

UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS “CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ”

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



**UNIVERSIDAD
DE CIENFUEGOS**

**TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO
QUÍMICO**

***Título.** Análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.*

Autora: Lía Beatriz Padilla García

Tutores: MSc. Daylen Yara Front Prieur

Cotutora: Ing. Rusminy Diaz Vila

Diciembre 2023, Cienfuegos

DEDICATORIA

Me llena de entusiasmo poder dedicar este proyecto todos mis seres queridos, a mi madre y mi padre por siempre estar ahí para mí y guiarme por el camino correcto y siempre decirme que "si podía", gracias por apoyarme durante estos años de estudio.

RESUMEN

La Economía Circular es un modelo de funcionamiento ambiental que convierte el ciclo clásico de producción lineal en uno circular, de manera que desde el diseño del producto y la concepción de todos los procesos del ciclo productivo se internalice la eficiencia productiva y el uso eficaz de materiales y energía. El éxito ambiental de la puesta práctica de este modelo dependerá de si se utiliza en primer orden para reducir los impactos negativos al Medio Ambiente de los modelos actuales de producción o en su lugar lo antecede un proceso de superproducción indiscriminada incentivado por el ahorro en costos del modelo. En Cuba es imprescindible que se proyecte una estrategia futura que lleve a la práctica este modelo de producción circular como es el caso del sector de la industria química y dentro de ello principalmente la industria alimentaria. La investigación plantea como objetivo aplicar Economía Circular en La Empresa de Productos Lácteos Escambray. Como resultado se determinó que las principales oportunidades a implementar en la fábrica son Incrementar la eficiencia y el ahorro en el consumo de energía, Valorar buscar salidas en la Economía Circular a los residuos generados en la producción y Prolongar la vida útil de los productos.

Palabras claves: Economía Circular, industria alimentaria, Medio Ambiente

ABSTRACT

The Circular Economy is a model of environmental operation that converts the classic linear production cycle into a circular one, so that from the design of the product and the conception of all the processes of the productive cycle, productive efficiency and the effective use of materials are internalized. and energy. The environmental success of the practical implementation of this model arose from whether it is used in the first order to reduce the negative impacts on the environment of the current production models or instead it is preceded by a process of indiscriminate overproduction encouraged by the cost savings of the model. In Cuba it is essential that a future strategy be projected that puts this circular production model into practice, as is the case of the chemical industry sector and within it mainly the food industry. The objective of the research is to apply Circular Economy in the Escambray Dairy Company. As a result, the main opportunities to be implemented in the factory will be lost: Increase efficiency and savings in energy consumption, Assess the search for solutions in the Circular Economy for the waste generated in production, and Extend the useful life of products.

Keywords: Circular Economy, food industry, Environment

Índice

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.1. Conceptos asociados al tema de estudio	8
1.2. Economía Circular.....	8
1.2.1. Principios en que se apoya la Economía Circular.	8
1.2.2. Ventajas y desventaja de la economía circular	9
1.2.3. Economía Circular en la industria alimenticia	10
1.2.4. Relación de la Economía Circular con Ingeniería Química	11
1.2.5. Modelos y Estrategias utilizadas en Economía Circular.	11
1.3. La leche.....	13
1.3.1. Composición de la Leche	14
1.3.2. Leches Fermentadas.....	14
1.3.3. Características fisicoquímicas de la leche relacionadas con la elaboración de yogurt.	15
1.4. Fermentación	16
1.4.1. Fermentación láctica	17
1.5. Yogurt	17
1.5.1. Definición del yogurt	17
1.5.2. Historia del Yogurt.....	18
1.5.3. Beneficios de su consumo	19
1.5.4. Defectos del yogurt	20
1.4.1. Componentes Nutritivos del Yogurt.....	20
1.5.5. Clasificación del yogurt.....	22
1.5.6. Mecanismos bioquímicos que ocurren en el proceso de elaboración del yogurt.	24
1.5.7. Características sensoriales	25
1.5.8. Características fisicoquímicas.....	26
1.5.9. Cultivos bacterianos usados en la elaboración del yogurt.	26
1.6. Estándares de calidad.....	27
CAPÍTULO II. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE YOGUR, DESDE LA PERSPECTIVA DE LA ECONOMÍA CIRCULAR, EN LA EMPRESA DE PRODUCTOS LÁCTEOS ESCAMBRAY.....	28
2.1. Propuesta metodológica para el análisis de la producción de yogurt, desde la perspectiva de la economía circular, en la empresa de productos lácteos Escambray.	28

2.2. Validación teórica del procedimiento mediante el criterio de expertos.	37
CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	44
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

INTRODUCCIÓN

El consumo de yogur a nivel mundial se incrementa día a día debido a sus propiedades nutricionales como contenido de proteínas, calcio y bacterias benéficas, el cual es beneficioso para la salud en cada etapa de la vida, el dejar de consumirlos traería consecuencias en la nutrición y por lo tanto en el desarrollo integral del ser humano. Tener productos lácteos de alta calidad se ha convertido en una de las principales prioridades en la industria de alimentos. De la misma manera, muchas investigaciones indican que el actual y cambiante estilo de vida ha hecho que el consumo y demanda de productos lácteos evolucione radicalmente (Marcani, 2020).

El problema que presenta el yogur es la calidad repetida del producto, como en los diferentes sabores de yogur, el cual no presenta un valor nutritivo adicional que sea natural. En la actualidad se impulsa la utilización de productos que fortifiquen al yogur en sus propiedades nutritivas (Marcani, 2020).

Dos de los principales problemas que afectan el medio ambiente y limitan las posibilidades de un desarrollo sostenible tienen que ver con la creciente demanda de recursos naturales destinados a mantener el estilo de vida actual de la población mundial y con la capacidad del planeta para asimilar los desechos que esta demanda genera. Hay que considerar, además, que la población sigue aumentando y podría llegar a 9.600 millones de personas en 2050 la CEPAL, 2019 . El calentamiento global e incluso el origen de la actual pandemia de COVID-19 son manifestaciones de que el sendero actual de desarrollo ha llegado a un punto que ha puesto en riesgo la sobrevivencia del sistema ecológico que lo sustenta, lo que coloca a los actuales patrones de producción y consumo en el centro de los cuestionamientos (de Miguel, et al., 2021).

Por tanto, es necesario redireccionar acciones hacia un cambio de modelo donde la estructura productiva reduzca el uso de materiales, se enfoque en sectores intensivos en conocimientos, con altas tasas de crecimiento de la demanda, y se preserven los recursos naturales y el ambiente. Según el Panel Internacional de Recursos, 2020 y Schröder, 2020) cada vez se vuelve más patente el llamado a que la etapa de la recuperación postpandemia se enfoque en medidas para avanzar hacia un modelo circular que permita disociar la actividad económica del uso de recursos

y de la generación de desechos, al tiempo que se promueven nuevos modelos de negocios y empleos (de Miguel, et al., 2021).

En América Latina y el Caribe, la economía circular ofrece una oportunidad de desarrollo, tanto por la creación de nuevas actividades económicas vinculadas con la provisión de bienes y servicios ambientales, como por la transformación de las actividades económicas que ya existen para aumentar su eficiencia material y reducir su impacto ambiental. Este camino también facilitaría avanzar en toda la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y, en particular, en aquellos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y metas que hacen un seguimiento del cambio en los patrones de producción y consumo (de Miguel, et al., 2021).

La Ingeniería Química y Ambiental seguirá siendo imprescindible en estos nuevos escenarios, en los que el análisis e investigación académica y científica en la optimización energética, la contaminación atmosférica, en el ciclo integral del agua, en los residuos urbanos e industriales, o en la regeneración de suelos, conformarán la base del desarrollo económico y el bienestar social y medioambiental. En este contexto es fundamental la tarea para la adecuación de la industria a los procesos más ventajosos con el medio ambiente, siempre bajo los criterios establecidos de ordenación del territorio. Todo ello redundará en una seguridad jurídica para los operadores, para la administración pública y para la sociedad en general (Universidad de Sevilla, 2023).

Estado del arte

Autores **internacionales** se expresaron en:

Marcani (2020), en su tesis “Elaboración de yogurt fortificado a base de diferentes concentraciones de chía (*Salvia hispánica* L.)”. Evaluó las propiedades fisicoquímicas y organolépticas del yogurt fortificado con la adición de semillas de chía a diferentes concentraciones.

Koraima (2020), en su tesis “Elaboración y evaluación del yogurt”, se propuso elaborar y evaluar las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales del yogurt de tuna con sustitución parcial de leche de cabra. Para obtener el producto se procedió a caracterizar fisicoquímicamente la materia prima (leche de vaca y cabra) (Koraima, 2020).

A nivel **local** se han encontrado estudios como:

Moya (2010), en su tesis “Análisis del Ciclo de Vida (ACV) para la mejora de la producción de harina de trigo” se planteó analizar el proceso de producción de la Empresa de Cereales

Cienfuegos con vistas a proponer mejoras al mismo aplicando el procedimiento de ACV, que sean factibles desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.

Rodríguez (2011), trató la “Aplicación de Análisis de Ciclo de Vida, para evaluar alternativas de mejora en la producción de papel”.

Velázquez, et al., (2014) estudiaron la “Evaluación de impacto ambiental de la producción de queso blanco pasteurizado en la parroquia Mantecal con enfoque de análisis de ciclo de vida”. El trabajo tuvo como objetivo evaluar el impacto ambiental del Ciclo de Vida en la producción de queso blanco pasteurizado aplicando la metodología de Análisis de Ciclo de Vida en la Planta Láctea “José Cornelio Muñoz”, de la parroquia Mantecal. A través de los resultados obtenidos para el proceso productivo; se determinaron los principales problemas ambientales, presentados y ordenados de mayor a menor incidencia entre los que se encuentran: calentamiento global, recurso, alto consumo de agua y efluentes líquidos sin tratamientos y se proponen acciones de mejoras para disminuir los impactos cuantificados durante todo el proceso.

Situación problemática

La alimentación es una necesidad fundamental del ser humano esencial para su subsistencia, pero hoy en día el sector alimentario se ha convertido en una gran amenaza, precisamente por su enfoque lineal. Resulta paradójico analizar que todo el alimento que consumimos viene precisamente de la naturaleza, el sistema circular por excelencia. No puede estar más claro, la propia naturaleza marca cuál debe ser el camino: un sistema en el que nada se destruya y todo se transforme respetando los ciclos (Priede & Hilliard, 2019).

El desperdicio alimentario está muy extendido, casi $\frac{1}{3}$ de la comida producida en el mundo acaba en la basura. Evitándolo podrían cubrirse las necesidades alimenticias de 500.000 personas en un año. No solo se desperdicia en los hogares, sino en el sector de la restauración (12 %), las grandes superficies (16 %) o el pequeño comercio (4 %). Las causas son varias: aspecto externo de los productos, mala gestión de las fechas de consumo, sobreenvasado o sobredimensionamiento de las raciones, etc. Además, socialmente se ha perdido el valor que se daba a los alimentos. Desde Rezero trabajan en la reducción del desperdicio de alimentos en el comercio y la restauración, con proyectos como Pont Alimentari (canaliza excedentes a entidades sociales) o Remenja'mmm (el comensal se lleva el sobrante a su casa).

Hay muchos prejuicios y costumbres instaurados a lo largo de los últimos veinte-treinta años entre los consumidores (fruta brillante y todo el año, fecha de consumo preferente preconcebida como fecha de caducidad, exceso de embalaje...) que dificultan la implantación de un modelo agroalimentario circular. Diariamente se gasta mucha energía en cultivar, manipular, transportar... alimentos procesados o no, que luego terminan en la basura. Se produce a menudo una colisión entre la legislación de seguridad alimentaria y las iniciativas de economía circular. También entre la legislación sanitaria y el desperdicio. La consciencia social avanza y se reclama el derecho a consumir sin tirar comida ni generar residuos. Ello puede suponer una oportunidad empresarial y global, puesto que una industria alimentaria responsable ahorra costes y emisiones, al mismo tiempo que mejora la eficiencia y la responsabilidad social corporativa (Macaya, 2018).

La economía circular alimentaria requiere, lógicamente, de la colaboración de todos los agentes implicados: clientes, restaurantes y proveedores de alimentos, reguladores y planificadores urbanos, empresas de gestión de residuos, productores de alimentos, universidades e instituciones financieras. A su vez, debe adoptar un enfoque de pensamiento sistémico y global. Por ejemplo, el envasado con plástico, que tanta polémica está generando en la actualidad, sería innecesario si los agricultores pudieran estar seguros de que sus productos fluyen rápidamente y sin riesgo de deterioro hacia los consumidores (Priede & Hilliard, 2019).

