATERIALES INDIRECTOS</u>				
Saco de Kraft hermético (25 kg)	unidad	1	S/.0,90	S/.0,90

Fuente: Elaboración Propia

Una vez determinado el índice de consumo por unidad a producir, se establece el requerimiento de materiales para la producción en base al plan de ventas del producto durante los años 2020-2024. En la Anexo N° 2 se observa la cantidad de insumos, en el año 1 se presenta por trimestres y para los 4 años restantes se acumula en años ya que el cálculo a seguir es el mismo.

4.3. Estudio técnico y de ingeniería para la producción de Bioplástico

La localización de la planta industrial se determinó mediante el análisis a nivel macro y micro localización, teniendo en cuenta factores como disponibilidad de materia prima, disponibilidad de mano de obra, energía eléctrica, agua, condiciones climáticas y vías de comunicación.

Para determinar la macro localización se analizaron y se calificaron los departamentos de Cajamarca y Lima en base a los factores mencionados, los cuales previamente se les asignó un grado de importancia por medio del método de ponderación. De acuerdo a las puntuaciones obtenidas se concluyó que el departamento más adecuado para la planta productora de pellets de bioplástico es Cajamarca, por haber obtenido la puntuación más alta, esto se debe a que cuenta con la mayor disponibilidad de energía eléctrica, agua y sobre todo la disponibilidad de materia prima y el servicio de transporte que disminuye la pérdida de materia prima por la cercanía a la planta.

Para determinar la micro localización se analizaron y se calificaron siguientes lugares de la región Cajamarca como Carretera a Baños del Inca (distrito Baños del Inca), Bajo Otuzco (distrito Baños del Inca) y Porcón (distrito Cajamarca) para ello se tuvieron en cuenta factores como disponibilidad de materia prima, mano de obra, energía eléctrica, agua, condiciones climáticas, vías de comunicación y disponibilidad de terreno, los cuales previamente se les asignó un grado de importancia por medio del método de ponderación.

De acuerdo a las puntuaciones obtenidas en la tabla 5, se concluyó que el lugar más adecuado para la ubicación de la planta productora de pellets de bioplástico es la Carretera a Baños del Inca - distrito Baños del Inca, por haber obtenido la puntuación más alta, esto se debe a que cuenta con la mayor disponibilidad de materia prima en cuanto a cercanía es un lugar estratégico, la disponibilidad de energía eléctrica es mayor al igual que la disponibilidad de terreno.

Tabla 5 Calificación de la micro localización

FACTORES	Peso	Carretera a Baños del Inca		Bajo Otuzco		Porcón	
		C	P	C	P	C	P
Disponibilidad de materia prima	21%	4	0,83	4	0,83	4	0,83
Disponibilidad de mano de obra	13%	4	0,50	4	0,50	3	0,38
Disponibilidad de energía eléctrica	13%	4	0,50	2	0,25	2	0,25
Disponibilidad de agua	13%	4	0,50	4	0,50	4	0,50
Servicios de transporte	17%	4	0,67	4	0,67	3	0,50
Condiciones climáticas	17%	3	0,50	3	0,50	3	0,50
Disponibilidad de terreno	8%	4	0,33	3	0,25	4	0,33
TOTAL	100%		3,83		3,50		3,29

Fuente: Elaboración Propia

La calificación fue en base a una escala del 1 al 4 bajo el siguiente valor:

Escala de Calificación	
Deficiente	1
Regular	2
Bueno	3
Excelente	4

En cuanto al proceso de productivo de bioplástico, este consta de tres etapas principales: el pretratamiento del suero, la fermentación y por último la recuperación, extracción y limpieza del bioplástico.

De acuerdo a Álvarez [19], para obtener un buen rendimiento de Bioplástico se deben realizar pretratamientos al suero con la finalidad de reducir el contenido de nitrógeno que se encuentran básicamente en las proteínas. Se puede realizar un pre tratamiento que incluye procesos físicos y químicos o un pre tratamiento por ultrafiltración, este último es el más recomendado debido a que se obtiene mejores resultados en cuanto a productividad. Una vez tratado el suero se proceden a las siguientes etapas.

A continuación, se describen a mayor detalle las etapas del proceso:

○ **Recepción de materia prima**

El acopio de la materia prima (suero) a la fábrica lo realizarán las empresas proveedoras de suero (Clúster de Derivados lácteos Cajamarquino) en camiones cisterna. Esta recepción de materia prima se realizará diariamente en horario de 16 h 00 y 18 h 00.

Luego el camión cisterna es pesado en la balanza electrónica, para luego proceder a la descarga del suero.

○ **Almacenamiento**

El suero se descarga y almacena en silos de acero inoxidable a una temperatura de 4°C hasta la mañana del día siguiente para empezar con el proceso de pre tratamiento de esta materia prima.

○ **Pre-Tratamiento usando Ultrafiltración**

En este pretratamiento primero se realiza un tratamiento térmico (esterilización) del lactosuero a 115°C durante 15 minutos con la finalidad de precipitar las proteínas del suero, luego por medio de la ultrafiltración se separa las proteínas que no precipitaron con el proceso anterior, a continuación, se procede con la neutralización con la finalidad de ajustar el pH a 7 con una solución 0,012 M de NaOH, luego se realiza una centrifugación a 6 000 rpm por 10 minutos, de la cual los residuos sólidos son desechados y el suero centrifugado sin contenido de proteína pasa a una esterilización a 82°C durante 15 minutos, de la cual se obtiene el suero listo para poder usarlo como sustrato de cultivo. [19]

○ **Cultivo y escalamiento de cepa *Bacillus Megaterium***

A nivel laboratorio se realiza la siembra de la cepa de *Bacillus* pura, con la finalidad de reservar y mantener la cepa y así reducir costos por compra de la misma. Entonces se siembra en cajas Petri la cual contiene agar nutritivo, primero se flamea el asa y se procede a tomar la muestra de 10 uL de *Bacillus megaterium* en estado puro, luego se realizan extensiones en zig zag en la placa, seguidamente se vuelve a esterilizar el asa de siembra y nuevamente se extiende

en dirección contraria a la anterior. Esta operación se repite 2 veces más y finalizado esto se lleva las placas Petri a la incubadora a 37 °C por 24 horas.

Luego se deja enfriar a temperatura ambiente y se procede a colocar las cepas crecidas o adaptadas de *Bacillus megaterium* en 6 tubos de ensayo de 2 mL (rotulados con la fecha) que contienen 30% de lactosuero y 70% del medio de cultivo líquido y se guardan a una temperatura de -80 °C. Cabe recalcar que todo este proceso se realiza en condiciones asépticas.

Para realizar el escalamiento de la cepa a nivel industrial, primero se realiza el pre inóculo e inóculo. Se prepara 200 mL del medio de cultivo y se ajusta el pH a 4,5 con solución NaOH (2,5 N), se toma el 10% de este medio y se coloca en un Erlenmeyer de 50 mL para el pre inóculo, el 90% restante se coloca en otro Erlenmeyer de 1 L para el inóculo y se llevan a esterilizar en una autoclave a 120 °C por 15 minutos. Para la preparación del pre inóculo se extrae una azada de la muestra (tubo de ensayo) y se adiciona al Erlenmeyer de 50 mL, luego se lleva a agitador orbital durante 12 horas a 150 rpm, 28 °C y con aireación de 5 L min⁻¹, seguidamente este cultivo se deposita en el Erlenmeyer de 1 L con las mismas condiciones de tiempo y temperatura. Seguidamente este será el inóculo para la fermentación en el reactor de 7 L con las mismas condiciones de tiempo y temperatura, luego este se convertirá en el inóculo del reactor de 100 L a iguales condiciones que las anteriores, y finalmente este último pasa a ser inóculo del reactor ubicado en planta que tiene la capacidad de 60 000 L. [27]

○ **Fermentación**

Una vez pre-tratado el suero se enfría de 82°C a 37°C en el intercambiador de calor, seguidamente pasa al fermentador donde se llevará a cabo la fermentación, para lo cual se agrega agua 0,12 litros por cada litro de suero esterilizado; una fuente de nitrógeno que será la urea en lugar del sulfato de amonio ya que es más económico y contiene lo mismo; y finalmente se agrega el inóculo, la fermentación se mantuvo a condiciones de 37°C, 200 rpm y 5 L min⁻¹ de aireación durante 48 horas. En esta etapa la cepa aprovecha la lactosa del suero y lo transforma en bioplástico manteniéndolo almacenado intracelularmente.

○ **Centrifugación**

Luego el flujo del fermentador ingresa a la primera centrífuga para proceder a la separación de la biomasa de la mezcla de residuos, la biomasa resultante pasa al intercambiador de calor. La centrifugación se realiza a 6 000 rpm durante 15 minutos.

