

Universidad Andina Simón Bolívar

Sede Ecuador

Área de Gestión

Maestría en Gerencia Integrada de la Calidad e Innovación

**Pectina de albedo de la mazorca de cacao como subproducto del
proceso de cosecha**

Una propuesta práctica de economía circular

César Andrés Ramírez Romero

Tutora: Marcia Elena Almeida Guzmán

Quito, 2024

Trabajo almacenado en el Repositorio Institucional UASB-DIGITAL con licencia Creative Commons 4.0 Internacional

	Reconocimiento de créditos de la obra No comercial Sin obras derivadas	
---	---	---

Para usar esta obra, deben respetarse los términos de esta licencia

Cláusula de cesión de derecho de publicación

Yo, César Andrés Ramírez Romero, autor de la tesis intitulada “Pectina de albedo de la mazorca de cacao como subproducto del proceso de cosecha: una propuesta práctica de economía circular”, mediante el presente documento dejo constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magíster en Gerencia Integrada de la Calidad e Innovación en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

11 de marzo de 2024

Firma: _____

Resumen

El presente producto profesional busca establecer parámetros iniciales para evitar el desperdicio de 3 371 490 toneladas de cáscaras de mazorca de cacao (INEC 2023, 22), que normalmente se generan en el año, producto de la cosecha de los granos. El objetivo general de este estudio es establecer una línea base para evaluar la implementación de un proyecto circular de obtención de pectina de albedo de la mazorca de cacao, teniendo como modelo guía a la norma NTE INEN-AFNOR XP X30-901. Además, se realizó un análisis descriptivo de los parámetros iniciales en el aprovechamiento del desecho orgánico, como subproducto de la industria cacaotera, para su utilización como fuente de lignina y celulosa en la elaboración de pectina para la industria de alimentos y su impacto en la economía circular. Se analizó también, el efecto que tendrá la aplicación del modelo de economía circular, a nivel ambiental, económico y social. Se empleó el enfoque cuantitativo-deductivo en la investigación, con un método de análisis exploratorio, descriptivo y bibliográfico no experimental. Se evaluaron características específicas de la situación planteada, lo que implicó la observación sistemática de la economía circular y la catalogación de información para su posterior uso.

Se requiere el diseño de una planta agroindustrial de producción de pectina para la industria de alimentos, en donde se incorpore las normas, requisitos y guías de sistemas integrados de gestión. Además, aprovechar los residuos de cáscaras de mazorca de cacao significa disminuir la huella ecológica mediante la aplicación del campo de acción de simbiosis industrial de la norma NTE INEN-AFNOR XP X30-901. Por tanto, se concluye, que el impacto en la economía circular que generaría la aplicación de este proyecto es altamente beneficioso, a nivel económico, ambiental y social, ya que se iniciaría una etapa de puesta en marcha de la economía circular, aplicada al desarrollo, investigación de un nuevo producto, e innovación de la agroindustria, mediante el aprovechamiento de los residuos o subproductos que se generan como resultado de esta actividad productiva cacaotera. Adicionalmente, es importante mencionar que el precio de comercialización de la pectina es atractivo para un emprendimiento sostenible, y deja la puerta abierta para un estudio más profundo de implementación del proyecto.

Palabras clave: economía circular, cacao, pectina, innovación, calidad, agroindustria

A mis padres: César Ramírez -que debe estar orgulloso de mí desde el cielo- y Marlene Romero por su gran ejemplo de superación, por su infinito amor y apoyo incondicional durante todo este proceso de estudios.

A Lita por su oportuna ayuda y solidaridad.

A Johanna por su paciencia y amor.

A mis hermanas Diana y Giuly, por sus consejos y su preocupación a lo largo de la maestría.

A Marcia Almeida por su acertada ayuda y asesoría en la redacción de este proyecto.

A todos mis profesores de la Andina, por sus valiosos aportes y enseñanzas.

A Bruno y Tobi por su compañía y asesoría técnica.