Según la Fundación Ellen MacArthur (2019), una economía alimentaria circular podría reducir anualmente las emisiones de gases de efecto invernadero en cuatro mil millones de toneladas de CO₂; evitar la degradación de 15 millones de hectáreas de tierra cultivable y 450 billones de litros de agua potable. Además, se podrían ahorrar más de 500 mil millones de dólares en problemas de salud causados por el uso de pesticidas y presentar mejoras importantes en la calidad del aire y la tierra. Las ciudades, por su parte, podrían también beneficiarse de nuevas oportunidades económicas por valor de más de 700 mil millones de dólares (Priede & Hilliard, 2019).

Las universidades tienen mucho que aportar al participar en estas industrias, y los productores de alimentos pueden centrarse en la diferenciación a través de la calidad y el carácter distintivo local. Las poblaciones locales se beneficiarán de una mayor seguridad alimentaria gracias a una mejor calidad de los alimentos a través de prácticas más sostenibles, más seguridad alimentaria y mejoras generales en el medioambiente.

Análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

La EC representa un cambio drástico de los sistemas de producción y consumo actuales, por lo se requieren cambios fundamentales en muchas áreas diferentes del sistema socio-económico vigente. Generalmente, en países en vías de desarrollo, se pierden más oportunidades circulares en la etapa de fabricación y mientras en países desarrollados, las pérdidas se concentran más al nivel del consumidor (Anaya-Villalpanda, 2023).

Problema científico.

La inexistencia de un estudio que permita la selección de alternativas de mejora de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

Hipótesis.

Si se analiza el proceso de producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray, se podrán seleccionar las mejoras más factibles.

Justamente hacia esa dirección es que se realiza nuestra investigación, que tiene como **Objeto de Estudio:** El proceso de producción de yogur desde la perspectiva de la Economía Circular.

Campo de acción: El proceso de producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

Objetivo General.

Analizar el proceso de producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

Objetivos Específicos.

- Construir el marco teórico-referencial a partir del resultado de la investigación de la literatura, tanto nacional como internacional.
- Desarrollar el modelo teórico dirigido al análisis del proceso de producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.
- Analizar los resultados.

Justificación del estudio.

La vida útil de un producto alimenticio es el periodo en el que puede mantenerse en condiciones de almacenamiento especificadas sin que pierda su seguridad y calidad óptimas. Empieza desde el momento en que se elabora y depende de muchos factores como el proceso de fabricación, el tipo de envasado, las condiciones de almacenamiento y los ingredientes (Riofrio, 2015).

El yogurt es un alimento importante en nuestra vida cotidiana, sobre todo en el desayuno ya que prepara el intestino para recibir los alimentos que se consumirán en el resto del día, previene y controla las infecciones que se pueden dar como la diarrea, estreñimiento, entre otros (Díaz, 2013).

La relevancia de este trabajo parte del hecho de lograr satisfacer una necesidad evidente que es la de aportar un mecanismo efectivo que sirva de orientación para el análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray. Lo cual está causando un daño al medio ambiente, al no ser tratadas las aguas residuales antes de ser vertidas.

Justificación Teórica.

En el trabajo se realiza una revisión actualizada del tema el cual constituye una memoria escrita y una referencia para su estudio. Los modelos que se abordan, serán objeto de intervención individual o colectiva según sus resultados. El conocimiento científico lleva a la solución de problemas de la sociedad que no han sido investigados. Todo ello incidirá en el mejoramiento del conocimiento científico, del cual se amplía el modelo teórico.

Justificación Metodológica.

Señala el nivel de profundidad con el cual se busca abordar el objeto de conocimiento. El resultado de la investigación dará una serie de pasos a seguir en investigaciones en esa línea; además constituye un modelo que puede ser empleado en otras investigaciones.

Justificación Práctica.

La presente investigación permitirá determinar el nivel de eficiencia del análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray, lo que posibilitará conocer en cada proceso los indicadores que comprometen la sostenibilidad del área evaluada.

Análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

La investigación está estructurada de la siguiente forma:

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.

Construir el marco teórico-referencial a partir del resultado de la investigación de la literatura, tanto nacional como internacional (Estado del Arte y la Práctica). Este capítulo se aborda la información referencial bibliográfica necesaria sobre de producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular.

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.

En este capítulo se desarrolla la metodología propuesta para el análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

Se analizan los resultados. Proponer varias soluciones posibles para mejorar los problemas o alternativas de mejora encontradas en el proceso de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1. Conceptos asociados al tema de estudio.

Para Staffolo, et al. (2004), el yogurt es un producto lácteo fermentado de amplio consumo en todo el mundo, donde se incluye yogures bajos en grasa, probióticos, batidos, firmes, helados y mousse de yogurt (Riofrio, 2015).

Para Salvatierra, et al. (2004), el yogurt es un gel de apariencia viscosa, resultante de la acidificación microbiana de la leche. Intervienen en su fermentación ácido láctica las bacterias *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus* y *Streptococcus salivarius* subsp *thermophilus*, las cuales deben encontrarse en relación 1:1 para una acción simbiótica efectiva (Riofrio, 2015).

Una economía circular es una alternativa atractiva y viable que en el ámbito empresarial ya se ha empezado a explorar (Cerdá & Khalilova, 2016).

Por su parte, la FAO vincula la EC con la agroecología, que vincula a productores y consumidores, apoya mercados locales y el desarrollo económico local; promueve soluciones justas basadas en las necesidades, recursos y capacidades locales, fortaleciendo circuitos cortos de alimentos para aumentar ingresos económicos con precios justos. Por lo tanto, rediseñar los sistemas alimentarios basado en la EC puede ayudar a prevenir y reducir pérdidas y desperdicios de alimentos, por el uso más eficiente de los recursos (Anaya-Villalpanda, 2023).

1.2. Economía Circular.

1.2.1. Principios en que se apoya la Economía Circular.

El modelo de economía circular distingue entre ciclos técnicos y biológicos. En los ciclos biológicos, los alimentos y los materiales de base biológica (por ejemplo, algodón o madera) retroalimentan el sistema a través de procesos como el compostaje y la digestión anaerobia. Estos ciclos regeneran los sistemas vivos (por ejemplo, el suelo), que proporcionan recursos renovables para la economía. Los ciclos técnicos recuperan y restauran productos, componentes y materiales a través de estrategias que incluyen reutilización, reparación, remanufactura o (en el último recurso) reciclaje (Cuesta, 2020).

Pero la economía circular va mucho más allá de la recuperación de productos y materiales a lo largo de la cadena de valor y define unos principios, elementos clave y estrategias que se citan a continuación (Cuesta, 2020).

Los tres principios básicos de la economía circular son (Cuesta, 2020):

- Diseño para la eliminación de residuos y contaminación.
- Alargar el tiempo de uso de productos y materiales.
- Regeneración de los sistemas naturales.

1.2.2. Ventajas y desventaja de la economía circular.

Si cambiamos el enfoque de producción y hacemos que cada elemento del proceso pueda ser reutilizado y/o mejorado mediante una actualización, podemos lograr grandes beneficios como (Ingeniería Química, 2019):

- Reducción de la cantidad de desechos.
- Disminución de la emisión de gases tóxicos perjudiciales para el medio ambiente.
- Ahorro económico, en la fabricación de productos para las empresas.
- Ahorros que repercuten en los precios de los productos para el consumidor.

La economía circular aborda desde sus cimientos los desafíos a los que tiene que hacer frente la sociedad en su conjunto a nivel medioambiental, generando nuevos modelos de negocio y nuevos empleos que impactan de forma positiva en la reducción de las emisiones de carbono y del impacto del cambio climático (NaturKlima, 2023):

Ventajas económicas.

- Aumento del PIB
- Mayor innovación tecnológica
- Aparición de nuevo modelos de negocio y servicios empresariales
- Ahorro neto de costes de materias
- Ahorro en productos de consumo
- Creación de oportunidades de empleo
- Reducción del consumo de recursos en la economía
- Menor dependencia de la importación de materias primas y mayor seguridad del suministro
- Nuevas formas de interactuar y fidelizar al cliente
- Mayor competitividad y sostenibilidad
- Mayor eficiencia y productividad
- Mayor rentabilidad de productos y procesos

- Creación de valor

Ventajas ambientales de la Economía Circular.

- Reducción en la emisión globales
- Reducción de la generación de residuos
- Incremento del valor de la tierra y del suelo como activos
- Reducción del impacto ambiental debido a los procesos extractivos de materias.

Desventajas de la Economía Circular.

No obstante, no son todo ventajas en esta nueva forma de economía sostenible. La difícil implantación que supone es una barrera que aún hay que superar. La mayoría de los productos actuales son difíciles de reciclar o de desmontar, requiriendo su establecimiento un cambio de paradigma completo. Un problema añadido puede ser también el de la gestión de los residuos que no sean reutilizables, ya que los costes pueden aumentar significativamente (Eserp, 2023).

1.2.3. Economía Circular en la industria alimenticia.

Si bien cada industria puede variar la forma en que crea y administra la economía circular, en el sector alimentario, las tres etapas de producción, consumo y gestión de residuos necesitan una atención especial, la cual debe ir en paralelo con la administración de las ciudades (Priede & Hilliard, 2019).

Producción: la economía circular en el sector alimentario debe centrarse en los productores locales, la mayoría de los cuales son pymes de gestión familiar que conocen bien las especies autóctonas que mejor funcionan en el entorno local y menos daño medioambiental provocan, aprovechando así su potencial. Deben promocionarse, igualmente, las granjas urbanas y otras prácticas innovadoras, y deben desarrollarse activamente políticas que apoyen los sistemas locales (Priede & Hilliard, 2019).

Consumo: las ciudades deben centrarse en desarrollar nuevos métodos para reducir el desperdicio de alimentos y subproductos comestibles, como destinatarias finales cada vez más importantes de gran parte de los alimentos del mundo. Esto puede centrarse tanto en las regulaciones sobre etiquetado y prácticas de venta como en campañas de concientización pública y una mejor conexión entre consumidores, minoristas y centros de investigación (Priede & Hilliard, 2019).

Gestión de residuos: es preciso repensar el destino de los alimentos desechados, así como de los residuos humanos y animales generados tras el consumo. Se puede crear una amplia gama de materiales valiosos que luego se vuelvan a emplear en un proceso continuo. Por ejemplo, la promoción del compostaje a pequeña y gran escala y la creación de fertilizantes, así como el desarrollo de las industrias de bioenergía y biomateriales (Priede & Hilliard, 2019).

La economía circular no rechaza la industrialización, sino que busca cerrar los procesos de una economía lineal que se muestra a todas luces insostenible. Su objetivo es reproducir los ciclos naturales de la biosfera, los cuales, según Borrello, et al., (2017) vienen repitiéndose desde hace muchos millones de años, y promover procesos que permitan la construcción en lugar de la destrucción (Priede & Hilliard, 2019).

1.2.4. Relación de la Economía Circular con Ingeniería Química.

Son necesarias políticas de gobierno que atajen el problema. Actualmente, la Unión Europea tiene una serie de objetivos relacionados a la eficiencia energética y que va de la mano de los propósitos de la economía circular. Así mismo, las empresas tienen que estar dispuestas a recibir menos ingresos o beneficios; su actividad sería apoyada por la reducción de coste que implica reciclar y, por último, debe existir una cultura por parte de los consumidores (Ingeniería Química, 2019).

El ciudadano de la calle es quien tiene la última palabra, es decir, quien debe inclinarse hacia el consumo y la adquisición de productos más ecológicos. Ante esta visión, los profesionales de la ingeniería química juegan un papel muy importante en el diseño y optimización de los procesos productivos de la economía circular para lograr estos objetivos (Ingeniería Química, 2019).

1.2.5. Modelos y Estrategias utilizadas en Economía Circular.

Economía Circular, pueden ser sostenibles a través de la creación de materiales biodegradables o ecoamigables, utilizando materiales/subproductos de otras industrias, maximizando la reusabilidad del producto, diseñando para desmontar y reutilizar sus componentes, minimizando los desechos al final de su vida útil, y utilizando tanto como sea posible como materia prima para nuevos procesos, etc (Balboa & Domínguez, 2014).

Estrategias utilizadas en Economía Circular

En Europa, se ha adoptado un importante programa de economía circular con el propósito de convertirse en una economía eficiente en recursos y baja en carbono (de Miguel et al., 2021).

No obstante, expandir la economía circular requiere el trabajo conjunto de todos los actores involucrados, mejorar la información y una visión integral que conlleve cambios en las políticas públicas en los sistemas de gestión, inversión y financiamiento a lo largo del ciclo de vida de todos los productos (de Miguel, et al., 2021).