○ **Calentamiento y Mezclado**

Luego la biomasa pasa al tanque mezclador donde es calentada a 85°C durante 15 minutos con la finalidad de desnaturalizar las proteínas, el material genético y así lograr desestabilizar la membrana celular de los microorganismos para extraer el bioplástico almacenado al interior de la célula. Luego se va a realizar la extracción y lavado del bioplástico (PHB), para lo cual se utiliza una solución de hipoclorito (5% p/v), Cloroformo al 1% v/v y agua destilada en una proporción de 3,8 mL por cada litro de biomasa que ingresa al tanque mezclado, con esto se logra una recuperación del 89%. El mezclado se realiza a temperatura ambiente y con una agitación constante durante 30 minutos.

○ **Centrifugación**

Después la mezcla sólido-líquido ingresa a una tercera centrífuga donde se separa el bioplástico del líquido residual. La centrifugación se realiza a 6 000 rpm durante 10 minutos.

- **Secado y Peletizado**

Finalmente, el bioplástico pasa al secador spray que funciona a 120°C y 0,6 MPa de presión donde el contenido de humedad del bioplástico se reduce, además se tiene una salida de vapor de agua equivalente al 6% de la biomasa que ingresa al secado, y de esta etapa se obtienen pellets de bioplástico con una pureza del 99,9%.

- **Envasado y Almacenado**

El producto terminado se envasa en sacos de Kraft herméticos de 25 kg y se almacena para su posterior venta.

Cabe destacar que el control de calidad se realizará en las diferentes etapas de producción, teniendo mayor precaución en las etapas de fermentación, secado y peletizado y almacenamiento del producto final ya que son determinantes para obtener un mayor rendimiento de bioplástico asimismo tener un producto final de calidad. En cuanto a la fermentación se deberá tener un estricto control de la temperatura (32 °C), pH igual a 7, velocidad de 200 rpm y aireación de 5 L min⁻¹; en el secado y peletizado se debe controlar que se realice a una temperatura de 120 °C y a 0,6 MPa de presión; y por último en el almacenamiento del producto final debido a que el producto es propenso a adquirir humedad si se encuentra expuesto al aire, ya que la temperatura y humedad influyen bastante en la cantidad de agua que logra absorber, por lo cual se recomienda almacenar el producto en un envase con cierre hermético y en un lugar fresco y seco.

En la Figura 1 se muestra un diagrama para mayor entendimiento del proceso descrito.

Indicadores de producción y productividad

Se calcularon indicadores de producción y productividad como la capacidad diseñada, capacidad real, capacidad ociosa, capacidad utilizada, productividad de materia prima, productividad mano de obra, productividad total y eficiencia de la línea. En la tabla 6 se resumen todos los indicadores.

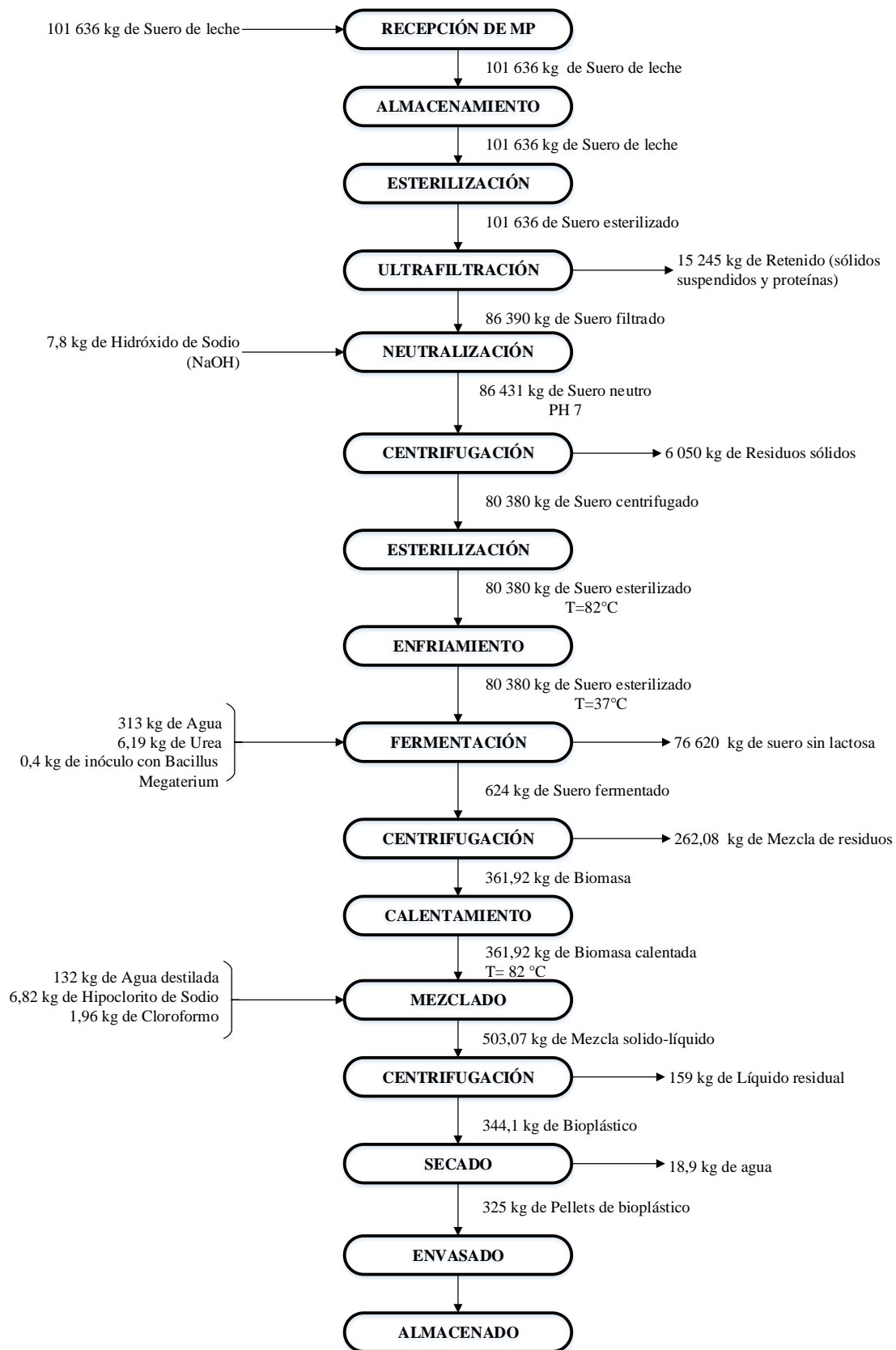


Figura N° 1 Balance de masa del proceso de producción de bioplástico

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Indicadores de Producción y productividad

Año	Producción (unid/año)	10% de la Producción (unid/año)	Capacidad de diseño (unid/año)	Capacidad real (unid/año)	Capacidad ociosa (unid/año)	Capacidad Utilizada	Productividad de materia prima	Productividad de mano de obra	Productividad total	Tiempo de ciclo	Número de Estaciones	Eficiencia de la línea
2020	3 744	375	4 119	3 630	489	88,13%						
2021	3 744	375	4 119	3 659	460	88,83%						
2022	3 744	375	4 119	3 687	432	89,51%	0,32 %	40,63 kg BP/operario	2,40	1,395 min/kg	5	77,96 %
2023	3 744	375	4 119	3 715	404	90,19%						
2024	3 744	375	4 119	3 744	375	90,90%						

Fuente: Elaboración propia

Tecnología

Para la elección de maquinarias se tuvo en cuenta criterios como la capacidad diseñada de la planta, precios, proveedores y capacidad de la máquina. A continuación, se listan las maquinarias seleccionadas con sus características y costos.

Tabla 7 Características de Maquinarias y Equipos

Cantidad	Maquinaria y Equipo	Capacidad	Potencia (kW)	Dimensiones en m (l*a*h)	Precio (S/.)	Certificación	Proveedor
1	Balanza electrónica de camiones	60 000 kg	8,5	15 x 3,3 x 0,25	20 500,00	ISO 9001	La casa de la balanza
2	Silos	50 000 L	5,5	3,54 x 3,54 x 7,5	20 000,00	ISO 9001	MyC Inoxidable
3	Intercambiador de Calor de placa	15 000 L/h	8	1,08 x 0,47 x 1,65	15 400,00	ISO 9001	Westfalia Perú
1	Sistema de Ultrafiltración con membrana	15 000 L/h	3,8	1,65 x 0,8 x 1,8	24 000,00	ISO 9001	Acqua Tecnología
1	Tanque con sistema de agitación	12 000 L/h	3,5	8 x 2,1 x 2,4	6 500,00	ISO 9001	MyC Inoxidable
1	Centrífuga RE50T	12 000 L/h	10	2 x 1,7 x 1,8	21 500,00	ISO 9001	Vulcano TEC
6	Fermentador FS-5000	60 000 L	7,4	3 x 3,2 x 5,8	20 014,25	ISO 9001	Bionet
2	Centrífuga CNV650	60 L/h	3	1,3 x 0,9 x 1	10 000,00	ISO 9001	Vulcano TEC
1	Tanque mezclador	100 L/h	0,4	0,6 x 0,6 x 1,5	2 500,00	ISO 9001	MyC Inoxidable
1	Secador Spray	60 kg/h	5	1,46 x 1 x 3,87	17 500,00	ISO 9001	Thermex Industrial S.A.C
1	Balanza electrónica de plataforma pequeña	60 kg	-	0,6 x 0,7 x 1	395,00	ISO 9001	La casa de la balanza

Fuente: Elaboración propia

Se calcularon los consumos eléctricos por todas las máquinas y equipos del área de producción en base a su consumo por unidad y las horas operativas en el proceso de producción, por lo cual se obtuvo un consumo total de 838,18 kWh al día.