Tabla de contenidos

Figuras y tablas	11
Abreviaturas.....	13
Introducción.....	15
Capítulo primero Marco de referencia sobre la Economía Circular.....	17
1. Marco teórico.....	17
1.1. Economía circular.....	17
1.2. Modelos de negocio circular.....	24
1.3. Innovación circular	29
2. Marco legal	32
2.1. Constitución del Ecuador 2008 - biocéntrica (arts. 57, 71, 72, 83).....	32
2.2. Ley de Economía circular inclusiva	33
2.3. Libro Blanco	34
2.4. Infraestructura de la calidad	35
3. Marco normativo	37
3.1. Familia ISO 59000.....	37
3.2. NTE INEN-AFNOR XP X30-901.....	39
3.3. Norma inglesa.....	42
4. Impacto de la economía circular en la agroindustria.....	44
5. Economía circular en el agro y agroindustria ecuatoriana	47
6. Aplicación de la economía circular al estudio.....	50
7. Producción y consumo responsable basado en el ODS 12.....	52
8. Matriz de planificación 5W2H como línea base para la implementación del proyecto	53
Capítulo segundo Sector cacaoero del Ecuador	55
1. Metodología de la investigación.....	55
2. Producción.....	56
3. Exportación y mercados internacionales	58
4. Subproductos del cacao	61
5. Descripción del producto cacao.....	62
5.1. Composición del cacao.....	62
5.2. Composición de la cáscara de mazorca de cacao	64

5.3. Compuestos presentes en el albedo de cacao	66
5.4. Usos potenciales del albedo para la agroindustria.....	67
5.5. Métodos de obtención de pectina	68
5.6. Tipos de pectina.....	70
6. Proceso extracción y estabilización del albedo para evitar la oxidación.....	71
7. Procesamiento del albedo mediante digestión ácida y posterior secado	72
8. Pruebas de reología para determinar su viscosidad y poder espesante y gelificante en mermeladas y otro tipo de productos.....	75
Capítulo tercero Aplicación de un modelo circular para el desarrollo de un proyecto ..	77
1. Mapa del ciclo de vida de la producción lineal	77
2. Oportunidades de innovación circular	79
3. Aplicación del modelo NTE INEN-AFNOR XP X30-901 para el desarrollo de una línea base para determinar la viabilidad de un proyecto circular.	84
4. Discusión de la evaluación y aplicabilidad del estudio	92
5. Impacto en la economía circular a nivel ambiental, social y tecnológico	92
Conclusiones.....	95
Obras citadas.....	97
Anexos.....	105

Figuras y tablas

Figura 1. Ciclo de vida de la producción lineal,.....	18
Figura 2. Ilustración de economía circular y sostenibilidad, los desechos orgánicos y residuos del sector agrícola son dinero.....	18
Figura 3. Ciclo del agua, tomado de Ecología Khan Academy.....	19
Figura 4. Diagrama del sistema de economía circular.....	22
Figura 5. Diagrama del sistema de economía circular, cáscara mazorca de cacao para producir pectina	23
Figura 6. Infraestructura de la calidad y los tres pilares que la sostienen.	36
Figura 7. Resumen de la norma ISO 59000	39
Figura 8. Objetivos de desarrollo sostenible de la ONU, Naciones Unidas 2023.....	52
Figura 9. Participación de la superficie plantada total de cacao en el Ecuador para el año 2022. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-ESPAC 2022	57
Figura 10. Exportaciones de cacao y elaborados de Ecuador en millones de dólares. 2021	58
Figura 11. Anatomía del fruto Theobroma Cacao L. Imagen de perfectdailygrind.com	62
Figura 12. Proceso de extracción ácida de la pectina	69
Figura 13. Diagrama esquemático de la molécula de pectina y de los puntos de ataque de las diferentes enzimas pectínicas	72
.....	73
Figura 14. Proceso de extracción y obtención de pectina de cáscara de mazorca de cacao	73
Figura 15. Diagrama de flujo de una planta productora de pectina.....	74
Figura 16. Cáscaras de mazorca de cacao sobre el suelo agrícola durante la cosecha...	77
Figura 17. Mapa del ciclo de vida de la producción lineal del cacao desde la siembra hasta la elaboración de pasta	78
Figura 18. Digestión de albedo de cacao en medio ácido para obtención de pectina o biopolímeros	81
Figura 19. Muestra de cacao fresco en baba previo al pesaje para la fermentación.....	82
Figura 20. Diagrama de flujo para elaboración de Té de testa de cacao	83
Figura 21. Té de testa de cacao sellado y empacado	84