Circle Economy propone 7 elementos sobre los que construir una estrategia de economía circular (Serón, 2020):

1. Priorizar los recursos renovables.
2. Repensar el modelo económico.
3. Diseñar pensando en el futuro.
4. Colaborar para crear valor conjunto.
5. Preservar y reutilizar lo que ya está construido.
6. Usar los residuos como recursos.
7. Incorporar la tecnología digital.

En cuanto a las estrategias de economía circular, existen diferencias en su clasificación en función de las fuentes consultadas, pero en esta investigación nos referiremos a las identificadas en la Estrategia de Economía Circular de Euskadi, publicada en 2019.

Se identifican nueve posibles estrategias de economía circular, divididas en tres grupos de estrategias, y que van de mayor a menor grado de circularidad (Serón, 2020):

- Uso y fabricación de productos más inteligentes.
- Extender la vida útil del producto y de sus partes.
- Aplicación útil de materiales.

En este grupo de estrategias se incluyen:

- Rechazar. Hacer que el producto sea redundante, abandonando su función u ofreciendo la misma función con un producto radicalmente diferente.
- Repensar. Hacer que el uso del producto sea más intensivo (por ejemplo, compartiendo productos o colocando productos multifuncionales en el mercado).
- Reducir. Aumentar la eficiencia en la fabricación en el uso del producto consumiendo menos recursos naturales y materiales.

1.3. La leche.

La leche se define como la secreción natural de las glándulas mamarias de los mamíferos destinada como alimento para sus crías. Entre las especies domésticas existen algunas especializadas en la producción de leche para consumo humano (Estrada, 2011). De acuerdo a Artica (2014), la leche es un líquido de composición compleja, blanco y opaco, de sabor ligeramente dulce y de pH cercano a la neutralidad. De olor característico y puro. Debe tener consistencia (coherencia entre sus partículas) homogénea y carecer de grumos y copos (Marcani, 2020).

Se define a la leche, como una emulsión de grasas en agua, estabilizada por una dispersión coloidal de proteínas en una solución de sales, vitaminas, péptidos, lactosa, oligosacáridos, caseína y otras proteínas. La leche, según Narváez, (2015), también contiene enzimas, anticuerpos, hormonas, pigmentos (carotenos, xantofilas, riboflavina), células (epiteliales, leucocitos, bacterias y levaduras), CO₂, O₂ y N. Por eso desde el punto de vista químico la leche constituye un sistema complejo según (Marcani, 2020).

Es un líquido de composición compleja, se puede aceptar que está formada aproximadamente por un 87.5% de sólidos o materia seca total (Ramírez, 2010). La composición de la leche puede variar considerablemente dentro de un rango normal. La

variación más frecuente es la correspondiente al contenido graso y al contenido proteico, mientras el contenido de cenizas varía muy poco (Barberis, 2002). Los principales componentes de la leche que determinan su calidad son: la grasa, el extracto seco magro y la proteína, de lo cual las proteínas se encuentran en suspensión, la lactosa y las sales minerales en solución y la materia grasa bajo forma globular, a esto se añaden otros componentes como lecitinas, vitaminas, enzimas, etc (Koraima, 2020).

La producción de leche a nivel mundial estimada es de 754 millones de toneladas de las cuales el 83 % es de vaca, 12,9 % de búfala, 2,37 % de cabra, 1,34 % de oveja y 0,37 camella (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013). Asia es el continente con el mayor número de cabezas de caprinos (67% del total) y también con la mayor producción de leche (56,2%), e India es el principal productor de esa región. Le sigue en importancia África, con un 25,2% y un 22,2% del total respectivamente. Sin embargo, en estas dos regiones, los rendimientos promedios son significativamente inferiores a los de Europa, donde con un número de cabezas que representa el 2,6% del total mundial se genera el 18,8% del volumen total de

leche caprina. Dentro de esa región, según Cofré, (2001) países como Francia y España muestran el mayor desarrollo en producción de quesos, tecnologías, calidad de productos y agregación de valor (Koraima, 2020).

1.3.1. Composición de la Leche

El componente más abundante de la leche es el agua y en ella se encuentran, en disolución, las sales y los azúcares; las proteínas, en su mayor parte, en estado coloidal y la materia grasa, en emulsión. La materia seca útil o extracto seco de la leche está constituido por las proteínas, lactosa y cenizas; y estos varían según la raza, especie y periodo de lactación (Artica, 2014). En la Tabla 1.1, se especifica la composición de la leche (Marcani, 2020).

	Mujer	Vaca	Oveja	Cabra
Hidratos de C.	6,3-6,4	4,9-5,2	4,1-4,3	4,6-4,7
Grasas	3,7-3,8	3,1-3,7	7,8-8,0	4,0-4,1
Caseína	0,8-0,9	2,8-2,9	4,1-4,2	2,8-3,0
Albuminas	1,2-1,3	0,5-0,6	0,9-1,0	0,8-0,9
Sales	0,3-0,4	0,7-1,0	0,9-1,1	0,8-1,0
Agua	87,5-87,6	87,2-87,3	80,7-80,9	86,6-86,8
Extracto seco	12,4-12,5	12,7-12,8	18,1-18,2	13,3-13,4

Tabla 1.1. Composición nutricional de la leche. **Fuente.** Ártica (2014), citado por (Marcani, 2020)

1.3.2. Leches Fermentadas.

La leche fermentada es un producto lácteo obtenido por medio de la fermentación de la leche, que puede haber sido elaborado a partir de productos obtenidos de la leche con o sin modificaciones en la composición según las limitaciones de lo dispuesto, por medio de la acción de microorganismos adecuados y teniendo como resultado la reducción del pH con o sin coagulación (precipitación isoelectrica), estos cultivos de microorganismos serán viables, activos y abundantes en el producto hasta la fecha de duración mínima. Si el producto es tratado térmicamente luego de la fermentación no se aplica el requisito de microorganismo viables (Marcani, 2020).

1.3.3. Características fisicoquímicas de la leche relacionadas con la elaboración de yogurt.

- **Acidez**

Se le conoce como % de ácido láctico a la acidez que está en los productos lácteos. En 1996 la Ley General de la Salud nos dice que el ácido láctico tiene un porcentaje de yogurt que va entre 0.8 y 1.8%. Es importante que cuando se elabore el yogurt el porcentaje de ácido lácteo sea el adecuado ya que esto ayudara a tener un mejor sabor, textura propia y que tenga buen cuerpo. La sinéresis se da cuando existe la retención de agua de un alimento, esto genera un suero que sale del producto y se llega a juntar en la superficie del producto (Quezada, 2020).

- **Materia grasa**

Las grasas son compuestos formados por carbono, oxígeno e hidrogeno, predominando el hidrogeno y que son incluidos en un grupo general como los lípidos. La grasa presente en la leche se compone básicamente por grasas neutras llamadas triglicéridos con algunos lipoides (carotenoides, fosfolípidos, aldehídos, tocoferoles, etc.) que, aunque se encuentran en pequeña proporción, poseen una gran influencia al momento de elaborar productos lácteos, contribuyendo a su color y aroma. En la leche la grasa se encuentra en suspensión en forma de glóbulos pequeños con dimensiones que varían de 0.1 a más de 20 micras, su diámetro medido es de 3 a 4 micras (Quezada, 2020).

- **pH**

El pH es una medida de la alcalinidad o acidez de una sustancia (también definida como la concentración de iones de hidrogeno que están presentes en una sustancia). El valor del pH está representado en una escala numérica que va del 1 al 14, donde el valor 7, representa un valor neutro como es el caso del agua, y valores mayores a este representan productos básicos y por debajo de este representan productos ácidos, como el yogurt (Quezada, 2020).

El pH de la leche se encuentra entre 6.5 y 6.7 (Tamime y Robinson, 1991). El valor de pH del yogurt esta entre valores de 4 a 4.5 (Teuber, 1995). Pero Oberman (1985) manifiesta que este valor se encuentra entre 4.2 a 4.3 (Quezada, 2020).

- **Densidad de la leche**

La densidad mide la cantidad de masa contenida en un volumen. En la leche se realiza la prueba de densidad con el objetivo de comprobar si ha sufrido alguna adulteración. Cuando se habla de la sustancia que divide el volumen del espacio, nos referimos a la densidad absoluta. Para obtener la densidad relativa se divide el valor de la masa del volumen de leche y la masa de un volumen

igual de agua a 4°C. Tenemos como dato que 1.028 y 1.934 gr/cm es la densidad de la leche, que se da a la temperatura de 15°C (Quezada, 2020).

- Sólidos no grasos

Se le considera a los azúcares, proteínas y minerales encontrados en la leche (Quezada, 2020).

- Antibióticos y residuos en la leche

El tratamiento de infecciones con el uso de antibióticos como la penicilina, tienen un efecto bacteriostático, por lo que estos dejan residuos en la leche después del tratamiento durante los primeros días, lo que resulta muy perjudicial en la elaboración de yogurt, ya que las bacterias usadas son sensibles a la estreptomicina y penicilina. Los inhibidores o residuos presentes en la leche se definen como toda sustancia biológica o química que cuando se le administra al animal o este la consume, va a eliminar de forma inmediata, esto no causa ningún daño en el consumidor. Estas sustancias también nos ayudarán en poder tratar las enfermedades infecciosas (Quezada, 2020).

1.4. Fermentación.

No es sino hasta cuando Pasteur estudió detenidamente el comportamiento de los microorganismos que se habla de los procesos fermentativos como procesos bioquímicos. Estrictamente se relacionan con la capacidad de un organismo para obtener su energía a través de reacciones químicas en las que, sustancias de tipo orgánico, actúan como donadores y receptores de electrones (Riofrio, 2015).

Desde el punto de vista bioquímico, una fermentación se define como un proceso mediante el cual las sustancias orgánicas (sustrato) sufren una serie de cambios químicos (reducciones y oxidaciones) que producen energía: al finalizar la fermentación, se presenta una acumulación de varios productos, unos más oxidados (aceptaron electrones) y otros más reducidos (donaron electrones) que el sustrato, con un balance total de energía positivo. Esta energía es utilizada en el metabolismo de los microorganismos (Riofrio, 2015).

Desde el punto de vista microbiológico, en la actualidad se entiende por fermentación aquel proceso en el que los microorganismos producen metabolitos o biomasa, a partir de la utilización de sustancias orgánicas, en ausencia o presencia de oxígeno. La descomposición de los sustratos es llevada a cabo por enzimas producidas por los microorganismos para la finalidad. Se debe observar, según Hernández, et al. (1993), que el concepto llega a excluir a los microorganismos

del proceso, siempre y la cuando estén presentes sus enzimas; sin embargo, en estos casos, la velocidad de obtención y los rendimientos del producto son menores (Riofrio, 2015).

1.4.1. Fermentación láctica.

La fermentación láctica es un proceso celular anaeróbico donde se utiliza glucosa para obtener energía y donde el producto de desecho es el ácido láctico. Este proceso lo realizan muchas bacterias (llamadas bacterias lácticas), hongos, algunos protozoos y en los tejidos animales. En efecto, la fermentación láctica también se verifica en el tejido muscular cuando, a causa de una intensa actividad motora, no se produce una aportación adecuada de oxígeno que permita el desarrollo de la respiración aeróbica. Cuando el ácido láctico se acumula en las células musculares produce síntomas asociados con la fatiga muscular (Riofrio, 2015).

Algunas células, como los eritrocitos, carecen de mitocondrias de manera que se ven obligadas a obtener energía por medio de la fermentación láctica; por contra, las neuronas mueren rápidamente y que no fermentan, y su única fuente de energía es la respiración (Kandler, 1983). Un ejemplo de este tipo de fermentación es la acidificación de la leche. Ciertas bacterias (*Lactobacillus*, *Streptococcus*), al desarrollarse en la leche utilizan la lactosa (azúcar de leche) como fuente de energía (Riofrio, 2015).

La lactosa, al fermentar, produce energía que es aprovechada por las bacterias y el ácido láctico es eliminado. La coagulación de la leche (cuajada) resulta de la precipitación de las proteínas de la leche, y ocurre por el descenso de pH debido a la presencia de ácido láctico. Este proceso es la base para la obtención del yogur. El ácido láctico, según Brock, et al. (2002), dado que otorga acidez al medio, tiene excelentes propiedades conservantes de los alimentos (Riofrio, 2015).

1.5. Yogurt.

1.5.1. Definición del yogurt.

Se define el yogurt como el producto obtenido por fermentación láctica, mediante la acción de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, a partir de leche pasteurizada y/o productos obtenidos de la leche con o sin modificaciones en su composición, pasteurizados; pudiendo o no agregarse otros cultivos de bacterias adecuadas productoras de ácido láctico, además de los cultivos esenciales. Estos cultivos de microorganismos serán viables, activos y abundantes en el producto, hasta la

fecha de duración mínima (Koraima, 2020).