El tipo de distribución de planta para el presente proyecto será la producción en línea, donde la materia prima tendrá un flujo continuo al pasar de una operación a otra de acuerdo a la secuencia del proceso. Además, se determinó que el patrón de flujo de materiales será en forma de “U” con el fin de eliminar el desperdicio de movimiento y de espacio, debido a que se minimizará significativamente el tiempo de desplazamiento de una estación a otra, y otorga la ventaja de flexibilidad para adaptarse a la demanda.

Para calcular el área total de la planta se utilizó el método de Guerchet teniendo en cuenta la cantidad y dimensiones de la tecnología, mobiliaria y personas que se ubicarán en cada área de la planta industrial, además se consideraron normativas como Norma A.060 Industria, el Decreto Supremo N° 42-F del Ministerio del Trabajo y Asuntos Indígenas, la Resolución Directorial N° 03-2018-MTC/14 del Ministerio de Transporte y Comunicaciones y la Norma A.010 Condiciones generales de diseño.

Luego de realizar los cálculos correspondientes, en la tabla 8 se observa un resumen de todas las áreas y se determinó un área total de la planta de bioplástico de 2 157 m².

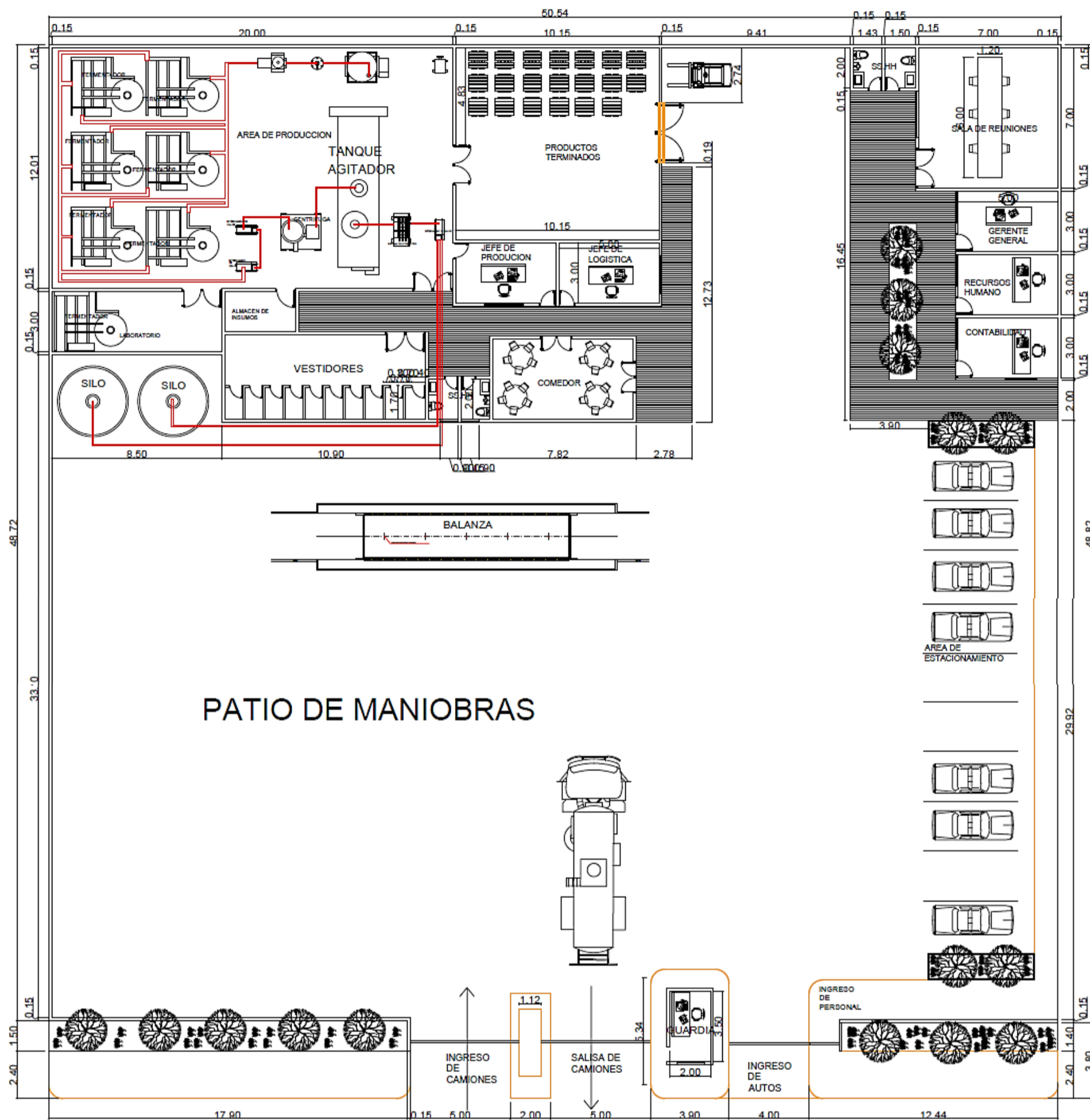
Tabla 8 Área total de la planta Industrial de Bioplástico

ÁREAS	Total área (m ²)	
Área de recepción de Materia prima e insumos	292,4	
Área de producción	226,1	
Área de Almacén de Producto terminado	139,9	
Área de almacén de insumos	7,1	
Oficinas Administrativas	Gerente general	15,1
	Jefe de Contabilidad	15,1
	Jefe de Recursos Humanos	15,1
	Sala de reuniones	49,9
Oficinas de Producción	Jefe de Producción	15,1
	Jefe de logística	15,1
	Laboratorio de Calidad	24,2
Servicios higiénicos operarios	6,0	
Servicios higiénicos administración	6,0	
Vestidores	42,1	
Comedor	28,9	
Patio de maniobras	763,9	
Estacionamiento Vehicular	291	
Vigilancia	7,8	
Áreas verdes (5%)	196	
ÁREA TOTAL (m²)	2 157,0	

Fuente: Elaboración propia

Se determinó la distribución final de las áreas mencionadas mediante la técnica de relaciones entre actividades, a partir de la cual en base a valores de proximidad con sus respectivos motivos se determina qué áreas deben estar cercanas y las que deberían estar distantes. En el Anexo N° 3 se observa la matriz de relación valor-razón y el diagrama relacional de áreas. Entonces teniendo la distribución de áreas óptima y sus respectivas dimensiones se procedió a diseñar el plano de la planta industrial en el software AutoCAD (Ver Figura 2).

Figura N° 2 Plano de la planta de producción de bioplástico



PROYECTO: PROPUESTA DE PRODUCCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL SUERO DE LECHE GENERADO POR EL CLÓSTER DE DERIVADOS LÁCTEOS DE CAJAMARCA		
PLANO:	PLANTA	LÁMINA N°:
ASIGNATURA:	TESIS II	A-01
UBICACIÓN:	CAJAMARCA	
ESTUDIANTE:	JULIANA NATALY CORREA BERNAL	FECHA:
ING:	DANNY ADOLFO BUSTAMANTE SIGÜEÑAS	OCTUBRE - 2020
		ESCALA:
		INDICADA

Fuente: Elaboración propia

4.4. Determinar la viabilidad económica-ambiental de la propuesta

Viabilidad económica

Para determinar esta viabilidad se tuvieron en cuenta todos los costos incurridos en la inversión tangible y diferida necesarias para la construcción y formalización de la planta industrial, y en el capital de trabajo necesario para el funcionamiento u operación de la planta.

La inversión tangible se calculó en base a todos los bienes físicos, de fácil reconocimiento y que se utilizarán durante la vida útil de la empresa, entre estos se tiene el costo de terreno necesario para la planta que es igual a S/ 388 268,20; el costo de edificaciones y construcción de la infraestructura total de la planta, este se calculó en base a los valores unitarios de Edificaciones para la Sierra vigentes para el año 2020 establecidos por la Resolución Ministerial N° 351-2019- Vivienda [28] y resultó un total de S/ 310 0878,55; el costo de instalaciones eléctricas y sanitarias, que asciende a S/ 105 138,88; el costo de maquinarias de producción que es igual a S/ 319 180,50; el costo de equipos de producción, asciende a S/ 30 312,70; la inversión en mobiliario y equipos de oficina es igual a S/ 6 272,70; el costo de los equipos y materiales para el laboratorio resultan un total de S/ 1 229,20; y finalmente los equipos de protección personal que tiene un costo de S/ 315,00. Por lo cual la inversión tangible asciende a un total de S/ 1 161 599,73.