Tabla 1. Las 11 empresas que están liderando el camino de la economía circular	27
Tabla 2. Circular Business Model Canvas (CBMC)	31
Tabla 3. Propósitos de la economía circular siguiendo las tres dimensiones	40
Tabla 4. Principios de la norma inglesa BS 8001:2017.....	43
Tabla 5. Medidas a considerar para implementar la norma inglesa	43
Tabla 6. Cacao Almendra seca, Producción de cacao (miles de Tm)	57
Tabla 7. Países productores y exportadores de cacao a nivel mundial.....	59
Tabla 8. Porcentaje de productos de cacao con valor agregado exportados a nivel mundial	59
Tabla 9. Exportaciones FOB de cacao en grano en millones de USD por país.....	60
Tabla 10. Pesos promedios aproximados en distintas fases del proceso de cosecha.....	63
Tabla 11. Contenido de las semillas de cacao por cada 100g.....	63
Tabla 12. Determinación de la composición química de la cáscara de cacao	64
Tabla 13. Contenido bromatológico aproximado de la cáscara de mazorca de cacao ...	65
Tabla 14. Contenido aproximado polifenoles, actividad antioxidante	67
Tabla 15. Caracterización física y química de las pectinas de las cáscaras de cacao.....	75
Tabla 16. Pesos promedios y proporciones en distintas fases del proceso de cosecha ..	80
Tabla 17. Aplicaciones de la cáscara, albedo y pectina de la mazorca de cacao a la economía circular	80
Tabla 18. Matriz de 3 (dimensiones) x 7 (campos de acción).....	85
Tabla 19. Razón de ser del proyecto, interacción del cliente, operación de la organización y trama de recursos	87
Tabla 20. Metas y objetivos, efecto en la razón de ser del proyecto	88
Tabla 21. Acciones a tomar, efecto en la razón de ser del proyecto	90

Abreviaturas

APL	Acuerdos de Producción Limpia
CBMC	Circular Business Model Canvas
CIIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
EC	Economía Circular
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
HM	Alto metoxilo
I+D	investigación y desarrollo
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
LM	Bajo metoxilo
MAAE	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica
MPCEIP	Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OEC	Organismos evaluadores de la conformidad
PE	Pectinaesterasa
PE	Punto de Equilibrio
SAE	Servicio de Acreditación Ecuatoriano
TIR	Tasa interna de retorno
VAN	Valor actual neto

Introducción

La selva es nuestro hogar, nuestra farmacia,
nuestro mercado, nuestro templo.
(Nemonte Nenquimo)

Si se aspira a instaurar un cambio de paradigma en el modelo económico de producción y adoptar una economía circular fundamentada en los principios de reducir, reutilizar y reciclar, es imperativo establecer un sistema que asegure la clasificación y cuantificación de los residuos y subproductos agrícolas. Se necesita priorizar los productos con un mayor margen de producción a nivel nacional, para identificar los mayores niveles de aprovechamiento y producción, ligado a biomateriales o sus derivados relacionados a la investigación, desarrollo e innovación en el contexto de la bioeconomía (EC Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2021, 94).

Tanto el sector agrícola ecuatoriano como el agroindustrial enfrentan un desafío significativo: el desperdicio generado y, en particular, la utilización ineficiente de los recursos. En el caso del cacao, la cáscara o mazorca es uno de los subproductos más comunes derivados de la cosecha de este fruto. De acuerdo al estudio realizado por Guayza Carpio (2021, 14), la cáscara de la mazorca de cacao corresponde entre el 75 % al 80 % del peso del fruto, configurándose como el subproducto principal del cacao en la producción. Tanto para la industria ecuatoriana como para el resto del mundo, implica una gran complicación deshacerse de este desecho, debido a que su composición y actividad enzimática repercute negativamente en el ambiente, atrayendo plagas y enfermedades, además de generar contaminación, gas metano y gases de efecto invernadero (Guayza Carpio 2021, 14).

En Ecuador, la producción de granos de cacao durante el año 2022 fue de 337 149 toneladas/año según datos del INEC (2023, 22). La relación entre la cáscara de mazorca fresca y el rendimiento de granos secos es 10:1, se deduce que el negocio cacaotero del país produjo un promedio de 3 371 490 ton/año de cáscaras desperdiciadas en el lapso señalado. Esto implica una cantidad enorme de residuos que deben ser pre-tratados para usarse como materia prima para elaborar pectina, que puede servir como insumo en la industria alimentaria local y para exportar, lo que generaría recursos para el país, reduciría la contaminación del medio ambiente, y fomentaría la innovación en un esquema de economía circular (Barazarte et al. 2008, 64).

Por este motivo, la pregunta central de esta investigación es: ¿Cuál será el beneficio de establecer una línea base para un proyecto de obtención de pectina de albedo de la mazorca de cacao como subproducto del proceso de cosecha, para una propuesta práctica de economía circular? La cáscara de la mazorca de cacao es una materia prima innovadora, considerada como fuente de espesantes orgánicos (Barazarte et al. 2008, 65); este subproducto es una fuente abundante de pectinas a nivel comercial, debido a su bajo costo. Por ello, la industria alimentaria usa las pectinas como espesantes, gelificantes, emulsificantes, estabilizantes y texturizantes, y sustituye compuestos lipídicos en alimentos de consumo calórico bajo y su utilización más frecuente es en la industria de jaleas, mermeladas, lácteos y cárnicos (Guayza Carpio 2021, 14).