Producto obtenido por coagulación de proteínas y fermentación ácido-láctico mediante la acción simbiótica del *Streptococcus salivarius* subesp. *Thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subesp. *Bulgaricus* sobre la leche y los derivados lácteos indicados en la presente norma. Las bacterias lácticas estarán presentes en el producto final en cantidad abundante y con una viabilidad adecuada (Marcani, 2020).

1.5.2. Historia del Yogurt.

Aunque no se sabe cuándo fue descubierto el yogur; sus orígenes se remontan a las épocas prehistóricas. Existen pruebas de la elaboración de productos lácteos en culturas que existieron hace 4500 años. Los antiguos búlgaros migraron a Europa desde el siglo II estableciéndose definitivamente en los Balcanes a finales del siglo VII. Los primeros yogures fueron probablemente de fermentación espontánea, quizá por la acción de alguna bacteria del interior de las bolsas de piel de cabra usadas como recipiente de transporte. Se sabe que a lo largo de los años este producto fermentado ha evolucionado debido a las habilidades culinarias de los pueblos nómadas de Medio Oriente (Zambrano, 2011).

Como los nómadas, recorren grandes distancias en busca de pastos para sus animales, este estilo de vida los obliga a permanecer durante meses en zonas desérticas, lejos de ciudades y pueblos. De esta manera, al no poder vender los productos obtenidos de los animales y por el clima subtropical, en donde se alcanzan fácilmente temperaturas de 40° C durante el verano, la leche se acidifica y coagula poco tiempo después del ordeño. Si a estos factores, le sumamos las condiciones de producción rudimentarias (ordeño manual y falta de refrigeración de la leche obtenida), no resulta viable el transporte ni el almacenamiento de la leche por un período de tiempo prolongado (Zambrano, 2011).

Las tribus nómadas de Medio Oriente, poco a poco, desarrollaron un proceso de fermentación que les ha permitido el control de la acidificación de la leche. Si bien la evolución de este proceso ha sido intuitiva, la producción de leche acidificada se convirtió rápidamente en una forma de conservación de la leche. Otras comunidades aprendieron este tratamiento de conservación y uno de los productos obtenidos se denominó "yogur". La palabra procede del término turco yogurt que a su vez deriva del verbo yogurmak, 'mezclar', en referencia al método de preparación del yogurt (Zambrano, 2011).

Denominación tradicional	Origen
Jogurt / Eyrán/Ayran	Turquía
Leban / Laban	Líbano y algunos países árabes
Mast / Dough	Irán y Afganistán
Tiaourti	Grecia
Fiili	Finlandia
Iogurte	Brasil y Portugal
Gioddu	Cerdeña
Donskaya / Varenetes / Kurunga	Ex Rusia
Yoghurt / yogurt / yaort / yourt / yo yaghourt	Resto del mundo

Tabla 1.2: Diferentes denominaciones del yogurt según su origen. **Fuente.** (Zambrano, 2011).

1.5.3. Beneficios de su consumo.

El yogurt es un alimento de consumo diario por las propiedades nutricionales que presenta, las cuales se han comprobado por diversos estudios realizados. Es una fuente de proteínas y calcio, algunos yogures no poseen grasa ni colesterol en cantidades altas (Díaz, 2013).

Mejora la tolerancia a la lactosa: el consumo de yogurt disminuye la intolerancia a la lactosa por medio de las bacterias lácticas que aumentan la actividad lactásica en el intestino delgado.

Previene y mejora los síntomas de la diarrea, las bacterias *Lactobacillus* no son digeridas, se quedan en las paredes del intestino grueso combatiendo bacterias dañinas y provoca efectos beneficiosos sobre la flora intestinal y mejora la digestión.

Alivio del estreñimiento y colon irritable, por la presencia de bacterias lácticas que poseen un efecto parecido al de la fibra ayudan aliviar el estreñimiento, así como también ayuda al síndrome de colon irritable cuando es consumido habitualmente.

Inhibe la proliferación del cáncer, el yogurt contiene los lactobacilos y bifidobacterias que se encargan de reducir las sustancias cancerígenas evitando el progreso del mismo.

Reducción del colesterol, el yogurt es un alimento favorable que disminuye el colesterol en la sangre en más de un 3% cuando se consume 200 g. diarios, este efecto es causado por la adición de las bacterias lácticas en el intestino y reducen su absorción, razón por la cual también previene el riesgo de enfermedades cardíacas.

El yogurt, al contener la proteína de la leche ya fermentada, causa un efecto beneficioso en la flora intestinal mejorando la digestión, también por contener sus características físico-químicas

ayudan asimilar los nutrientes y por tener su pH bajo colabora en el proceso de mineralización de los huesos (Díaz, 2013).

1.5.4. Defectos del yogurt.

- Defectos del sabor

El Sabor agrio es causado por el uso de saborizante o aromas de mala calidad y también es el resultado de una excesiva acidez causada por una producción alta de ácido láctico por *L. bulgaricus*, cuando el producto tiene poco sabor es por la ausencia de saborizante, el sabor artificial se debe al uso de ingredientes de baja calidad los cuales no dan un sabor característico del yogurt, el sabor muy dulce es por el uso de cantidad extremadamente alta de azúcar (Díaz, 2013).

- Defectos del color

La desigualdad de color en el producto final es ocasionado por la mala distribución de los colorantes, el color no natural se debe al uso de colorantes inapropiados, el escaso color se da por la falta de colorante (Díaz, 2013).

- Defectos de textura

La textura arenosa se da por la cristalización de la lactosa, una textura muy firme es ocasionada por el exceso de uso de estabilizante, si el producto tiene un aspecto grumoso se debe al uso no adecuado de estabilizante (Díaz, 2013).

1.4.1. Componentes Nutritivos del Yogurt.

Desde el punto de vista nutricional y de salud, el yogurt aporta nutrientes adicionales a los de producto frescos como las frutas, al ser un alimento derivado de la leche, lo hace rico en vitaminas y minerales. Las proteínas producidas por las bacterias lácticas hacen del yogurt un producto con mayor valor biológico, las grasas y la lactosa resultan más digeribles para el consumo de personas que presenten problemas de intolerancia a productos lácteos. Esto lo hace recomendable para el consumo de gente de todas las edades, ya que aporta nutrientes importantes que son fáciles de asimilar (Marcani, 2020).

Compuesto (Unidades/100 g.)	Yogurt Entero
Calorías (g)	72
Proteínas (g)	3,9
Grasa (g)	3,4
Carbohidratos (g)	4,9
Calcio (mg)	145
Fosforo (mg)	114
Sodio (mg)	47
Potasio (mg)	186

Tabla 1.3. Composición nutritiva del yogurt. **Fuente.** Tamime y Robinson (1991), citado por (Marcani, 2020)

- Carbohidratos Disponibles

Al hablar de carbohidratos nos referimos a los nutrientes que el cuerpo puede asimilar y estos representan la fuente de energía del ser humano. Vásquez. y López., (2005) apuntan que “El yogurt natural contiene trazas de diversos mono y disacáridos, pero la lactosa sigue siendo el azúcar dominante, incluso después de la fermentación el yogurt contiene 4 - 5 % de la lactosa” (Marcani, 2020).

- Proteínas

El yogurt a diferencia de la leche, contiene un alto nivel de proteínas y esto se da debido a que uno de los ingredientes de su elaboración es la leche en polvo, dando como resultado la presencia de un elevado valor biológico y tanto las caseínas como las proteínas del lacto suero tienen una concentración alta de aminoácidos esenciales. La caseína en el yogurt se presenta en su forma descalcificada, formando unas micelas cuya estabilidad puede llegar a alterarse durante la fermentación llevando a la obtención de un pH 4,6 – 4,7. Por esta razón las proteínas son resistentes al medio gástrico y llegan mejor a los lugares de acción enzimática. Las proteínas de la leche, además de enmascarar la acidez del yogurt son las que nos proporciona una mejor consistencia y viscosidad del producto sea suave, cremoso y mejor aroma (Marcani, 2020).

- Lípidos

Los lípidos del yogurt no son grasas malas, estos nos ayudan a mantener una dieta equilibrada, además son una fuente de energía y sirven como protección de órganos vitales. Los lípidos son una grasa estructural que al juntarse con las proteínas forman una parte de las membranas celulares muy importante para el cerebro. Por esto es esencial, según Narváez, (2015), integrar a nuestra alimentación el yogurt, ya que brinda un aporte graso esencial para mantener una dieta

equilibrada, lo cual es un aspecto importante en la alimentación infantil, ya que la carencia de esto puede causar desnutrición (Marcani, 2020).

- **Vitaminas y Minerales**

El yogurt es una fuente importante de calcio y fósforo, aporta una cantidad mayor y de fácil absorción que otros productos lácteos, lo cual ayuda a las personas que son intolerantes a la lactosa y a su vez al crecimiento y fortalecimiento de estructura ósea. Para Martínez, (2016) el contenido de vitaminas y minerales puede variar según la calidad de materia prima que se utilice, la modificación de calor que se efectuó en el momento del proceso, la cepa utilizada y del tipo de fermentación realizada (Marcani, 2020).

En el momento de fermentación se produce una alteración de las vitaminas B1 y B2 y una pérdida de vitaminas B12 y C, produciendo la formación de ácido fólico. En este punto de la elaboración, la composición mineral permanece estable. Se ha determinado, según Vásquez. y López (2005), que el contenido de vitaminas en el yogurt relacionado con el contenido de vitaminas de la leche cruda depende mayoritariamente de los procesos de fortificación y de elaboración (Marcani, 2020).

1.5.5. Clasificación del yogurt.

Según Alcazar (2002), citado por (Koraima, 2020) el yogurt puede ser clasificado en:

Por el método de elaboración.

- **Yogurt batido.**

Es un producto de consistencia suave y espesa y suficientemente viscosa, se caracteriza por su contenido en sólidos, que es mayor que el yogurt bebible (12-14 % de sólidos totales), en los yogures batidos se lleva a cabo una etapa particular que da el nombre al producto, el batido de la cuajada, que es lo que confiere al producto una untuosidad.

- **Yogurt líquido o bebible.**

Se puede considerar como yogurt batido de baja Viscosidad. Es una bebida fluida en el que la leche pasteurizada presenta un contenido de sólidos totales entre el 8 a 9%, por tanto, la coagulación se da en la leche.

- Yogurt coagulado o aflanado.

Es el yogurt de apariencia de flan que posee una consistencia firme y gelificada. Es el producto en el que la leche pasteurizada se envasa inmediatamente después de la inoculación del cultivo lácteo, produciendo la coagulación en el envase.

- Yogurt congelado.

Es el producto semi congelado y batido para incorporación de aire y luego congelado en cámaras a 30 °C – 40 °C bajo cero. Los cultivos específicos pueden ser reactivados en cantidades razonables por descongelado (Marcani, 2020).

- Yogurt concentrado o condensado.

Se elabora eliminando parcialmente la fase líquida de yogurt, hasta un nivel aproximado de un 24 % de sólidos totales, obteniéndose un producto con propiedades reológicas y características muy diferentes a las del yogurt normal (Marcani, 2020).

Por el sabor.

- Yogurt natural.

Es aquel que no tiene adición de azúcar, fruta, saborizantes y colorantes, permitiéndose solo la adición de estabilizantes y conservadores.

- Yogurt saborizado o aromatizado.

Es aquel que tiene saborizantes naturales y/o artificiales y otros aditivos permitidos por la autoridad sanitaria.

- Yogurt frutado.

Es aquel que tiene el agregado de frutas jarabeada, ya sea en trozos o en forma de pulpa y/o zumo.

Por el contenido de grasa

- Yogurt entero.

El contenido de grasa es igual o más del 3%.

- Yogurt semidescremado.

El contenido de grasa se encuentra entre 1 y 2,9 %.

- Yogurt descremado.

El contenido de grasa es menor a 1%

Por la Composición del Yogurt

- Yogurt natural.

Producto obtenido, sin la adición alguna de saborizantes, azúcar y colorantes, permitiéndose solo la adición de estabilizantes y conservantes.

- Yogurt saborizado.

Producto que puede contener aditivos, saborizantes y colorantes naturales y/o artificiales (Marcani, 2020).

1.5.6. Mecanismos bioquímicos que ocurren en el proceso de elaboración del yogurt.

La conversión de leche en yogurt se acompaña de una intensa actividad metabólica de los organismos fermentadores ST y LB. El yogurt es un producto único que suministra al consumidor los nutrientes vitales de la leche, así como productos metabólicos de fermentación y abundantes cantidades de cultivos de yogurt vivo y activo. Como resultado del crecimiento del cultivo, se observa la transformación de atributos químicos, físicos, microbiológicos, sensoriales, nutricionales y fisiológicos en medio lácteo básico. Los cambios durante la fermentación, según Chandan y Kilara, (2013) son profundos y muchos son relevantes para los atributos de salud del yogurt (Koraima, 2020).