Por otro lado, la inversión diferida se calculó en base a los diferentes permisos para la autorización de construcción de la planta, así como su formalización. Así pues, se tiene un costo de S/ 343,18 para la licencia de construcción, un costo de S/ 480,00 para el certificado de defensa civil, el costo de inscripción en registros públicos asciende a S/ 430,00 y finalmente los permisos de la municipalidad tiene un costo de S/ 85,00. De acuerdo a lo mencionado la inversión diferida asciende a un total de S/ 1 338,18.

Además, se calculó el presupuesto de ingresos en base al plan de ventas y a los precios proyectados para el periodo 2020-2024, teniendo así un ingreso de S/ 1 705 646,25 en el año 2020, S/ 1 827 341,19 en el año 2021, S/ 1 950 220,22 en el 2022, S/ 2 074 753,20 en el 2023 y S/ 2 201 528,16 en el 2024.

También se calcularon los costos de producción, gastos administrativos y de comercialización. Para el cálculo de los costos de producción se consideraron los costos de materiales directos e indirectos, mano de obra directa e indirecta y costos de suministros. Los primeros se detallan en la tabla 9 y se han calculado para un periodo de 5 años, cabe recalcar que el costo de suero de leche no se ha considerado debido a que el conjunto de empresas del Clúster Cajamarquino será socio estratégico para el presente proyecto por lo cual brindarán el suero como parte de su aporte. Los costos de mano de obra directa e indirecta se calcularon en base al sueldo establecido para cada puesto agregando los beneficios por seguro de vida, CTS, comisiones y gratificaciones que representan el 51,1% del sueldo establecido teniendo así un total anual de S/ 134 902,08 en mano de obra directa y S/ 87 033,60 en mano de obra indirecta. Finalmente, los costos por suministros resultaron un total de S/ 48 279,40.

Asimismo, se calcularon los gastos administrativos anuales que ascienden a un total de S/ 119 519,27 y se distribuyen de la siguiente manera: S/ 115 138,20 en sueldos administrativos, S/ 2 020,00 en materiales y útiles de oficina, S/ 502,27 en consumo de luz eléctrica y S/ 1 750,80 en teléfono e internet. De igual manera se calcularon los gastos de comercialización en base a sueldos de colaboradores de ventas, materiales y útiles de oficina y gastos de distribución teniendo así un gasto total anual de S/ 55 804,80.

Tabla 9 Costos de materiales Directos e Indirectos

PRESUPUESTO DE MATERIALES (en Soles)					
	1 Año	2 Año	3 Año	4 Año	5 Año
<u>MATERIALES DIRECTOS</u>					
Suero de leche	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hidróxido de Sodio	118 834,10	102 671,54	103 457,22	104 242,90	105 056,64
Agua purificada	207 447,24	179 232,46	180 604,01	181 975,56	183 396,10
Urea	193 116,00	166 850,40	168 127,20	169 404,00	170 726,40
<i>Bacillus Megaterium</i> en estado puro	169,40	146,36	147,48	148,60	149,76
Sulfato de Amonio	177,87	153,68	154,85	156,03	157,25
Fosfato monopotásico	228,69	197,59	199,10	200,61	202,18
Fosfato de sodio dibásico	1 524,60	1 317,24	1 327,32	1 337,40	1 347,84
Sulfato de Magnesio Heptahidratado	12,76	11,02	11,11	11,19	11,28
Sulfato Ferroso Heptahidratado	34,35	29,68	29,91	30,13	30,37
Sulfato de Zinc Heptahidratado	13,13	11,34	11,43	11,51	11,60
Sulfato de Cobre pentahidratado	5,93	5,12	5,16	5,20	5,24
Sulfato de Manganeso tetrahidratado	4,45	3,84	3,87	3,90	3,93
Cloruro de calcio dihidratado	9,36	8,08	8,15	8,21	8,27
Ácido bórico de alta calidad	0,54	0,47	0,47	0,47	0,48
Molibdato de amonio	10,16	8,78	8,85	8,92	8,99
Ácido Clorhídrico	847,00	731,80	737,40	743,00	748,80
Hipoclorito de sodio comercial	37 437,40	32 345,56	32 593,08	32 840,60	33 096,96
Cloroformo	56 537,25	48 847,65	49 221,45	49 595,25	49 982,40
<i>Costo total de materiales directos</i>	616 410,22	532 572,61	536 648,05	540 723,49	544 944,48
<u>MATERIALES INDIRECTOS</u>					
Saco de Kraft hermético (25 kg)	3 811,50	3 293,10	3 318,30	3 343,50	3 369,60
<i>Costo total de materiales Indirectos</i>	3 811,50	3 293,10	3 318,30	3 343,50	3 369,60
TOTAL	620 221,72	535 865,71	539 966,35	544 066,99	548 314,08

Fuente: Elaboración propia

En efecto el capital de trabajo se calculó en base a los ingresos, costos de producción y gastos administrativos y de comercialización anteriormente descritos, en tal sentido se necesita un capital de trabajo de S/ 493 005,38.

En la tabla 10 se muestra la inversión total del proyecto, a la cual se ha considerado agregar un 5% de la inversión total a posibles imprevistos que puedan presentarse durante la ejecución y funcionamiento del proyecto. Además, el 73% (S/ 1 264 945,90) de la inversión será cubierta por los socios que son las 5 empresas que conforman el Clúster de Lácteos Cajamarquino y el 27% (S/ 473 794,56) restante será financiado por un préstamo al Banco GNB Sudameris ya que ofrece la tasa de interés anual más baja (7,5%) con lo cual en un periodo de 5 años se tendrá una amortización anual de S/ 94 758,91.

Tabla 10 Cronograma de Inversiones

Descripción	Inversión Total (S/)	Socios Clúster Cajamarquino (S/)	Financiamiento (S/)
CAPITAL DE TRABAJO	493 005,38	493 005,38	
<i>Inversión Tangible</i>			
Terreno	388 268,20	271 787,74	116 480,46
Construcción de la planta	310 878,55	310 878,55	
Instalaciones eléctricas y sanitarias	105 138,88	105 138,88	
Maquinaria de producción	319 180,50		319 180,50
Equipo de Producción	30 312,70		30 312,70
Equipo de Oficina	6 276,70		6 276,70
Equipos y materiales para laboratorio	1 229,20		1 229,20
Equipos de protección personal	315,00		315,00
Total Inversión Tangible	1 161 599,73	687 805,17	473 794,56
<i>Inversión Intangible</i>			
Licencia para construcción	343,18	343,18	
Certificado de defensa civil	480,00	480,00	
Inscripción en registros públicos	430,00	430,00	
Permisos de Municipal	85,00	85,00	
Total Inversión Intangible	1 338,18	1 338,18	0,00
Imprevistos 5%	82 797,16	82 797,16	
INVERSIÓN TOTAL	1 738 740,46	1 264 945,90	473 794,56
Porcentaje	100%	73%	27%

Fuente: Elaboración propia

También se calculó el punto de equilibrio con la finalidad de conocer la cantidad de unidades vendidas en la que la empresa no gana ni pierde y así pueda tener una base o un límite de unidades a partir del cual tiene que vender más para generar utilidad. En ese sentido la empresa tiene que vender 1 660 unidades en el primer año, 1 250 en el segundo, 1 082 en el tercer año, 949 en el cuarto y 840 unidades en el quinto año para no ganar ni perder.

De acuerdo al estado de resultados en el año 1 se obtiene una utilidad de 293 905,18 soles; segundo año, 444 181,48 soles; tercer año se tiene 532 930,62 soles; cuarto año, 622 845,80 soles y finalmente en el quinto año se obtiene una utilidad de 714 238,33 soles. (Ver tabla 11)

Tabla 11 Estado de Resultados

	1 Año (S/)	2 Año (S/)	3 Año (S/)	4 Año (S/)	5 Año (S/)
INGRESOS TOTALES	1 705 646,25	1 827 341,19	1 950 220,22	2 074 753,20	2 201 528,16
(-) COSTOS DE PRODUCCIÓN	1 037 316,80	952 960,79	957 061,43	961 162,07	965 409,16
UTILIDAD BRUTA	668 329,45	874 380,40	993 158,79	1 113 591,13	1 236 119,00
(-) Gastos Administrativos	119 519,27	119 519,27	119 519,27	119 519,27	119 519,27
(-) Gastos de Comercialización	55 804,80	55 804,80	55 804,80	55 804,80	55 804,80
(-) Depreciación	40 584,00	40 584,00	40 584,00	40 584,00	40 584,00
UTILIDAD OPERATIVA	452 421,38	658 472,33	777 250,71	897 683,06	1 020 210,93
(-) Gastos de Financiamiento (Intereses)	35 534,59	28 427,67	21 320,76	14 213,84	7 106,92
UTILIDAD ANTES DEL IMPUESTO	416 886,78	630 044,65	755 929,96	883 469,22	1 013 104,01
(-) Impuesto a la reta (29,5%)	122 981,60	185 863,17	222 999,34	260 623,42	298 865,68
UTILIDADES NETAS	293 905,18	444 181,48	532 930,62	622 845,80	714 238,33

En la siguiente tabla se muestra el Flujo de caja del proyecto para un periodo de cinco años, a partir del cual se calcularon los indicadores Valor actual neto (VAN) y Tasa interna de retorno (TIR). Además, se observa que a partir del cuarto año se empieza a tener utilidades.