En la elaboración de este trabajo, se aplicó el método de investigación cuantitativo-deductivo con un enfoque basado en el análisis exploratorio, descriptivo y bibliográfico, sin experimentación. Se analizaron diversas características de la situación abordada, lo que incluyó una observación sistemática de la economía circular y la catalogación de la información para su posterior uso. Para ello, se acopió información de fuentes primarias y secundarias para la posterior interpretación de significados, como propuesta de modelo de negocio, con enfoque de valor circular, en la que se consideran estrategias de innovación circulares. Según esta metodología, la información para dicho análisis se obtuvo de estadísticas oficiales, tesis, investigaciones aplicadas, artículos académicos, libros, revistas científicas, y publicaciones indexadas, constituidas por la literatura académica relacionada con la economía circular (EC), innovación, producción de cacao, responsabilidad social y la aplicación de los Sistemas Integrados de Gestión. En el primer capítulo se aborda el marco de referencia sobre la EC, en el segundo el sector cacaotero del Ecuador y finalmente la aplicación de un modelo circular (norma NTE INEN-AFNOR XP X30-901) para el desarrollo de un proyecto. El proyecto deja la puerta abierta para un estudio más profundo de implementación, con un análisis de prefactibilidad técnico, económico y de mercado para el diseño de una planta agroindustrial de producción de pectina de cacao, en donde se incorpore las normas, requisitos, guías de sistemas integrados de gestión e infraestructura de la calidad.

Capítulo primero

Marco de referencia sobre la Economía Circular

Si crees que la economía es más importante que
el medio ambiente, intenta aguantar la respiración
mientras cuentas tu dinero.
(Guy McPherson, científico 1990)

En el presente capítulo, se describen los marcos teórico, normativo, legal, el efecto de la economía circular en el agro y agroindustria, y la aplicación del estudio a la EC, cuyo propósito es reducir el impacto ambiental del desarrollo y mejorar el bienestar de los individuos, constituyendo un proyecto económico, social y ambiental que hace un llamado a todas las partes interesadas, las mismas que coinciden en la necesidad de acelerar la transición de un modelo lineal “producir, consumir, desechar” a un modelo circular, más eficiente en cuanto a la utilización y consumo de recursos con un enfoque holístico y global (NTE INEN-AFNOR XP X30-901, iv).

1. Marco teórico

En este capítulo, a través de una amplia revisión bibliográfica de artículos, libros, documentos institucionales y normativos, se presentan definiciones, conceptos y reflexiones relacionados a la economía circular, modelos de negocio e innovación circulares. Dentro de este marco se analiza la relación de los sistemas integrados de gestión como un catalizador de la eco-innovación, responsabilidad social y economía circular, que tengan como objetivo introducir cualquier producto, proceso, cambio organizativo que reduzca el uso de recursos naturales (materiales, energía, agua y tierra) y disminuya la liberación de sustancias nocivas durante todo el ciclo de vida. Adicionalmente, se estudia el fortalecimiento del vínculo entre la economía circular y la infraestructura de la calidad, que tiene como pilares a la normalización, la acreditación, la certificación y la metrología (Bernardo 2022).

1.1. Economía circular

La economía circular es un paradigma de consumo y producción relacionado con estrategias de reutilización, reparación, reducción y reciclaje de productos o materiales, siempre que sea posible para generar un valor adicional y poder alargar el ciclo de vida

útil de los productos. En la práctica significa que se reducirán al mínimo posible los residuos, de esta manera cuando la vida de un insumo o material fenece sus desechos se mantienen rotando dentro del círculo de producción siempre que sea factible, de esta manera pueden ser utilizados productivamente en repetidas ocasiones, lo que genera un valor adicional (Parlamento Europeo 2022, párr. 2).

El modelo de economía circular es totalmente opuesto a la economía lineal – que se muestra en la figura 1-, que figura como el modelo económico vigente y que basa su funcionamiento en la lógica de extraer - producir –usar- desechar, para la producción de bienes y servicios, sin considerar la sostenibilidad de las generaciones futuras.