- Carbohidratos

El contenido de lactosa de la mezcla de yogurt es generalmente alrededor del 6%. Durante la fermentación, la lactosa es la principal fuente de carbono, dando como resultado una reducción de aproximadamente el 30 %. La fermentación reduce el contenido de lactosa, pero el proceso no se desarrolla hasta que se agotan los azúcares, porque el pH sería excesivamente bajo y el producto demasiado ácido. Cuando el contenido en ácido láctico alcanza, por ejemplo, el 0,9 %, la fermentación se detiene por refrigeración. En ese momento se ha hidrolizado aproximadamente el 20 % de lactosa de

la leche, cuando se fermentan tanto la glucosa como la galactosa.

En el caso concreto del yogurt, se fermenta aproximadamente el doble de la cantidad de lactosa, ya que las bacterias del yogurt no descomponen la galactosa. La cantidad de ácido láctico presente en el yogurt es de 0.7% - 0.9% p/p (80 – 100 mM) (Koraima, 2020).

- Proteínas

Se ha observado la agregación de proteínas de suero en el yogurt que contribuye a la consistencia del yogurt durante el almacenamiento. La hidrólisis de las proteínas de la leche se mide fácilmente mediante la liberación de grupos $-NH_2$ durante la fermentación. LB muestra una

actividad proteolítica apreciable en la leche. La proteólisis continúa durante la vida útil del yogur, duplicando el grupo amino libre de nuevo en 21 días de almacenamiento a 7 ° C.

Los principales aminoácidos liberados son la prolina y la glicina. Los aminoácidos esenciales liberados aumentan de 3,8 a 3,9 veces durante el almacenamiento del yogur, lo que indica que varias enzimas proteolíticas y peptidasas permanecen activas durante toda la vida útil del yogurt (Koraima, 2020).

- Vitaminas

Generalmente, las bacterias lácticas necesitan para su desarrollo vitaminas del grupo B y son capaces de producir otras vitaminas. Por lo tanto, las características del cultivo determinan las diferencias del contenido vitamínico de la leche fermentada con respecto a la original. El contenido de vitaminas de las leches fermentadas, depende también de las condiciones de almacenamiento y, especialmente, del pre tratamiento que recibe la leche. La composición puede modificarse en diversas etapas del proceso, como el descremado y también por adición de leche en polvo desnatada, pulpa de frutas (Koraima, 2020).

1.5.7. Características sensoriales.

Según Hernández, et al. (2003), citado por Koraima (2020), indica que las características sensoriales del yogurt son las siguientes:

- Sabor

El yogur tendrá el sabor característico para cada forma de presentación y estará libre de sabor excesivamente ácido por sobre maduración, sabor amargo o cualquier sabor extraño.

- Olor.

El producto deberá tener el olor característico para cada forma de presentación y estará libre de cualquier olor extraño.

- Color.

El yogur natural deberá tener color blanco o ligeramente amarillento; los otros productos deberán tener el color característico para cada forma de presentación.

- Aspecto.

El yogur en cualquiera de sus formas de presentación, deberá tener aspecto de coágulo uniforme, libre de grumos y/o burbujas y estará libre de suero separado. El producto con fruta deberá tener aspecto característico con la fruta uniformemente distribuida.

1.5.8. Características fisicoquímicas.

- Acidez.

La acidez es producida por el crecimiento de las bacterias ácido lácticas transformando la lactosa en ácido láctico, acético y propiónico; ácidos grasos y acetona provenientes de la utilización de las grasas. El metabolismo de las proteínas produce indicadores de putrefacción como indol, estos metabolitos llegan a desestabilizar la leche por aumento de la acidez, fruto de la proliferación bacteriana (Cotrino y Gaviria, 2006).

En la siguiente tabla se muestra los requisitos fisicoquímicos que todo yogurt debe cumplir:

REQUISITOS	YOGURT ENTERO
Materia grasa de leche, % (m/m)	Mínimo 3,0
Sólidos totales no grasos de la leche % (m/m)	Mínimo 8,2
Acidez en gramos de ácido láctico % (m/m)	0,6-1,5

Tabla 1.4. Características fisicoquímicas del yogurt. **Fuente.** (Koraima, 2020)

Nota. NTP 202.092.2014

1.5.9. Cultivos bacterianos usados en la elaboración del yogurt.

Las bacterias más usadas son *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, las cuales producen ácido láctico y un descenso del pH, resultado de un mayor tiempo de conservación de la leche y un medio inadecuado para el desarrollo de bacterias patógenas, es requisito indispensable aplicar la cantidad adecuada de cultivo, ya que, al usar una mayor cantidad de cultivo, el tiempo que la leche mantiene la baja acidez es menor, lo que causa un deterioro del producto (Koraima, 2020).

- *Streptococcus thermophilus*.

Hidroliza la lactosa y asimila la glucosa, pero no la galactosa; también asimila la sacarosa y fructosa, es un microorganismo termófilo 35-45°C, termodúrico (resistente a pasteurización), y puede crecer en un medio salino con más del 2.4% de sal (Koraima, 2020).

- *Lactobacillus bulgaricus*.

Es termófilo, no se desarrolla a menos de 15°C, pero crece muy bien a 45°C. Normalmente no es termo resistente, y puede no resistir la pasteurización, no se desarrolla en medios salinos con más del 2% de sal. Estos cultivos pueden adquirirse en el mercado en forma líquida, liofilizada y

congelada. Los cultivos congelados pueden guardarse un año en congelación (-4 a 0°C) (Koraima, 2020).

1.6. Estándares de calidad.

Para poder medir la calidad con la que se ha sacado un producto al mercado en este caso el yogurt, se debe verificar desde las buenas prácticas de ordeño y todo lo que conlleva el proceso productivo del mismo.

La primera toma de muestras se debe hacer en el momento de la recepción de la leche, debido a que es la materia prima más importante en el proceso de elaboración del yogurt; entre las muestras y condiciones de conservación que se debe tener la leche están:

- ✓ Tiempo que lleva desde el ordeño: Este debe ser menor a 36 horas
- ✓ Temperatura de conservación: De 2 a 6 °C, pero lo recomendable es 4 °C
- ✓ Temperatura para el transporte: Máximo 6 °C
- ✓ Que provenga de vacas libres de brucelosis y tuberculosis
- ✓ Densidad: 1,028 con una temperatura de 15 °C
- ✓ pH: Debe estar entre 6,6 o 6,8

Ya después de la recepción se pasa a hacer el tratamiento térmico donde se encuentra la pasteurización la cual está en llevar la leche a una temperatura entre 90 a 96 °C durante 3 a 5 minutos, esto para mejorar las propiedades de la leche. Al finalizar la pasteurización y bajando la temperatura hasta 40 o 45 °C se añade los cultivos los cuales pueden ser *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, dos tipos de bacterias lácticas cuya simbiosis permite conseguir un sabor ácido y unos aromas característicos del yogurt; el proceso de incubación del cultivo debe tardar un aproximado de 3 horas. Cuando se termina el proceso de incubación se hace una prueba de pH para ver si se alcanzó el pH deseado (4,6) o adecuado, y si es así se debe parar el proceso fermentativo y eso se hace con un descenso brusco de temperatura (Marcani, 2020).

CAPÍTULO II. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE YOGUR, DESDE LA PERSPECTIVA DE LA ECONOMÍA CIRCULAR, EN LA EMPRESA DE PRODUCTOS LÁCTEOS ESCAMBRAY.

2.1.Propuesta metodológica para el análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la economía circular, en la empresa de productos lácteos Escambray.

Fase I. Antecedentes.

Crecimiento económico

El valor del crecimiento económico derivado de la adopción de la economía circular, definido según el PIB, se obtiene principalmente como resultado de la combinación de los mayores ingresos derivados de las actividades circulares emergentes, y de la reducción de los costes de producción por la utilización más productiva de los insumos. El cambio en el valor de los insumos y productos de las actividades de producción afecta al suministro, la demanda y los precios de toda la economía, propagándose a todos los sectores de actividad, y provocando una serie de efectos indirectos que conducen a incrementar el crecimiento total (Prevención Integral – España, 2018).

Ahorros netos de costes de materias primas

De acuerdo con los nuevos modelos de producción, diversos análisis e investigaciones permiten asegurar que, en los sectores de producción, en un escenario de economía circular avanzado, la posibilidad de ahorro neto anual de costes de materias primas es considerable, principalmente como consecuencia del desarrollo de iniciativas tales como el reciclaje, la reutilización y la simbiosis industrial (Prevención Integral – España, 2018).

Creación de valor

Cualquier aumento importante en la productividad material produce un impacto positivo en términos de desarrollo económico, con independencia del efecto directo que puedan tener los modelos circulares en sectores específicos. El modelo circular, como mecanismo para repensar el actual modelo de desarrollo, demuestra ser un poderoso marco de impulsión, capaz de generar soluciones creativas y sostenibles, y de estimular la innovación (Prevención Integral – España, 2018).

La constatación de esta realidad es sólo indicadora del inicio de una serie de escenarios transformativos de creación de valor que se expande mientras las tecnologías y modelos de

negocio circulares se van diseminando a escala global. Es probable que, en el futuro, durante el período de transición hacia la economía circular, aparezcan además nuevos modelos de negocio y tecnologías que actúen como catalizadores dentro de este contexto (Prevención Integral – España, 2018).

En un mundo de nueve o diez mil millones de consumidores enfrentados a una feroz competencia por los recursos, las fuerzas del mercado favorecerán aquellos modelos que mejor combinen conocimiento especializado y colaboración intersectorial, creando mayor valor por unidades de recursos, en relación con aquellos modelos que se apoyan exclusivamente en la extracción y en la producción. La selección natural favorecerá modelos híbridos y ágiles capaces de extender rápidamente el concepto circular a mayor escala, ya que estarán mejor adaptados a un planeta que necesita cambios, y que está siendo transformado de modo sustancial por la propia sociedad civil (Prevención Integral – España, 2018).

El enfoque circular ofrece a las economías desarrolladas una vía de crecimiento estable y resistente, una respuesta para reducir la dependencia de los recursos primarios y finitos, y una forma de atenuar la exposición a situaciones críticas de precios de los recursos. Además, por esta vía las empresas pueden obviar con éxito y en buena medida importantes costes sociales y ambientales (Prevención Integral – España, 2018).

Fase II. Objetivo de la propuesta metodológica para el análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la economía circular, en la empresa de productos lácteos Escambray.

Con la filosofía de fabricar para durar se expresa el siguiente objetivo: Mantener el valor de los productos, los materiales y los recursos que circulan en el proceso en la elaboración del yogurt, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray al límite de su capacidad, durante el mayor tiempo posible, aumentando así su utilidad y en la que se reduzca al mínimo la generación de residuos.

Fase III. Diagnóstico del proceso en la elaboración del yogurt, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

Paso 1. Caracterización de la Empresa de Productos Lácteos Escambray. Objeto de estudio.

La Empresa Productos Lácteos Escambray, está formada por tres UEB de producción: UEB de Helados, Quesos y Producción de Leche y Derivados de la Soya.

La UEB de producción de Helados comenzó su trabajo el 26 de julio de 1975 en saludo a la efeméride del Asalto al cuartel Moncada, la misma elabora helados normales en varios surtidos y helados especiales.

La UEB de Quesos comenzó su producción el 1ro de mayo de 1976 en saludo al día Internacional de los Trabajadores. El mismo elabora cuatro variedades de quesos especiales, quesos análogos, mantequilla y requesón.

El 1ro de enero de 1977 en saludo a un aniversario más del triunfo de la Revolución, se creó la Empresa Productos Lácteos Escambray funcionándole las dos fábricas mencionadas, aplicándose de inmediato de forma experimental el sistema de dirección y planificación de la economía Hoy en día se aplica el Perfeccionamiento Empresarial.

En 1978 comenzó la implantación del cálculo económico en nuestra empresa logrando fondo de premio durante 1979 y 1980. Actualmente existen varios Sistemas de Pagos. En la implantación del S.P.D.Z. se han obtenido excelentes resultados, siendo destacada dentro de nuestro ministerio. Como culminación del buen trabajo desarrollado en el frente de normalización, metrología y control de la calidad durante 1981 se elaboraron los expedientes de certificación de la calidad de quince variedades de quesos fabricados por nuestra empresa, de los cuales trece obtuvieron la categoría superior de calidad y la licencia para el uso de la marca estatal. Los otros restantes clasificaron con categoría de calidad primera por un año. Actualmente se cuenta con las licencias de calidad para cada producto a ofertar a divisa o consumo nacional.