Para que el proyecto tenga viabilidad económica el VAN tiene que ser mayor a cero y la TIR tiene que ser mayor a la Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) la cual es un indicador que determina la cantidad mínima que un inversionista espera recibir de su dinero invertido para que el proyecto sea atractivo en cuanto a rentabilidad y para el presente proyecto la TMAR es igual a 11%.

El VAN del presente proyecto es de S/ 478 215,86 el cual es mayor que 0, entonces el proyecto se acepta ya que es viable, de igual manera la TIR resultó 23% y por ser mayor que la TMAR (11%) se define que la inversión es rentable. Sumado a esto la relación Beneficio-costó resultó igual a S/ 1,72 es decir por cada sol invertido se gana 0,72 céntimos, y el tiempo de recuperación de la inversión es de 3 años 1 mes 4 días.

Tabla 12 Flujo de Caja anual y evaluación del VAN y TIR

Ítems	0 Año (S/)	1 Año (S/)	2 Año (S/)	3 Año (S/)	4 Año (S/)	5 Año (S/)
<u>INVERSIÓN</u>						
Capital Social	1 264 945,90					
Préstamo	473 794,56					
Total Inversión	1 738 740,46					
<u>INGRESOS</u>						
Cuentas por Cobrar (Ventas a Crédito)		625 403,63	670 025,10	715 080,75	760 742,84	807 226,99
Cobranzas Ventas año (Contado)		1 023 387,75	1 096 404,71	1 170 132,13	1 244 851,92	1 320 916,90
TOTAL INGRESOS		1 648 791,38	1 766 429,82	1 885 212,87	2 005 594,76	2 128 143,89
<u>EGRESOS</u>						
Costos de Producción		1 037 316,80	952 960,79	957 061,43	961 162,07	965 409,16
Gastos administrativos		119 519,27	119 519,27	119 519,27	119 519,27	119 519,27
Gastos de comercialización		55 804,80	55 804,80	55 804,80	55 804,80	55 804,80
Amortización de préstamos		94 758,91	94 758,91	94 758,91	94 758,91	94 758,91
TOTAL EGRESOS		1 307 399,79	1 223 043,77	1 227 144,41	1 231 245,05	1 235 492,14
SALDO BRUTO (antes de impuestos)		341 391,59	543 386,04	658 068,46	774 349,71	892 651,75
Impuesto a la Renta		100 710,52	160 298,88	194 130,20	228 433,16	263 332,26
SALDO (después de impuestos)		240 681,07	383 087,16	463 938,27	545 916,54	629 319,48
Depreciación		40 584,00	40 584,00	40 584,00	40 584,00	40 584,00
SALDO FINAL (Déficit/Superávit)	-1 264 945,90	281 265,07	423 671,16	504 522,27	586 500,55	669 903,48
UTILIDAD ACUMULADA	-1 264 945,90	-983 680,82	-560 009,66	-55 487,39	531 013,15	1 200 916,63

VAN	TIR	TMAR
S/.478 215,86	23%	11%

Viabilidad ambiental

Para la evaluación de impactos ambientales que puede generar las etapas de construcción y operación de la planta de producción de bioplástico se utilizó la Matriz de Leopold, en las filas de la matriz se han ubicado todos los componentes que pueden ser afectados por el proyecto como aire, agua, suelo, ecosistemas y social; y en las columnas se han detallado las diferentes actividades de las etapas de construcción y operación del proyecto. Cada casillero (intersección de filas y columnas) fue evaluado en base al grado de la magnitud e importancia de los impactos que van de una calificación de 1 hasta 10.

Entonces de acuerdo a la matriz de Leopold los factores ambientales más afectados son el físico y el biológico ya que su impacto genera una puntuación de -405 y -120 respectivamente, esto debido principalmente al ruido y al consumo de agua durante el proceso productivo; mientras que el factor ambiental menos afectado es el socioeconómico debido a la generación de empleo y se evidencia con una puntuación de 225. Por tanto, el impacto total que implica la producción de bioplástico resulta un total de -300. (Ver tabla 13)

Asimismo, se establecieron medidas de mitigación tanto para etapa de construcción como para la etapa de funcionamiento de la planta industrial con la finalidad de reducir al máximo los impactos generados por el proyecto y lograr la sostenibilidad del mismo. En la tabla 14 se detallan los impactos ambientales con sus respectivas medidas de mitigación.

Tabla 13 Matriz de Leopold del Proceso de Producción de bioplástico

ACCIONES DEL PROYECTO		Etapa de Construcción de la Planta Industrial		Etapa de Funcionamiento de la Planta Industrial														PROMEDIOS POSITIVOS	PROMEDIOS NEGATIVOS	IMPACTO POR SUBCOMPONENTES	IMPACTO POR COMPONENTES	IMPACTO TOTAL DEL PROYECTO			
		Transporte de materiales de Construcción	Movimientos de Suelos	Construcción de la planta	Recepción de MP y Almacenamiento	Esterilización	Ultrafiltración	Neutralización	Centrifugación	Esterilización	Enfriamiento	Fermentación	Centrifugación	Calentamiento y mezclado	Centrifugación	Secado	Almacenado								
FÍSICO	Aire	Calidad del aire	-2/4	-2/2	-3/3	-1/2		-2/3				-2/3			-2/3	-5/5	-1/2		8	-62	-405	-300			
		Ruido	-1/4	-5/5	-3/5	-2/1	-2/2	-2/3	-1/1	-2/2	-2/2	-2/5	-1/2	-1/2	-1/2	-5/5			15	-110					
		Nivel de Olor						-1/1										-1/3	3	-14					
	Agua	Calidad del agua			-3/5														2	-19					
		Consumo de agua					-4/3				-4/3	-4/3	-4/3		-4/5				5	-68					
	Suelos	Calidad del Suelo	-2/4	-5/6	-5/5										-2/2		-3/3		7	-84					
Erosión		-2/4	-5/4	-5/4														3	-48						
BIOLÓGICO	Paisaje	Cambios en forma del relieve		-2/3	-5/5													2	-31	-120	-300				
		Alteración del paisaje		-2/3	-5/6					-2/3					-2/3	-3/4		5	-60						
	Flora	Flora y vegetación		-5/3					-1/2					-1/2	-2/3			4	-25						
	Fauna	Aves		-2/2														1	-4						
SOCIOECONÓMICO	Población	Empleo	3/2	3/2	5/5	2/4	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	16	117	225
		Salud		-2/3		-2/3	-1/2	-1/2	-1/1	-1/1	-1/2	-1/2	-1/1	-1/1	-1/2	-1/2	-1/2	-1/1		14	-31				
	Economía	Actividad Comercial		3/4	3/5														3	57					
		Desarrollo local		3/4	3/5	5/6												5/5	4	82					
PROMEDIOS POSITIVOS			1	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	23						
PROMEDIOS NEGATIVOS			4	9	7	3	3	5	3	5	3	3	5	5	4	5	3	2	69						
PROMEDIOS ARITMÉTICOS			-22	-86	-84	28	-12	-32	-2	-11	-12	-12	-33	-9	-3	-25	-23	62			-276				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Impactos ambientales y Medidas de mitigación

ETAPA	IMPACTO	CARÁCTER DEL IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN
CONSTRUCCIÓN	Contaminación del aire debido al polvo que se propaga por el transporte de materiales de construcción	Negativo	Los materiales de construcción se ubicarán en zonas cercanas al área de construcción de la planta con la finalidad de reducir las distancias del transporte, además se regará periódicamente con agua las zonas de tránsito.
	Contaminación acústica debido al ruido generado por la maquinaria de construcción	Negativo	Inspeccionar el funcionamiento adecuado de las maquinarias de la construcción así como de sus controladores de ruido
	Generación de empleo	Positivo	-
	Accidentes laborales	Negativo	Capacitación a los colaboradores en cuanto al uso de equipos y maquinarias de construcción
	Incremento de la actividad comercial y desarrollo comercial	Positivo	-
FUNCIONAMIENTO U OPERACIÓN	Contaminación sonora debido a la generación de ruido debido a las diferentes maquinarias utilizadas en el proceso de producción	Negativo	Instalar silenciadores acústicos en las maquinarias que tengan mayor impacto de ruido.
	Contaminación y afectación a la calidad del suelo por la disposición final de residuos de la ultrafiltración de suero	Negativo	Entregar el residuo de la ultrafiltración, el cual es en su mayor proporción proteínas, a organizaciones que trabajen con proteínas de suero para que lo utilicen en la elaboración de concentrados proteicos
	Generación de empleo	Positivo	-
	Accidentes laborales	Negativo	Capacitación a los colaboradores en cuanto al uso de equipos y maquinarias de producción