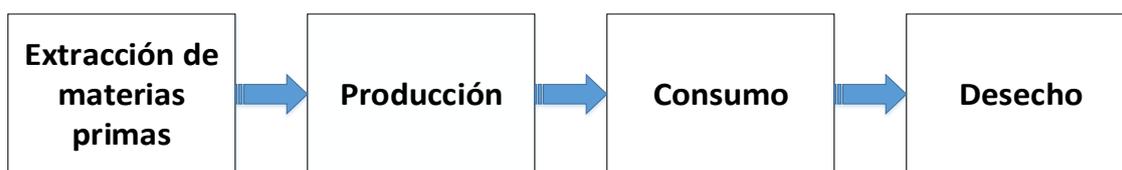


Figura 1. Ciclo de vida de la producción lineal,
Fuente: McDonough y Braungart 2005.

Por el contrario, la circularidad aplicada al sector agrícola y agroindustrial, busca obtener réditos económicos de los desechos orgánicos que se producen en las organizaciones -como se ilustra en la figura 2-, es decir, mirar a los residuos como una potencial oportunidad de innovación, para generar recursos económicos basados en la productividad -optimización de recursos-, calidad integrada (calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional) y en la infraestructura de la calidad (Burgo et al. 2019, num. 2).



Figura 2. Ilustración de economía circular y sostenibilidad, los desechos orgánicos y residuos del sector agrícola son dinero.

En el campo de la economía lineal y el esquema de producción actual se ha generado graves afectaciones al medio ambiente; por ello, McDonough y Braungart (2005, 87) recalcan que la naturaleza no funciona así, por cuanto en el medio natural, incluso cuando se presenta la muerte, la vida vuelve a ser vida. Por ejemplo, cuando un ser vivo se alimenta de otro organismo y posteriormente el desecho que genera es utilizado y aprovechado por otro para nutrirse. Lo mismo ocurre con el ciclo del agua – como se observa en la figura 3-, que está en permanente transformación pero que sin embargo se mantiene recirculando constantemente, y es purificada de manera natural y está a disposición de los organismos vivos en diferente forma y estado. De igual forma pasa con el ciclo del carbono y nitrógeno.



Figura 3. Ciclo del agua, tomado de Ecología Khan Academy

El proceso histórico de desarrollo epistemológico del significado de economía circular partió de la escuela clásica de economía hacia la última década del siglo XVIII y se ha fortalecido en los primeros 20 años del siglo XXI. Los economistas clásicos comenzaron con el concepto de las probables repercusiones de que los recursos de la tierra alcanzarán sus límites y entrarán en un estado de reposo. La gente incluso está preocupada por el impacto negativo del sistema económico de mercado tradicional en el medio ambiente. Estas inquietudes se agudizaron en el siglo XX con el surgimiento del movimiento ambientalista contracultural, que produjo ideas innovadoras para restaurar nuestros recursos basándose en el funcionamiento de los sistemas naturales. Por tanto, la economía circular, como concepto surgido en el siglo XXI, es tan poderosa que comienza a considerarse un nuevo paradigma de desarrollo que requiere planes de acción

inmediatos para cambiar la forma en que se utilizan los limitados recursos del planeta (Ugalde 2021, 1).

Ugalde (2021, 3) menciona que “la historia de la economía circular no tiene una fecha de inicio específica. Sin embargo, fue a fines de los años 70 que cobró impulso, gracias a académicos, líderes de opinión y empresas que llevaron su aplicación práctica a sistemas económicos modernos y a procesos industriales. A partir de allí, se han creado distintas filosofías”. Walter Stahel es un arquitecto suizo y experto en economía circular, a él se le atribuye haber acuñado la expresión “Cradle to Cradle” a finales de los años 70s, además, trabajó en el desarrollo de un enfoque de “circuito cerrado” para los procesos de producción y creó el Product Life Institute en Ginebra hace más de 25 años. Según Stahel, el objetivo de la economía circular es maximizar el uso de los recursos y minimizar la generación de residuos, a través de un diseño inteligente de los productos y procesos que permita su reutilización y reciclaje. Los bienes de hoy son los recursos del mañana al precio del recurso de ayer, señala este ideólogo (Stahel 1982, 72).

Las diferentes organizaciones internacionales como la ONU, gobiernos y otras partes interesadas, pretenden generar un verdadero cambio de modelo económico de producción y poner en práctica una economía circular que encuentre en los desperdicios, nuevos recursos, reduciendo el impacto ambiental. Dentro del sistema multi R, existen algunas conocidas como las 3 R del reciclaje y las 7 R del medio ambiente, sin embargo, actualmente se tienen las 9 R de la economía circular que son niveles de sostenibilidad básicos que se deben tener en cuenta (Gutiérrez-Villach 2023, párr. 11):