El helado producido en esta fábrica tiene gran impacto económico tanto nacional como internacionalmente ya que se venden grandes cantidades cada mes. Es un producto rico en proteínas porque logra conservar las cualidades nutricionales de la leche. Se establece el helado con un sabor característico según el saborizante empleado y este tiene gran aceptación por los compradores. La calidad de las materias primas está influenciada por la composición microbiológica establecida en las normas de calidad empleadas en la fábrica.

Paso 2. Proyección estratégica de la empresa.

▪ Política de la Empresa

Es política de la empresa: Satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes según los compromisos pactados y el cumplimiento de todos los requisitos legales y reglamentarios, a través del Sistema Integrado de Gestión basado en la NC ISO 9001: 2015 “Sistema de Gestión de la Calidad. Requisitos”, ISO 14001: 2015 Medio Ambiente y la NC 18001: 2015 Seguridad y Salud en el Trabajo, minimizando los impactos y previniendo la contaminación con sostenibilidad ambiental, en un contexto de trabajo seguro para los trabajadores y el entorno y superando el desempeño a través de la mejora continua.

▪ Misión de la Empresa

Es misión de la empresa: Elaborar productos Lácteos, derivados de la Soya, de un alto nivel nutricional, que garanticen la Canasta Básica, consumo social, así como productos para la venta en divisa con una calidad acorde a las exigencias del mercado actual, aprovechando la ubicación en el centro sur del país, lo cual facilita estabilidad y competitividad en el mercado.

▪ Visión de la Empresa

Es visión de la empresa: Satisfechas las necesidades principales de nuestros trabajadores, así como su plena capacitación y una óptima utilización de nuestra técnica, ser la Empresa preferida por los Clientes en cuanto a la comercialización de los productos lácteos y derivados de la soya; teniendo un incremento progresivo de las ventas en el mercado nacional.

▪ Normativas cubanas

La Oficina Nacional de Normalización posee en todo momento la información sobre las normas internacionales, regionales y cubanas en vigencia.

NC 38-02-05:87 SNSA Aditivos alimentarios. Regulaciones sanitarias - NC 38-00-03:85 SNSA Higiene de los alimentos. Requisitos sanitarios generales - NC 38-04-04:87 SNSA Leche y productos lácteos. Requisitos sanitarios - NC 38-02-07:87 SNSA Contaminantes microbiológicos. Regulaciones sanitarias - NC 97-97:87 Envases y embalajes. Etiquetado de alimentos preenvasados. Especificaciones generales de proyecto - NC 78-08:81 Helados. Métodos de análisis - NC 76-04-1:82 Métodos de ensayos microbiológicos. Determinación del conteo total de microorganismos aerobios mesófilos viables - NC 76-04-3:82 Métodos de ensayos microbiológicos. Determinación de microorganismos coliformes - NC 38-02-13:88 SNSA. Determinación de salmonella. Método de ensayo microbiológico - ISO 7328:1984 Mezcla

base de helado y mezcla de helado. Determinación del contenido de grasa. Método gravimétrico. Rose Gottlieb - ISO 8262-2:1987 Productos de leche y alimentos a base de leche. Determinación del contenido de grasa por el método de Weibull Berntrop. Método de referencia - ISO 3728:1977 Helado de crema y helado de leche. Determinación del contenido total de sólidos - ISO 4832:1991 Microbiología. Guía general para la enumeración de coliformes. Técnica del conteo de colonias - ISO 4833:1991 Microbiología. Guía general para la enumeración de microorganismos. Técnica del conteo de colonias a 30 ° - NC 38-03-02:87 SNSA Transportación de alimentos. Requisitos sanitarios generales - NC 38-03-03:87 SNSA Almacenamiento de alimentos. Requisitos sanitarios generales - NC 38-03-01:86 SNSA Manipulación de alimentos. Requisitos sanitarios.

- **Aportes**

Social: sienta las bases para una transición más adecuada y exacta hacia una EC.

Económico: es una metodología que hace uso de los recursos para la optimización de los mismos a emplear en las transiciones hacia una EC sostenible y, además, una mayor cantidad de ingresos monetarios.

Ambiental: conservar el medio ambiente.

Paso 3. Descripción del proceso tecnológico de la Empresa de Productos Lácteos Escambray. Proceso de obtención del yogurt.

Para la obtención de Yogurt se procede primeramente a la fermentación de la leche mediante la inoculación con el cultivo bacteriano y posterior incubación de la leche a la temperatura adecuada. En función del tipo de yogurt elaborado la incubación se puede realizar en el mismo envase en el que se comercializan el yogurt o en tanques para su envasado posterior. La fermentación se detiene mediante refrigeración.

La (siembra) consiste en la inoculación del fermento en la leche previamente calentada a la temperatura de incubación apropiada para el fermento. Dependiendo del tipo de yogurt, la siembra puede efectuarse en régimen de continuidad, dosificando el cultivo directamente en el caudal de leche antes del envasado o de forma discontinua añadiéndolo en el tanque de incubación.

Tras la siembra de los fermentos da comienzo la etapa de (incubación). En esta etapa los microorganismos fermentativos metabolizan la lactosa produciendo ácido láctico. Este fenómeno hace que el pH descienda produciéndose la coagulación de la caseína. Este proceso tiene lugar en

unas condiciones determinadas de temperatura y tiempo (42-45 °C durante 2,5-3 horas), que varían en función del tipo de fermento utilizado.

Una vez se ha producido la coagulación de la caseína el proceso se detiene haciendo descender la temperatura de forma brusca. La formación del gel de caseína es especialmente sensible a los esfuerzos mecánicos, por lo que la incubación debe realizarse en reposo total.

Según el producto a elaborar y el tipo de instalación disponible, la incubación puede realizarse de las siguientes maneras:

- Fermentación en los envases. Se utiliza en la fabricación de yogur firme, realizándose la fermentación en el propio envase donde se va a comercializar el producto. La siembra de la leche se produce en línea previamente a su envasado y paletizado. Los palets de envases se introducen en las cámaras de incubación calentadas por aire. Es el sistema menos eficiente desde el punto de vista energético.
- Fermentación discontinua en tanques. Es la técnica más eficiente desde el punto de vista productivo y energético. La incubación se realiza en tanques de fermentación y una vez finalizada el yogur se enfría y se envasa. Se utiliza preferentemente para la fabricación de yogures batidos, aunque se puede utilizar para yogures coagulados si se le añaden a la leche agentes estabilizadores.
- Fermentación continúa. Este tipo de fermentación requiere de fermentadores especiales que permitan la formación del yogur con un movimiento moderado. Precisa por tanto de una tecnología avanzada y costosa, aunque presenta claras ventajas desde el punto de vista productivo y energético.

La incubación requiere unas condiciones de temperatura (42-45 °C) durante periodos de tiempo que pueden variar entre 2,5 y 3 horas, por lo que en esta etapa existe un consumo de energía para mantener las condiciones de incubación.

El enfriamiento del yogur (refrigeración) paraliza las reacciones fermentativas, evitando que el yogur siga acidificándose. Dependiendo del tipo de sistema de incubación utilizado encontramos dos sistemas de refrigeración principales:

- Túneles de enfriamiento de aire seco. Cuando la fermentación se realiza en el propio envase los palets con los envases se introducen en túneles de enfriamiento por aire seco frío en donde se hace descender la temperatura del producto hasta 15 °C.

- Intercambiadores de placas. Cuando el enfriamiento se produce tras la fermentación y antes del envasado se puede enfriar rápidamente el yogur una vez incubado utilizando cambiadores de placas.

Los equipos que se utilizan en la fabricación de yogurt son: sistemas de pasteurización, bombas, tanques de inoculación, tanques de fermentación, congeladores, máquinas embolsadora.

Para la obtención del yogurt de soya objeto de estudio de esta investigación, se utilizan las mismas etapas descritas anteriormente, con la diferencia que este producto se elabora a partir de la leche de soya, la misma se obtiene aplicando un tratamiento al frijol de soya, en el capítulo dos de este trabajo se describe más detalladamente este proceso.

Paso 4. Identificar puntos críticos.

- Desconocimiento del concepto de EC y de su alcance entre las entidades del sector, a pesar de que las entidades de economía social están contribuyendo desde hace años al desarrollo e implementación de modelos productivos circulares.
- Disminución del rendimiento de la producción

Fase IV. Identificar oportunidades de Economía Circular que permitan mantener el valor de los productos, los materiales y los recursos en la elaboración del yogurt, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

Paso 1. Perfil de la muestra

En este punto se elige el muestreo a desarrollar para la determinación de la muestra.

Paso 2. Herramientas e indicadores

- Herramientas cualitativas

Las herramientas cualitativas incluyen encuestas y entrevistas a contestar, en base a mantener el valor de los productos, los materiales y los recursos en la elaboración del yogurt, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

- Herramientas cuantitativas.

Este tipo de herramientas define indicadores cuantitativos para la implantación de la Economía Circular en la organización.

La autora ha decidido utilizar la herramienta de gráfico de control:

GRÁFICOS DE CONTROL

En que consiste:

Un Gráfico de Control es un gráfico de líneas utilizado específicamente para realizar seguimiento de la tendencia o rendimiento de un proceso en marcha. Se realiza observando la forma en que la variación del proceso hace que fluctúe la línea de tendencias entre dos límites calculados estadísticamente.

Estos límites de control se derivan estadísticamente de muestras de un proceso estable. No deben confundirse con los límites de especificaciones, que se determinan a partir de los requisitos validos del cliente.

Para que sirven:

Los Gráficos de Control son herramientas muy útiles para el análisis y previsión del rendimiento de un proceso a la hora de determinar si:

- ✓ El proceso está bajo control y por ello es estable.
- ✓ Las acciones correctivas han mejorado el proceso.
- ✓ Los gráficos de control pueden clasificarse en dos grupos principales de aplicación, función del tipo de los datos generados por el proceso, como se muestra en el esquema siguiente:

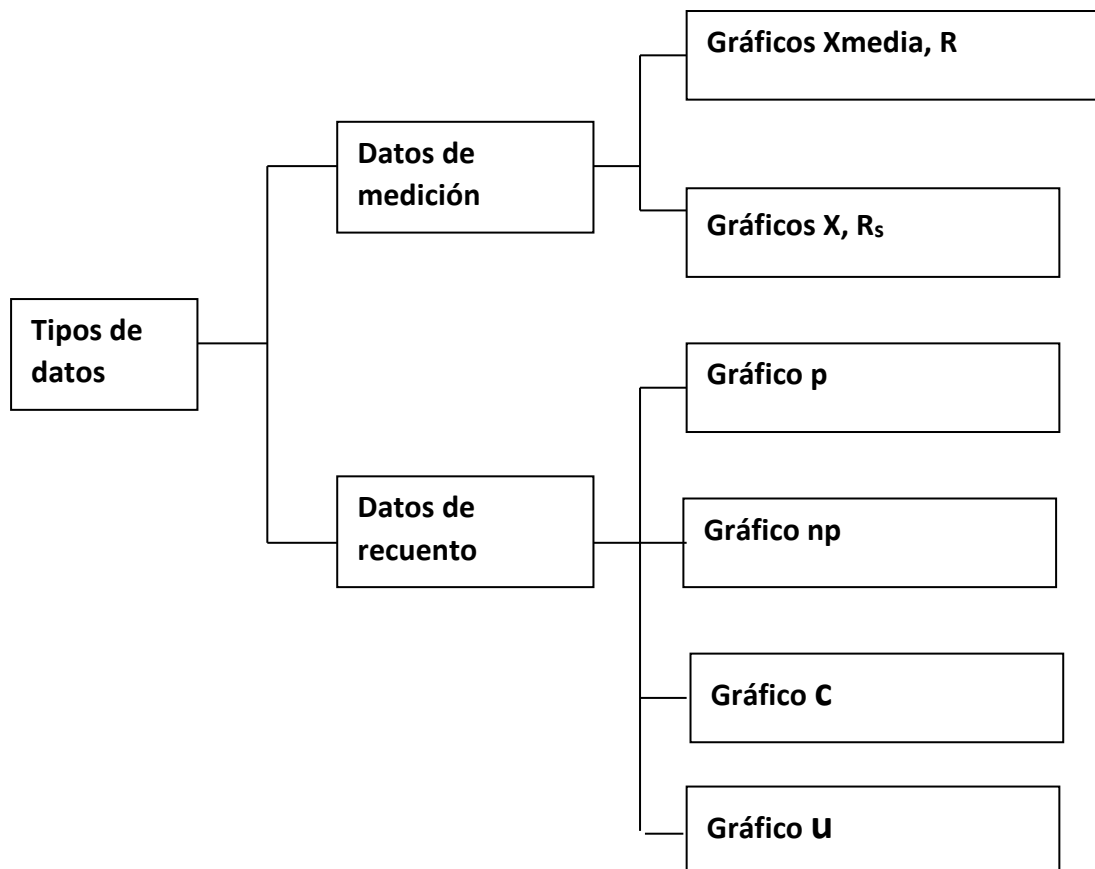


Figura 2.1. Tipos de gráficos. **Fuente.** Elaboración Propia

Gráficos de Xmedia, R	Se trata de un gráfico de control de dos partes utilizado para realizar el seguimiento de procesos con datos de medición. Los datos empleados en dichos gráficos se reportan en pequeños subgrupos que contienen como mínimo 2, o como máximo 10, tomas de datos independientes ($2 \leq n \leq 10$).
Gráfico X, Rs	Este es similar al anterior, excepto en que el número de observaciones en cada caso es igual a 1. El gráfico X permite el seguimiento de puntos de datos reales y el Rs permite el seguimiento de la diferencia absoluta entre cada uno de los puntos.
Gráfico p	Es un gráfico de control simple que muestra el seguimiento del proceso que genera datos de recuento. Es aplicable a procesos relacionados con el porcentaje de no conformidades generadas con relación a un conjunto determinado de parámetros (fracción defectuosa).
Gráfico np	Este es un caso particular del gráfico p que muestra la cantidad de productos defectuosos en subgrupos que contienen siempre la misma cantidad de elementos.
Gráfico c	Este gráfico representa el número de no conformidades en un periodo de tiempo.
Gráfico u	Muestra la cantidad de no conformidades por unidad de medida cuando cambia el número de unidades (las muestras son variables).