Fuente: Elaboración propia

Discusión

Los resultados del primer objetivo revelan que el conjunto de empresas que conforman el Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca tienen como principal residuo el suero de leche el cual debido a su contenido alto en materia orgánica, a los grandes volúmenes que se obtienen de este (27 203 547 litros de suero en 2018 y 27 481 411 litros de suero en 2019) y a la disposición final que le dan al 20% del total de suero que es básicamente el vertido a la red pública y otras fuentes de agua genera un impacto ambiental negativo donde el más afectado es el medio físico (-212) debido al impacto en la calidad de agua, le sigue el medio biológico (-108) debido al daño que se genera en los ecosistemas acuáticos y el medio menos afectado o favorecido es el social(13) debido a que el proceso demanda de mano de obra por ende se genera empleo. En tal sentido se comprueba lo mencionado con la investigación realizada por Canellada, Laca, Laca y Díaz [17] en la cual llevaron a cabo un estudio a una empresa quesera

representativa del sur de Europa y demostraron que el suero era el principal residuo y al tener una disposición final inadecuada representa el 41% del impacto ambiental afectando principalmente al suelo, a la calidad y agotamiento del agua y al cambio climático. De igual manera Godoy [18] en su estudio realizó la evaluación del impacto ambiental que genera la industria de derivados lácteos ubicada en Puno evidenciando que los principales residuos que se obtienen son el suero y aguas residuales las cuales sobrepasan sus límites permitidos en cuanto a demanda química de oxígeno (DQO) y demanda biológica de oxígeno (DBO) y sumado a la disposición final incorrecta causan impactos ambientales negativos afectando principalmente al agua debido a la contaminación (-79) y disminución (-39) de este recurso.

Los resultados del segundo objetivo demuestran que existe una alta demanda insatisfecha de bioplástico la cual tiene un comportamiento constante y ascendente, esta tendencia continuará en los próximos cinco años de acuerdo a los resultados de las proyecciones realizadas, además esta demanda no es cubierta por la oferta nacional por lo que más del 60% se importa para lograr satisfacer esta demanda. Asimismo, de acuerdo a las proyecciones de la principal materia prima (suero) se evidencia una tendencia futura constante y ascendente. Entonces las condiciones de la demanda, la disponibilidad de materia prima y la oferta escasa de bioplástico a nivel nacional definen la oportunidad para instalar la planta de producción de pellets de bioplástico y así lograr cumplir con parte de dicha demanda insatisfecha, por lo que se determina que el proyecto tiene viabilidad comercial. En ese mismo contexto se han realizado diferentes investigaciones para determinar la viabilidad comercial de los bioplásticos como la que fue elaborada por Porras [29] que en base a las proyecciones realizadas demuestra que existe y se mantiene la tendencia a futuro del mercado potencial para productos biodegradables ya que la oferta nacional no cubre la demanda existente, sumado a la tendencia creciente del mercado por sustituir los plásticos convencionales por los plásticos biodegradables teniendo en cuenta la problemática ambiental que generan, además realizaron una encuesta de la cual el 67% del mercado objetivo estaba dispuesto a comprar este tipo de productos.

Los resultados del tercer objetivo indican que la planta de producción de bioplástico se ubicará en carretera a baños del Inca (Cajamarca) debido al análisis de factores tanto a nivel micro y macro. En cuanto al proceso productivo se estableció en base a la investigación propuesta por Álvarez [19] debido a que se logra obtener un rendimiento de 3,28 g PHB/L de suero controlando las variables de aireación y pH durante la fermentación a diferencia de Calero [20] que en su estudio solo logró obtener 0,7 g PHB/L de suero, y Peña *et al.* [21], en su investigación solo obtuvieron 0,54 g PHB/L de suero; la diferencia radica en el microorganismo utilizado y en los pre tratamientos realizados al suero ya que Calero utilizó cultivos microbianos mixto y no realizó pre tratamientos, Peña tampoco realizó pre tratamientos y utilizó *Bacillus subtilis* y Álvarez por su parte utilizó *Bacillus megaterium* y si realizó tratamientos al Lactosuero. Además, con el proceso establecido se logra obtener los siguientes indicadores de producción y productividad de la planta: productividad de materia prima de 0,32%, productividad de mano de obra de 40,63 kg bioplástico/operario, productividad total de 2,40 y una eficiencia de línea del 77,96% la cual se obtiene con 5 estaciones. Por otro lado, para la selección de la tecnología se evaluó distintas cotizaciones y catálogos de acuerdo a las capacidades del proceso, asimismo en base al método Guerchet se calculó el área total de la planta que resultó igual a 2 157 m².

Los resultados del cuarto objetivo demuestran que el proyecto es viable económicamente teniendo como inversión total de S/ 1 738 740,46 y como socios al Clúster de Derivados Lácteos Cajamarquino que se harán responsables del 73% de la inversión mientras que el 27% será

financiado con un préstamo bancario con lo cual se obtiene un VAN de S/ 478 215,86 y una TIR del 23% , ambos indicadores arrojan resultados positivos y favorables entonces se define que la inversión es rentable teniendo además una ganancia de 0,72 céntimos por cada sol invertido y un período de recuperación de la inversión de 3 años 1 mes 4 días. En tal sentido se comprueba lo mencionado con la investigación realizada por Mena y Puggioni [30] en la cual para la instalación de una planta de producción de pellets de bioplástico a partir de aceite vegetal residual se requiere una inversión total de \$ 120 000 y se obtuvieron resultados del VAN de \$ 71 895,78 y TIR del 27% con lo cual se demostró que la inversión sería rentable. En cuanto a la viabilidad ambiental los resultados evidencian que el proceso genera impactos negativos que afectan al medio físico y biológico debido al ruido y consumo de agua ante esto se establecieron medidas de mitigación para reducir al máximo los impactos; además el medio más favorecido es el socioeconómico debido a la generación de empleo. Lo mencionado se reafirma con la investigación realizada por Zhong, Song y Huang [31] en el cual el proceso de producción de PHB a partir de suero o de glucosa genera impactos principalmente en el cambio climático, acidificación del recurso hídrico y el consumo energético, sin embargo, son mucho menores comparándolos con los impactos que se obtienen utilizando otra materia prima como son las plantas transgénicas por lo cual se comprueba la viabilidad ambiental.

Conclusiones

La propuesta de producción de bioplástico a partir del suero generado por el Clúster de Derivados Lácteos Cajamarquino es viable tanto a nivel comercial, tecnológico y económico-ambiental.

El principal residuo contaminante de las empresas del Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca es el lactosuero, el cual no le dan una disposición final correcta sumado a las cuantiosas cantidades generadas pues afectan negativamente el medio físico (-212) debido al impacto en la calidad de agua, y al medio biológico (-108) debido al daño que se genera en los ecosistemas acuáticos.

De acuerdo al estudio de mercado se determinó un comportamiento del mercado favorable para la instalación de la planta de producción de bioplástico, teniendo en el primer año una demanda insatisfecha de 22 224 t de bioplástico hasta el quinto año que se tiene 29 340 t.

La planta de producción de pellets de bioplástico se situará en Cajamarca. Además, en base al proceso establecido se obtiene los siguientes indicadores: productividad de materia prima de 0,32%, productividad de mano de obra de 40,63 kg bioplástico/operario, productividad total de 2,40 y eficiencia de línea del 77,96%. Asimismo, la planta tendrá un área total de 2 157 m².

Finalmente se determinó que el proyecto es viable económicamente debido a que se obtiene un VAN (S/ 478 215,86) y TIR (23%) positivos y favorables con lo cual la inversión se logra recuperar en 3 años 1 mes 4 días. Del mismo modo se determinó la viabilidad ambiental ya que con las medidas de mitigación propuestas el impacto ambiental se reduce.

Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda alentar a todas las empresas queseras nacionales que no realizan una correcta disposición final al suero, llevar a cabo el proyecto para

aprovechar este residuo y contribuir así a la reducción de impactos para mejorar la calidad ambiental, social y económica

Realizar un estudio experimental utilizando otros microorganismos a los ya estudiados o realizándole alguna alteración para determinar si el rendimiento obtenido de bioplástico incrementa o disminuye con lo cual puede favorecer o perjudicar la viabilidad económica.

De llevar a cabo el proyecto se recomienda implementar las medidas de mitigación establecidas para el proceso para lograr obtener un producto eco amigable en base a un proceso ecológico y sostenible.