- *Reducir* el consumo innecesario
- *Rechazar* lo que no utilizamos
- *Reparar* para extender la vida de los productos
- *Reutilizar* o reusar productos en buen estado desechados por otro consumidor
- *Remanufacturar* o reconstruir manualmente o con medios mecánicos aquello que necesitamos
- *Restaurar* un producto desgastado o antiguo para modernizarlo
- *Recuperar* materiales a través de la incineración para generar energía
- *Rediseñar* con criterios de ecodiseño y sostenibilidad
- *Reciclar* los desechos para crear nuevos productos

En su libro *Milieu*, Jacqueline Cramer describe en 2014 estos niveles. Posteriormente la ideóloga de este modelo de producción Ellen MacArthur, añade la R de repensar, para dar continuidad al esquema de la Agencia Holandesa de Evaluación Ambiental. Se puede incluir más R como: responsabilizar, reordenar, redistribuir, reaprender, reflexionar, retroalimentar, reeducar y reaprovechar. Para un mejor enfoque de las 9 R, y para buscar estrategias que se apliquen y se ajusten a las organizaciones de acuerdo a su giro de negocio, es necesario realizar un análisis general para luego seleccionar las R que sean estratégicas y pertinentes de acuerdo al sector productivo, proceso, producto o servicio. Para este caso particular de estudio, ligado a los desechos del cultivo de cacao, como es el albedo de la mazorca como subproducto del proceso de cosecha para obtención de pectina (espesante, emulsificante, texturizante), es preciso identificar, evaluar y determinar el producto que se va a optimizar y formular como eco-innovación para la economía circular (Gutiérrez-Villach 2023, párr. 11).

Es crucial establecer un sistema eficiente para clasificar y cuantificar los residuos y desechos de los agroproductos, dando prioridad a aquellos con un alto potencial de producción a nivel nacional. Se requiere identificar las áreas de mayor aprovechamiento y producción, especialmente en biomateriales y sus derivados, mediante investigación, desarrollo e innovación en el marco de la bioeconomía. Luego de un análisis general para seleccionar las R que sean estratégicas para este caso particular de estudio, se determinó que las R que más se ajustan son: reciclar, reaprovechar, responsabilizar y reeducar (EC Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2021, 94).

En la revisión de la literatura se encuentran varias definiciones de economía circular propuestas por diversos autores e instituciones que vienen trabajando sobre este tema, así:

Jacqueline Cramer (2022, 15) advierte que la economía circular le hace un llamado urgente a la humanidad, ya que la escasez y el consumo excesivo de recursos conducen a problemas alarmantes. Está en juego el suministro de suficientes recursos, debido a que anualmente consumimos más de lo que la Tierra puede proporcionar. En 1970, se requería el equivalente a una Tierra para sostener nuestra población actual; hoy en día, se necesitan alrededor de 1,75 Tierras, y si mantenemos nuestros patrones de consumo actuales, necesitaremos tres Tierras para el año 2050.

Nuestros patrones actuales de producción y consumo no son sostenibles. Extraemos materias primas y las utilizamos para generar productos sin cuidar prudentemente los problemas ambientales y sociales que conlleva. Los consumidores

usan y luego desechan los productos, a menudo sin darse cuenta de las consecuencias. Es apremiante un cambio de mentalidad por parte de toda la humanidad, es preciso empezar a pensar como especie y tomar decisiones políticas a nivel global, que permitan un giro de timón que enrumbe los destinos de todos los habitantes del planeta hacia un futuro sostenible en comunión y armonía con la naturaleza (Cramer 2022, 15).

Uno de los principales objetivos de la economía circular es reformar el modo de producción, con el propósito de generar un cambio que implique mejoras en los servicios y bienes, por tal motivo, Ellen MacArthur Foundation dispone como iniciativa un esquema, que grafica un diagrama de materiales biológicos y técnicos, llamado el “circulo de valor” (Ellen MacArthur Foundation 2020, párr. 2), que se muestra en la figura 4.