Tabla 2.1. Tipos de gráficos. **Fuente.** Elaboración Propia.

Cuando se utilizan:

- ✓ Para medir un proceso repetitivo o de producción.
- ✓ Pueden medir tanto datos de recuento como de medición.
- ✓ Los límites de control se construyen, en base a datos históricos, para mostrar la variación máxima que existe en un proceso.

Análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

- ✓ Una vez que el proceso es estable, los gráficos de control funcionan como un sistema de alarma al detectar situaciones atípicas o cambios en el proceso.

- Indicadores

Temperatura

Acidez

Densidad

Fase V. Aplicación de la propuesta

Objetivo: Implementar la propuesta para contribuir a mejora del proceso de producción en la empresa.

Fase VI. Análisis de los resultados

Objetivo: Conocer el estado real del proceso de producción en la empresa.

En esta fase se asume

El análisis de la normalidad de los datos

El análisis de la capacidad del proceso, a través de los valores Cp y CpK.

2.2. Validación teórica del procedimiento mediante el criterio de expertos.

Objetivo

El Criterio de Expertos se aplicó con el fin de evaluar la pertinencia y factibilidad de la propuesta metodológica y obtener criterios cualitativos que permitieran perfeccionarlos antes de su aplicación en la EC.

La autora se identificó con los juicios ofrecidos por San Juan (2004): “Se entenderá por experto, tanto al individuo en sí como a un grupo de personas u organizaciones capaces de ofrecer valoraciones conclusivas de un problema en cuestión y hacer recomendaciones respecto a sus momentos fundamentales con un máximo de competencia”.

El método fue aplicado en dos fases: en la primera se seleccionan los expertos a consultar, en una segunda fase, en que los expertos evalúan cada una de las características de la propuesta metodológica.

Primeramente, se facilitó, a los expertos, el consentimiento para participar en el estudio y la encuesta para la determinación del coeficiente de competencia. La vía para hacerle llegar la propuesta metodológica, fue por correo electrónico y por la misma vía regresaron las respuestas

con las orientaciones del autor, en la cual se solicita la valoración de la propuesta metodológica, emitiendo sus consideraciones.

Primera fase: Selección de los expertos a consultar.

Cada experto contribuye con la información que considera pertinente, evitando los encuentros cara a cara. Las variables proyectadas servirán de apoyo en la toma de decisiones, dado por la búsqueda del concurso entre las opiniones de los participantes. El grupo monitor es un ordenador que es programado para realizar la compilación de los resultados del ejercicio. Se identifica y se estudia un rango de posibles alternativas o estrategias para dar solución a la propuesta.

Cada experto desconoce la identidad de los demás integrantes del panel. No hay contacto físico entre los participantes, solo el administrador de la encuesta puede identificar a cada participante y sus respuestas. Se les asegurará su anonimato, en el sentido que ninguna de sus declaraciones u opiniones será atribuida a ellos por su nombre.

Participan expertos de diferentes ramas de actividad sobre las mismas bases. Primero se identifican expertos de las disciplinas requeridas o involucradas en el estudio y se les pide que participen en las rondas de preguntas. Los expertos se incluyen en su mayoría en las ramas de la ingeniería química.

Los resultados totales de la ronda previa no son entregados a los participantes, sólo una parte seleccionada de la información circula. La respuesta del grupo se presenta estadísticamente. Los expertos se identificaron en cuanto a su disponibilidad y criterios para definir la experticia.

Las técnicas de análisis que se utilizaron la encuesta y la entrevista. El procesamiento de los datos se realizó a través del Método Delphi y el Coeficiente de Kendall. Para obtener los resultados se utilizó el programa Método de consultas a Expertos v.1.0.

Tabla 2.2. Autoevaluación por los posibles expertos de sus niveles de conocimiento o información. **Fuente.** Elaboración Propia.

Expertos	n									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Experto2									X	
Esperto3							X			
Experto4								X		
Experto5										X
Experto6								X		

Análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

Experto7							X			
Experto8							X			
Experto9								X		

Expertos	Kc= n * (0.1)
Experto1	0,9
Experto2	0,9
Experto3	0,7
Experto4	0,8
Experto5	1
Experto6	0,8
Experto7	0,7
Experto8	0,7
Experto9	0,8

Tabla 2.3. Cálculo del Coeficiente de Conocimiento o Información (Kc). **Fuente.** Elaboración Propia.

	Fuentes de argumentación o fundamentación	Alto	Medio	Bajo
1	Su experiencia teórica	1, 2, 3, 5, 7, 9	4, 6, 8	
2	Su experiencia práctica	1, 4, 5, 6, 8, 9	2, 3, 7	
3	Bibliografía nacional consultada	5	1, 2, 3, 4, 6	7, 8, 9
4	Bibliografía internacional consultada		1, 2, 3, 4, 5	7, 8, 9
5	Su conocimiento del estado del problema	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9	8	
6	Su intuición	2, 3	4, 5, 6	1, 7, 8, 9

Tabla 2.4. Autovaloración por los posibles expertos de sus niveles de argumentación o fundamentación sobre el tema a investigar. **Fuente.** Elaboración Propia.

Expertos	$K = K_c + K_a$	Grado de Competencia
Experto1	0,95	Alto
Experto2	0,9	Alto
Experto3	0,8	Alto
Experto4	0,85	Alto
Experto5	1	Alto
Experto6	0,85	Alto
Experto7	0,8	Alto
Experto8	0,8	Alto
Experto9	0,9	Alto

Tabla 2.5. Coeficiente de Competencia a partir de K_c y K_a . **Fuente.** Elaboración Propia.

Nota: $K_a = (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6)$ Coeficiente de Argumentación o Fundamentación

Se decidió considerar a todos los participantes como expertos ya que presentan un grado de competencia alto ($0.8 < K < 1.0$).

Se le entrega a cada experto una planilla con los aspectos a evaluar y los rangos de evaluación que puede seleccionar (Inadecuado, Poco Adecuado, Adecuado, Bastante Adecuado y Muy Adecuado) a los que asignamos valor numérico del 1 al 5 en el mismo orden. Los resultados se muestran a continuación.

Frecuencia observada					
Antecedentes	0	0	1	3	5
Objetivo	0	0	1	4	4
Diagnóstico del proceso	0	0	0	3	6
Identificar oportunidades	0	0	2	2	5
Aplicación de la propuesta	0	0	0	3	6
Análisis de los resultados	0	0	1	4	4

Tabla 2.6. Frecuencia observada. **Fuente.** Elaboración Propia.

Frecuencia acumulada					
Antecedentes	0	0	1	4	9
Objetivo	0	0	1	5	9
Diagnóstico del proceso	0	0	0	3	9
Identificar oportunidades	0	0	2	4	9
Aplicación de la propuesta	0	0	0	3	9
Análisis de los resultados	0	0	1	5	9

Tabla 2.7. Frecuencia acumulada. **Fuente.** Elaboración Propia.

Frecuencia acumulada relativa				
Antecedentes	0	0	0,11111111	0,44444445
Objetivo	0	0	0,11111111	0,55555558
Diagnóstico del proceso	0	0	0	0,33333334
Identificar oportunidades	0	0	0,22222222	0,44444445
Aplicación de la propuesta	0	0	0	0,33333334
Análisis de los resultados	0	0	0,11111111	0,55555558

Tabla 2.8. Frecuencia acumulada relativa. **Fuente.** Elaboración Propia.

Distribución normal inversa correspondiente a cada Frecuencia Acumulada Relativa				
Antecedentes	-3,09	-3,09	-1,2206403	-0,1397103
Objetivo	-3,09	-3,09	-1,2206403	0,13971037
Diagnóstico del proceso	-3,09	-3,09	-3,09	-0,4307273
Identificar oportunidades	-3,09	-3,09	-0,7647097	-0,1397103
Aplicación de la propuesta	-3,09	-3,09	-3,09	-0,4307273
Análisis de los resultados	-3,09	-3,09	-1,2206403	0,13971037

Tabla 2.9. Distribución normal inversa correspondiente a cada Frecuencia Acumulada Relativa.

Fuente. Elaboración Propia.

Aspectos a Evaluar	N-P
Antecedentes	0,266818155
Objetivo	0,196962991
Diagnóstico del proceso	0,806912315
Identificar oportunidades	0,152835486
Aplicación de la propuesta	0,806912315
Análisis de los resultados	0,196962991

Tabla 2.10. Aspectos a evaluar. **Fuente.** Elaboración Propia.

Estos puntos se ubican junto con los puntos de corte y determinan el rango de valoración para cada aspecto

Puntos de corte	C1		C2		C3		C4	
	-3,09		-3,09		-1,76		-0,14	
Inadecuado		Poco Adecuado		Adecuado		Bastante Adecuado		Muy Adecuado
								(1) 2,267
								(2) 0,197
								(3) 0,81
								(4) 0,1528
								(5) 0,8069
								(6) 0,1970

Tabla 2.11. Rango de valoración. **Fuente.** Elaboración Propia.

Se concluye con los siguientes resultados

Aspectos a Evaluar	Promedio de aspectos
Antecedentes	Muy Adecuado
Objetivo	Muy Adecuado

Análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

Diagnóstico del proceso	Muy Adecuado
Identificar oportunidades	Muy Adecuado
Aplicación de la propuesta	Muy Adecuado
Análisis de los resultados	Muy Adecuado

Tabla 2.12. Conclusión de los resultados. **Fuente.** Elaboración Propia.

El coeficiente de Kendall (W) es de 0.58, el cual nos mostró un equilibrio entre los expertos. Como está por encima de 0.5 se considera que hay una tendencia al acuerdo entre los expertos en nuestro tema a investigar.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Variable	Temperatura del yogurt
Inicial	85
Inicial	87
Inicial	84
Inicial	86
Inicial	83
Inicial	89
Inicial	90
Inicial	87
Inicial	85
Inicial	84
Incubación	43
Incubación	45
Incubación	45
Incubación	44
Incubación	46
Incubación	43
Incubación	43
Incubación	45
Incubación	46
Incubación	46

Tabla 3.1. Análisis de los datos. **Fuente.** Elaboración Propia

Análisis de la distribución normal: Como la asimetría y la kurtosis se en el rango entre -2 y 2, las variables siguen una distribución normal.

Medidas resumen

Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx	Mediana	Asimetría	Kurtosis
Temperatura del yogurt	20	65,30	21,31	32,64	43,00	90,00	64,50	0,01	-1,97

Tabla 3.2. Medidas resumen. **Fuente.**(InfoStat, 2017)

Análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

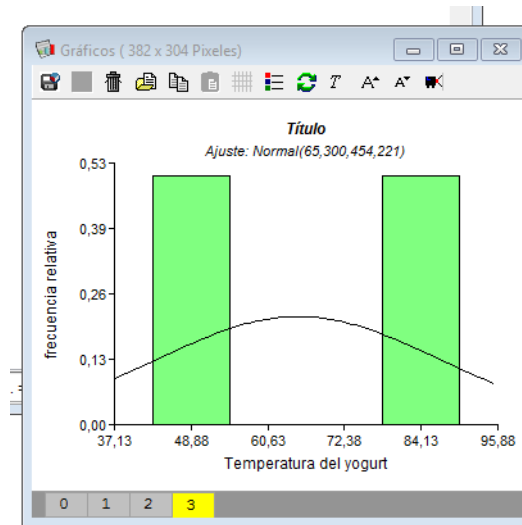


Figura 3.1. Comparación entre frecuencia relativa y frecuencia del yogur. **Fuente.** (InfoStat, 2017)

Gráfico de caja y bigote

En este gráfico se observa diferencias entre la media y la mediana.