Referencias

- [1] Sociedad Nacional de Industrias y el Instituto de Estudios Económicos y Sociales, “Fabricación de productos de plástico”, Sociedad Nacional de Industrias, Lima, 2019 [En línea]. Disponible en: https://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2019/07/Reporte-Sectorial-PI%C3%A1sticos_2019.pdf [Accedido: 18-en-2020]
- [2] L. Parker, “Crisis mundial de contaminación por plástico”, *National Geographic*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/31D724i> [Accedido: 18-en-2020]
- [3] ONU Medio Ambiente, *PLÁSTICOS DE UN SOLO: Una hoja de ruta para la sostenibilidad*, Nairobi, Kenia: Programa de las Naciones Unidas, 2018 [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3mczUbf> [Accedido: 18-en-2020]
- [4] “Menos plástico más vida: Cifras del mundo y el Perú” *Ministerio del Ambiente*, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/> [Accedido: 18-en-2020]
- [5] “Mercado plástico peruano: mucho espacio para crecer” *Plast Peru Digital*, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://expoplastperu.com/plastnews/mercado-plastico-peruano-mucho-espacio-para-crecer-66/> [Accedido: 18-en-2020]
- [6] Ministerio de Agricultura y Riego, “Estudio de la Ganadería lechera en el Perú”, Lima, nov. 2017.
- [7] Oficina de Comunicaciones e Imagen Institucional, “MINAGRI promueve la cadena de producción y mayor consumo de queso peruano”, *Ministerio de Agricultura y Riego*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/34nixi2> [Accedido: 19-en-2020]
- [8] Banco Central de Reserva del Perú, “Cajamarca: Síntesis de Actividad Económica Diciembre 2019”, Departamento de Estudios Económicos BCRP, Trujillo, 2019 [En línea]. Disponible en: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Trujillo/2019/sintesis-cajamarca-12-2019.pdf> [Accedido: 19-en-2020]
- [9] T. Ahmada *et al.*, “Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review”, *Trends in Food Science & Technology*, vol. 88, pp. 361-372, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.003>
- [10] Red de Energía y Medio Ambiente, “Bioplásticos”, Red Remar, Argentina, 2011.
- [11] A. C. Lemos Delgado y A. Mina Cordoba, “Polihidroxicanoatos (PHA) producidos por bacterias y su posible aplicación a nivel industrial”, *Informador Técnico*, vol. 79, nº 1, pp. 91-101, 2015. doi: <https://doi.org/10.23850/22565035.139>
- [12] T. M. Amaro, D. Rosa, G. Comi y L. Lacumin, “Prospects for the Use of Whey for Polyhydroxyalkanoate (PHA) Production”, *Frontiers in Microbiology*, vol. 10, pp. 1-12, 2019. doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00992>
- [13] L. Cuatrecasas, *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible*. Barcelona: Profit, 2009.

- [14] C. Rojas, *Diseño y control de producción*. Trujillo: Libertad E.I.R.L, 1996.
- [15] V. Conesa Fernández, *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Madrid: Mundi Prensa, 2003.
- [16] INERCO, *Metodologías de Valoración de Impacto Ambiental*. Sevilla: División de Medio Ambiente, 2007.
- [17] F. Canellada, A. Laca, A. Laca y M. Díaz, “Environmental impact of cheese production: A case study of a small-scale factory in southern Europe and global overview of carbon footprint”, *Science of the total Environment*, vol. 635, pp. 167-177, 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.045>
- [18] L. E. Godoy Tapia, “Evaluación del impacto ambiental en la industria de derivados lácteos Tinajani EIRL 2019”, tesis de bachillerato, Universidad Continental, 2019 [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3dUiY6A> [Accedido: 06-oct-2020]
- [19] C. Álvarez Campuzano, “Análisis de la producción de Polihidroxitirato usando lactosuero como materia prima”, tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2015 [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3kp83of> [Accedido: 10-feb-2020]
- [20] R. R. Calero Mendoza, “Obtención de polihidroxicanoatos a partir del suero lácteo por cultivos microbianos mixtos”, tesis doctoral, Universidad de la Coruña, 2017 [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2183/20354> [Accedido: 10-feb-2020]
- [21] E. Peña Jurado *et al.*, “Production of poly (3-hydroxybutyrate) from a dairy industry wastewater using *Bacillus subtilis* EPAH18: Bioprocess development and simulation”, *Biochemical Engineering Journal*, vol. 151, pp. 1-9, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2019.107324>
- [22] J. S. Ramírez Navas, “Aprovechamiento Industrial de Lactosuero Mediante Procesos Fermentativos”, *Revista Especializada en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales*, vol. 6, pp. 69-83, 2011 [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/34mx8dG> [Accedido: 10-feb-2020]
- [23] Cátedra Ecoembes de Medio Ambiente, “Proyecto de Análisis de Bioplásticos”, Cátedra Ecoembes, España, 2009 [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/37EOCEb> [Accedido: 10-feb-2020]
- [24] Canales Sectoriales Interempresas, “El mercado internacional de bioplásticos crecerá un 20% en 5 años”, *Interempresas*, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2IS2lx0> [Accedido: 28-abr-2020]
- [25] C. P. Calle Rivera, H. E. Castillo Morales, R. E. Vásquez Llontop y E. Vidaurre Berrú, “Estudio de Mercado de Polímero de Polipropileno en Perú”, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2014 [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3ksYS63> [Accedido: 15-may-2020]

- [26] Instituto Nacional de Estadística e Informática, “Compendio Estadístico Perú 2017: Manufactura”, INEI, Lima, 2017 [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/35q2QpK> [Accedido: 15-may-2020]
- [27] K. S. Ardila Arevalo y A. C. Viloría García, “Evaluación del escalamiento de la producción de Polihidroxicanoatos (PHA) por fermentación a partir de la Bacteria mutante Burkholderia cepacia B27 a nivel industrial”, tesis de licenciatura, Universidad de América, 2017 [En línea]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6325/1/6121850-2017-1-IQ.pdf> [Accedido: 23-set-2020]
- [28] “Resolución Ministerial N° 351-2019-VIVIENDA”, Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Lima, 2019 [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2ITd7De> [Accedido: 08-oct-2020]
- [29] C. A. Porras Loroña, “Estudio de pre-factibilidad para la instalación de una planta de producción de bandejas descartables biodegradables”, tesis de licenciatura, Universidad de Lima, 2017. doi: <http://doi.org/10.26439/ulima.tesis/6577>
- [30] C. Mena y A. Puggioni, “Producción de bioplásticos utilizando aceite vegetal residual”, tesis de licenciatura, Universidad Argentina de la Empresa, 2015 [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2HzSkDZ> [Accedido: 21-oct-2020]
- [31] Z. W. Zhong, B. Song y C. X. Huang, “Environmental Impacts of Three Polyhydroxyalkanoate (PHA) Manufacturing Processes”, *Materials and Manufacturing Processes*, vol. 5, n° 24, pp. 519-523, 2009. doi: [10.1080 / 10426910902740120](https://doi.org/10.1080/10426910902740120)

Anexos

Anexo N° 1 Matriz de Leopold del Proceso de Producción de Queso del Clúster de Derivados Lácteos de Cajamarca - 2020

ACCIONES DEL PROYECTO FACTORES AMBIENTALES			Recepción de leche	Filtración	Pasteurización	Descremado	Coagulación	Quebrado de la Cujajada	Desuerado	Salado	Presado	Empacado	PROMEDIOS POSITIVOS	PROMEDIOS NEGATIVOS	IMPACTO POR SUBCOMPONENTES	IMPACTO POR COMPONENTES	IMPACTO TOTAL DEL PROYECTO	
			FÍSICO	Aire	Calidad del aire			-1 3				-1 5		-1 4			3	-12
Nivel de Olor					-1 3										1	-3		
Agua	Calidad del agua			-2 4		-5 5			-5 6	-5 6	-4 5				5	-113		
	Caudal						-1 2		-4 3	-5 3					3	-29		
Suelos	Calidad del Suelo					-2 4			-3 5	-2 4	-3 4	-3 4			5	-55		
BIOLÓGICO	Ecosistemas	Ecosistemas acuáticos		-1 5		-5 4			-5 6	-5 5	-4 5				5	-100		
	Flora	Flora y vegetación						-2 4	-2 4	-2 4					3	-24		
	Fauna	Mamíferos						4 4					1		16	-108		
SOCIAL	Social	Economía (Generación de empleo)	1 1	1 1	1 1			2 2	2 1	1 1	1 2	2 2	8		16	13		
		Salud	-1 1				-1 2								2		-3	
PROMEDIOS POSITIVOS			1	1	1			1	2	1	1	1	9					
PROMEDIOS NEGATIVOS			1	2	2	3	2		6	5	5	1		27				
PROMEDIOS ARITMÉTICOS			0	-12	-5	-53	-4	4	-82	-85	-62	-8			-307			

Fuente: Elaboración Propia

Anexo N° 2 Requerimientos de materiales para la producción de bioplástico para los años 2020-2024