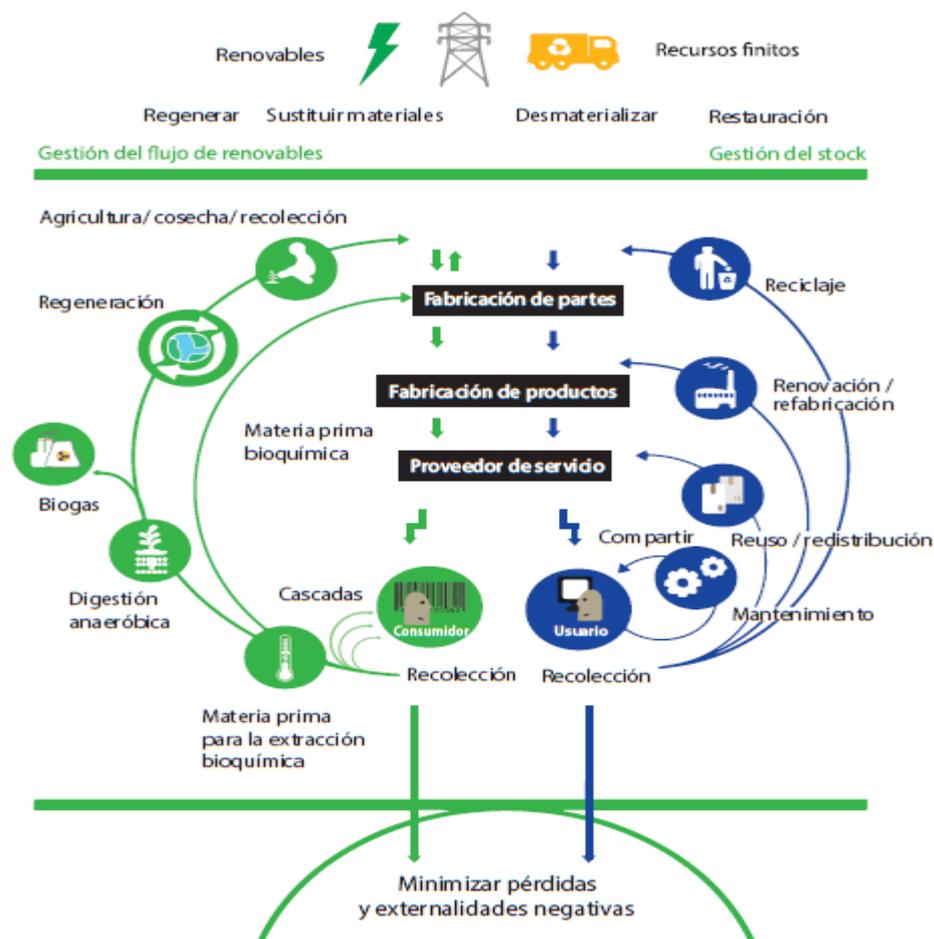


Figura 4. Diagrama del sistema de economía circular
Fuente: Fundación Ellen MacArthur 2020.

Dentro del diagrama del sistema de economía circular, elaborado por Fundación Ellen MacArthur llamado “el círculo de valor” y mostrado en la figura 4, para gestionar el flujo de recursos renovables (cultivo de cacao y subproductos), se tiene como residuo

de la agricultura y cosecha a la cáscara de mazorca de cacao como se observa en la figura 5. El diagrama del sistema de economía circular de Ellen MacArthur, es uno de los modelos de EC que se podría aplicar para el desarrollo del producto profesional de gestión de cáscara de mazorca de cacao. Este residuo es un nuevo recurso o materia prima para el reciclaje y posterior digestión ácida, mediante la cual se obtiene la pectina húmeda para deshidratación y fabricación de un nuevo producto para el mercado de insumos alimenticios, de esta forma se ofrece al consumidor un novedoso gelificante, emulsificante, texturizante y espesante para la elaboración de alimentos variados como mermeladas, yogurt, paté etc. De esta manera se minimizarían las pérdidas y las externalidades negativas según la figura 5 (Ellen MacArthur Foundation 2020, párr. 2).