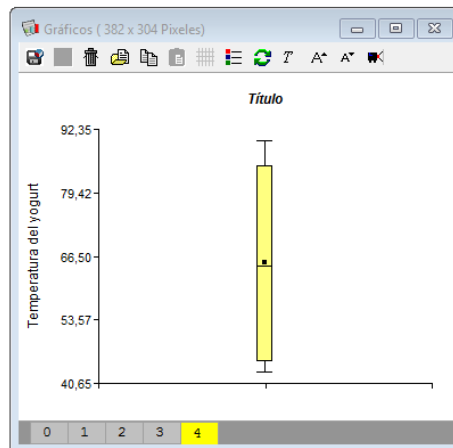


Figura 3.2. Gráfico de caja de Bigote. **Fuente.** (InfoStat, 2017)

Análisis de la capacidad del proceso

El número de observaciones es insuficiente (Muestra).

Se analizará si el proceso es capaz (Los puntos de distribución se encuentran dentro de los límites de especificación ± 3).

Análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

Diagramas de Control

Análisis de la capacidad del proceso

Ítem	Valor
Media:	65,30
Desv.est.:	21,31
LEI:	43,00
LES:	90,00

Tolerancias bilaterales

Ítem	Valor
Zinf:	-1,05
Zsup:	1,16

Proporciones fuera de especificación

Ítem	Valor
Inferior:	0,1477
Superior:	0,1232
Total:	0,2709

Evaluación aptitud del proceso

Ítem	Valor
cp	0,37
cpk	0,35

Tabla 3.3. Diagramas de control. **Fuente.**(InfoStat, 2017)

Valor del Cp.	Clase de proceso	Decisión
Cp. > 2	Clase mundial	Tiene calidad seis sigma
$1.33 \leq Cp. \leq 2$	1	Mas que adecuado
$1 \leq Cp. < 1.33$	2	Adecuado para el trabajo, pero requiere de un control estricto conforme el Cp. se acerca a uno.
$0.67 \leq Cp. < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Un análisis del proceso es necesario. Requiere modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria
Cp. < 0.67	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones serias.

Tabla 3.4. Valor de Cp y Decisión. **Fuente.**(InfoStat, 2017)

Relación entre Cp, ppm y % rendimiento

Valor del Cp	% de capacidad	% No conforme	Partes por millón (ppm)
0.500	86.640	13.360	133 600
0.620	93.500	6.500	65 000
0.680	96.000	4.000	40 000
0.750	97.500	2.500	25 000
0.810	98.500	1.500	15 000
0.860	99.000	1.000	10 000
0.910	99.350	0.650	6 500
1.000	99.730	0.270	2 700
1.330	99.990	0.006	60

Tabla 3.5. Relación entre Cp, ppm y % rendimiento. **Fuente.**(InfoStat, 2017)

De lo anterior se deduce que el proceso es no adecuado ($C_p=0,37$). El % de capacidad es muy bajo (6,41%)

Cpk

- **Cpk > 1** indica que el proceso está fabricando artículos que cumplen con las especificaciones.
- **Cpk < 1** indica que el proceso está produciendo artículos fuera de las especificaciones.
- **Cpk < 0** indica que la media del proceso está fuera de las especificaciones.

Figura 3.3. Cpk. **Fuente.** (InfoStat, 2017)

Relación entre Cpk, ppm y % rendimiento

Valor del Cpk	% de capacidad	% No conforme	Partes por millón (ppm)
0.500	93.320	6.680	66 800
0.510	93.500	6.500	65 000
0.580	96.000	4.000	40 000
0.650	97.500	2.500	25 000
0.720	98.500	1.500	15 000
0.780	99.000	1.000	10 000
0.830	99.350	0.650	6 500
1.000	99.865	0.135	1 350
1.330	99.997	0.003	30

Tabla 3.6. Relación entre Cpk, ppm y % rendimiento. **Fuente.**(InfoStat, 2017)

El proceso está fuera de las especificaciones ($CpK=0,35$). Aunque las variables siguen una distribución normal. Los índices no tienen significado, ya que el proceso está fuera de control (es inestable). La relación entre Cp y CpK ($Cp \neq Cpk$) nos dice que el proceso no está centrado. Además, con mucha variabilidad. Esto afecta a la economía circular de la empresa, ya que genera pérdidas, pues se deja de aprovechar más del 80% de su eficiencia.

CONCLUSIONES

1. Se logró recopilar y analizar una gran variedad de investigaciones de gran rigor científico. Mediante el estudio bibliográfico realizado, se notó que: El yogur es uno de los productos más consumidos a nivel mundial ya que posee un gran aporte de nutrientes y fuente de energía para el ser humano; además, se demostró la posibilidad de aplicar el análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular.
2. Se propuso una metodología para el análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la economía circular, en la empresa de productos lácteos Escambray, la cual reúne los requisitos generales y específicos necesarios para su aplicación.
3. El análisis de los resultados permitió conocer que: las variables siguen una distribución normal; sin embargo, el número de observaciones es insuficiente; en cuanto a la capacidad del proceso, se observó que el mismo no es adecuado ($C_p=0,37 < 0,67$), esto apunta a un % de capacidad muy bajo (6,41%). La relación entre C_p y C_{pk} ($C_p \neq C_{pk}$) nos dice que el proceso no está centrado, lo cual implica inestabilidad, además el proceso está fuera de las especificaciones ($C_{pk}=0,35$). Todo esto afecta a la economía circular de la empresa, ya que genera pérdidas, pues se deja de aprovechar más del 80% de su eficiencia.

RECOMENDACIONES

1. Proponer a la dirección de la empresa y organismo competente, la actualización sobre el análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular.
2. Incluir en la propuesta, la evaluación económica, lo cual permitirá demostrar la viabilidad económica del proceso de producción.
3. Desarrollar un diagnóstico, a partir de los resultados obtenidos, para establecer un plan de mejora.
4. Continuar el estudio para el análisis de todas las tareas asociadas al proceso de producción que indiquen el mal estado del mismo.
5. Socializar este trabajo a través de publicaciones y eventos científicos de manera que cumpla con los objetivos académicos e investigativos propuestos.
6. Generalizar este estudio a procesos de la industria alimenticia similares a la fábrica objeto de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anaya-Villalpanda. (2023). La economía circular para la seguridad alimentaria y el procesamiento agroindustrial de alimentos. *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, 7(2). <https://doi.org/10.5281/zenodo.8241446>
- Balboa, C., & Domínguez, M. (2014). *Economía circular como marco para el ecodiseño: El modelo ECO-3*.
https://www2.uned.es/egi/publicaciones/articulos/Economia_circular_como_marco_para_el_ecodiseno_el_modelo_ECO-3.pdf
- Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). *Economía circular, estrategia y competitividad empresarial*.
<https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERD%C3%81%20y%20KHALILOVA.pdf>
- Cuesta, M. (2020). *La economía circular: Una opción inteligente*. UNED y Economistas sin Fronteras. <https://ecosfron.org/wp-content/uploads/2020/03/Dossieres-EsF-37-La-Econom%C3%ADa-Circular.pdf>
- de Miguel, C., Martínez, K., Pereira, M., & Kohout, M. (2021). *Economía circular en América Latina y el Caribe: Oportunidad para una recuperación transformadora*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/5fceda72-3fed-4ace-bb87-5688547cf2f5/content>
- Díaz, Y. A. (2013). *Desarrollo de un yogurt tipo i de plátano para la empresa de lácteos “El Belén”*. (Tesis de grado). Universidad Tecnológica Equinoccial].
https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5029/1/53537_1.pdf

Análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

Eserp. (2023). *Qué es la economía circular*. <https://es.eserp.com/articulos/que-es-economia-circular/>

InfoStat. (2017). *Software para análisis estadístico de la aplicación general bajo la plataforma Window*.

Ingeniería Química. (2019). *¿Qué es la economía circular?*
<https://www.ingenieriaquimica.net/articulos/437-que-es-la-economia-circular>

Koraima, M. R. (2020). *Elaboración y evaluación del yogurt*. (Tesis de grado).
Universidad Nacional.
https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8635/Maximo_Roman_Koraima_Mayumi_y_Serquen_Traversso_Katherine_Del_Socorro.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Macaya, P. (2018). *La economía circular en el sector de la alimentación*. Fundación Bancaria «La Caixa».
https://fundacaolacaixa.pt/documents/10280/665429/relatoria_final_circular_alimentacio_es.pdf/da4236f3-1661-bc30-7742-7d57f30f14fe

Marcani, M. G. (2020). *Elaboración de yogurt fortificado a base de diferentes concentraciones de chía (Salvia hispánica L.)*. (Tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés.
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25331/T-2795.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Moya, D. (2010). *Análisis del Ciclo de Vida (ACV) para la mejora de la producción de harina de trigo*. (Tesis de grado), Universidad de Cienfuegos.
http://biblioteca.ucf.edu.cu/biblioteca/tesis/tesis-de-grado/ingenieria/ingenieria-industrial/curso-2009-2010/Tesis_G%20Didiet%20Moya%20Gessa.pdf

Análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

NaturKlima. (2023). *Ventajas de la economía circular*. <https://naturklima.eus/hec-ventajas-de-la-economia-circular.htm>

Prevención Integral – España. (2018). *Ventajas y beneficios de la economía circular*. argentinambiental. https://argentinambiental.com/wp-content/uploads/pdf/AA97-22-Ventajas_y_beneficios_de_la_Economia_Circular.pdf

Priede, T., & Hilliard, I. (2019). *La economía circular en la industria alimentaria*. Universidad Europea de Madrid. <https://abacus.universidadeuropea.com/bitstream/handle/11268/9281/Dossieres%20EsF%2035%20RSC%20en%20la%20industria%20alimentaria.pdf?sequence=2>

Quezada, R. (2020). *Elaboración de yogurt con sabor a fresa* [Tesis de grado, Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”]. <https://repositorio.unica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13028/4069/Elaboraci%C3%B3n%20de%20yogurt%20con%20sabor%20a%20fresa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Riofrio, C. R. (2015). *Estudio de cultivos lácticos y la inulina en la vida útil del yogur de arazá (Eugenia stipitata)* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11985/1/AL%20577.pdf>

Rodríguez, B. (2011). *Aplicación de Análisis de Ciclo de Vida, para evaluar alternativas de mejora en la producción de papel*. <http://biblioteca.ucf.edu.cu/biblioteca/anuario-cientifico/anuario-2011/ciencias-economicas-y-empresariales/industrial/51%20Aplicacion%20de%20Analisis%20de%20Ciclo%2>

Análisis de la producción de yogur, desde la perspectiva de la Economía Circular, en la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

0de%20Vida%2C%20para%20evaluar%20alternativas%20de%20mejora%20en
%20la%20produccion%20de%20papel.pdf

Serón, D. (2020). *Economía circular: De alternativa a necesidad*. UNED y Economistas sin Fronteras. <https://ecosfron.org/wp-content/uploads/2020/03/Dossieres-EsF-37-La-Econom%C3%ADa-Circular.pdf>

Universidad de Sevilla. (2023). *Desarrollo Industrial y Protección del Medio Ambiente* [IV Jornada de Ingeniería Ambiental]. <https://www.inerco.com/wp-content/uploads/Programa-Jornadas-ING-AMB-2023.pdf>

Velázquez, C., Rodríguez, N., & Mata, M. (2014). *Evaluación de impacto ambiental de la producción de queso blanco pasteurizado en la parroquia Mantecal con enfoque de análisis de ciclo de vida*. Centro de Estudio para la Transformación Agraria Sostenible. [http://biblioteca.ucf.edu.cu/biblioteca/anuario-cientifico/anuario-2013/agronomia/Evaluacion%20de%20impacto%20ambiental%20de%20la%20pr oduccion%20de%20queso%20blanco.pdf](http://biblioteca.ucf.edu.cu/biblioteca/anuario-cientifico/anuario-2013/agronomia/Evaluacion%20de%20impacto%20ambiental%20de%20la%20produccion%20de%20queso%20blanco.pdf)

Zambrano, E. (2011). *Implementación y posicionamiento del yogurt a base de soya como producto alternativo al yogurt lácteo en la ciudad de Guayaquil* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1538/16/UPS-GT000186.pdf>