	1 Mes	2 Mes	3 Mes	1 Trim.	2 Trim.	3 Trim.	4 Trim.	1 Año	2 Año	3 Año	4 Año	5 Año
<u>MATERIALES DIRECTOS</u>												
Suero de leche	4 610 100	4 610 100	2 305 050	11 525 250	6 915 150	6 915 150	6 915 150	32 270 700	27 881 580	28 094 940	28 308 300	28 529 280
Hidróxido de Sodio	369	369	185	923	554	554	554	2 583	2 232	2 249	2 266	2 284
Agua purificada	14 520	14 520	7 260	36 300	21 780	21 780	21 780	101 640	87 816	88 488	89 160	89 856
Urea	290	290	145	726	436	436	436	2 033	1 756	1 770	1 783	1 797
<i>Bacillus Megaterium</i> en estado puro	6	6	3	15	9	9	9	42	37	37	37	37
Sulfato de Amonio	121	121	61	303	182	182	182	847	732	737	743	749
Fosfato monopotásico	182	182	91	454	272	272	272	1271	1098	1106	1115	1123
Fosfato de sodio dibásico	1 089	1089	545	2 723	1634	1634	1634	7 623	6 586	6637	6687	6739
Sulfato de Magnesio Heptahidratado	24	24	12	61	36	36	36	169	146	147	149	150
Sulfato Ferroso Heptahidratado	61	61	30	151	91	91	91	424	366	369	372	374
Sulfato de Zinc Heptahidratado	13,61	13,61	6,81	34,03	20,42	20,42	20,42	95,29	82,33	82,96	83,59	84,24
Sulfato de Cobre pentahidratado	6,05	6,05	3,03	15,13	9,08	9,08	9,08	42,35	36,59	36,87	37,15	37,44
Sulfato de Manganeso tetrahidratado	3,03	3,03	1,51	7,56	4,54	4,54	4,54	21,18	18,30	18,44	18,58	18,72
Cloruro de calcio dihidratado	12,10	12,10	6,05	30,25	18,15	18,15	18,15	84,70	73,18	73,74	74,30	74,88
Ácido bórico de alta calidad	1,39	1,39	0,70	3,48	2,09	2,09	2,09	9,74	8,42	8,48	8,54	8,61
Molibdato de amonio	1,21	1,21	0,61	3,03	1,82	1,82	1,82	8,47	7,32	7,37	7,43	7,49
Ácido Clorhídrico	6,05	6,05	3,03	15,13	9,08	9,08	9,08	42,35	36,59	36,87	37,15	37,44
Hipoclorito de sodio comercial	314,60	314,60	157,30	786,50	471,90	471,90	471,90	2 202,20	1 902,68	1 917,24	1 931,80	1 946,88
Cloroformo	90,75	90,75	45,38	226,88	136,13	136,13	136,13	635,25	548,85	553,05	557,25	561,60
<u>MATERIALES INDIRECTOS</u>												
Saco de Kraft hermético (25 kg)	605,00	605,00	302,50	1 512,50	907,50	907,50	907,50	4 235,00	3 659,00	3 687,00	3 715,00	3 744,00

Fuente: Elaboración Propia

Anexo N° 3 Matriz de relación valor-razón de áreas y diagrama relacional

1	Área de recepción de Materia prima e insumos														
2	Área de producción	I 1,2													
3	Laboratorio de Calidad	A 1,4,9	I 1,9												
4	Área de Almacén de Producto terminado	I 8	A 1,2,4,8	E 8,9											
5	Área de almacén de insumos	E 4,9	A 1,4,9	A 1,4,8,9	A 1,2,4,9										
6	Oficinas Administrativas	U -	I 8	U -	I 8	A 4									
7	Oficinas de Producción	I 4,8	A 2,8	A 2,8,9	O 8,9	A 2,4,8	A 1,9								
8	Servicios higiénicos operarios	I 9	U -	O 9	O 9	O 9	I 9	O 9							
9	Servicios higiénicos administración	U -	U -	A 9	U -	X 6	U -	X -	X 6						
10	Vestidores	U -	A 2,9	U -	U -	X -	X -	O 9	A 9	U -					
11	Comedor	U -	O 9	O 9	O -	E -	U -	X -	O 9	I 9	U -				
12	Patio de maniobras	E 9	U -	U -	U -	I 9	E 9	I 1,9	E 1	U -	I -	A 1,2,4,9			
13	Estacionamiento Vehicular	A -	I -	U -	I 9	U -	O -	E 9,2	U -	I 1	U -	U -	U -		
14	Vigilancia	I 2,9	I 1,2	O -	U -	U -	O -	U -	I -	I 8	U -	U -	O 1,4	E 8,9	

Tabla: Escala de valor de proximidad entre actividades

Letra	Nivel de Proximidad	Símbolo
A	Absolutamente necesario	=====
E	Muy importante	=====
I	Importante	=====
O	Está bien una cercanía normal	=====
U	No es importante	-----
X	No es conveniente	-----

Tabla: Razón de valores de proximidad de actividades

Número	Motivo
1	Flujo de materiales
2	Comparten el mismo personal
3	Molestia por ruidos
4	Control de entradas y salidas
5	Uso de equipos en común
6	Molestias por malos olores
7	Servicio (mantenimiento, seguridad)
8	Control de producto
9	Flujo de personal

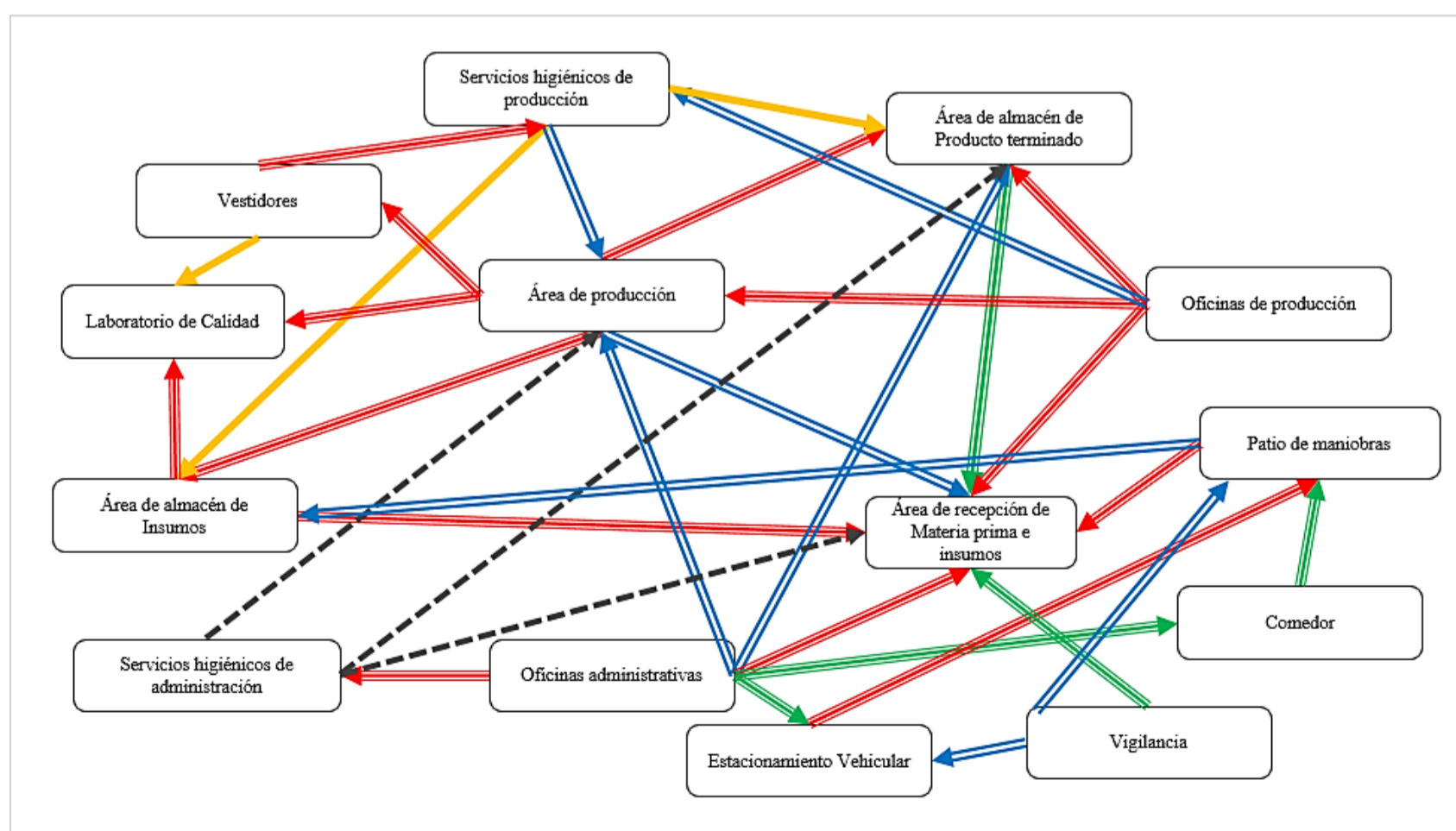


Figura: Diagrama relacional de las áreas de la planta de bioplástico

Fuente: Elaboración propia