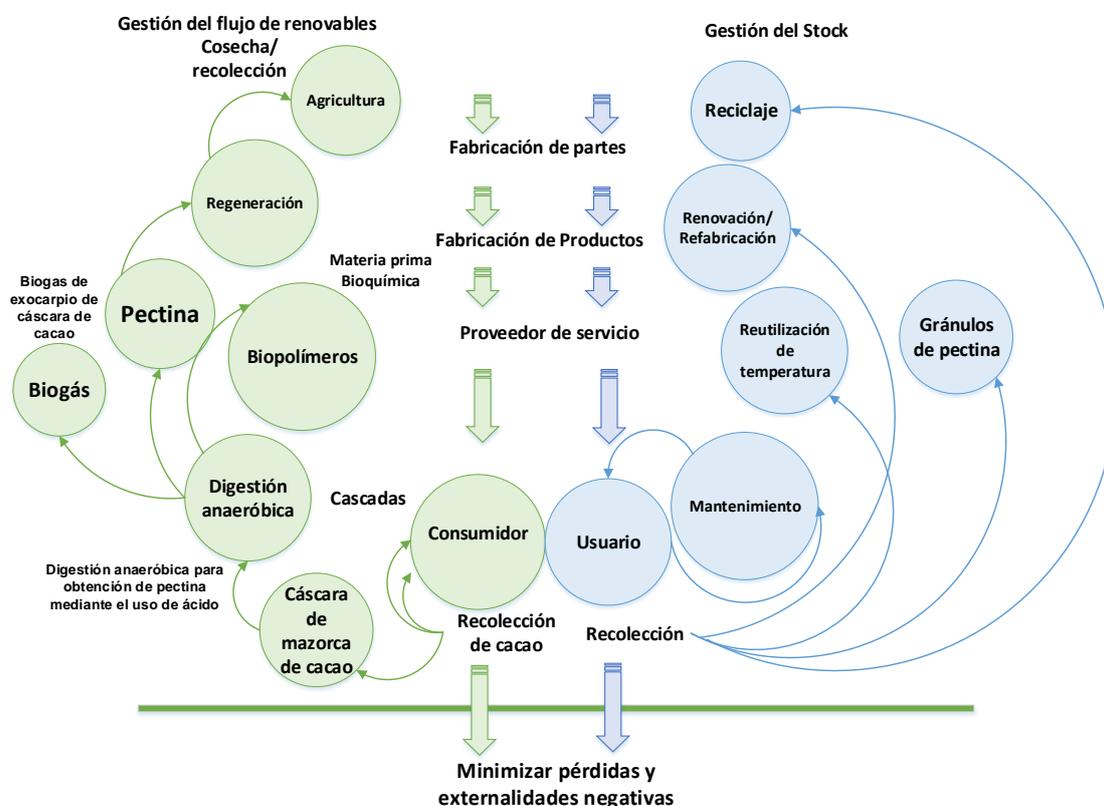


Figura 5. Diagrama del sistema de economía circular, cáscara mazorca de cacao para producir pectina

Fuente: Elaborado de acuerdo al esquema de mariposa de Fundación Ellen MacArthur 2020.

De acuerdo al estudio realizado por Guayza Carpio (2021, 14) el pericarpio o corteza de la mazorca de cacao constituye entre el 75 y el 80 por ciento del fruto del cacao y supone el subproducto más abundante y menos aprovechado de este cultivo. Se estima una cantidad de 3 371 490 toneladas de cáscaras al año que se desperdician según lo mencionado por el INEC (2023, 22) y Barazarte et al. (2008, 64), esto implica que dicha materia orgánica se descompone sobre el suelo y causa contaminación, generando gases

de efecto invernadero y atrayendo plagas. Por tal motivo, para reducir la ecotoxicidad de los compuestos inherentes de los residuos y estimular la biodegradabilidad del suelo, se puede utilizar este residuo en distintos proyectos de innovación circular, como la producción de pectina para la industria de alimentos, generación de biogás o biopolímeros para cápsulas o empaques para la industria farmacéutica y alimenticia como se indica en la figura 5, de tal forma se demuestra la amplia y variada aplicación del estudio a la economía circular (Guayza Carpio 2021, 14).

Como se observó en el círculo de valor indicado en la figura 4, se distinguen seis actividades que las organizaciones privadas y gubernamentales pueden utilizar para el cambio a la economía circular, descritos como principios básicos que consisten en regenerar, compartir, establecer bucles, optimizar, reutilizar e intercambiar tantas veces como sea posible (Almeida-Guzmán y Díaz 2020, párr. 40).

La transición a una economía circular implica un cambio de paradigma. En lugar de seguir un modelo lineal de producción, consumo y eliminación, la economía circular busca mantener los recursos en recirculación el mayor tiempo posible y reducir al mínimo la generación de residuos. Esto requiere de investigación, desarrollo, innovación y un enfoque holístico y colaborativo en toda la cadena de suministro y una reevaluación de cómo se diseñan, producen y consumen los productos (Almeida-Guzmán y Díaz 2020, párr. 41).

En síntesis, se puede decir que la economía circular es un modelo económico que tiene por objetivo maximizar el aprovechamiento de los recursos durante y después de la elaboración de un producto, minimizando la generación de residuos no aprovechables. Sin embargo, el mayor reto de este paradigma de la producción es su implementación a escala global, ya que el actual modelo lineal junto con los intereses económicos de las grandes empresas transnacionales, corporaciones y grupos empresariales siguen viendo como su principal meta el vender mucho, sin importar las consecuencias ambientales y sociales a futuro (Cramer 2022, 16).

1.2. Modelos de negocio circular

Los modelos comerciales circulares basados en la producción y el reciclaje repetidos, prometen ahorros significativos en costos y una reducción significativa en el impacto ambiental. Durante décadas se han propuesto variaciones de este modelo de negocio, con algunos éxitos notables, como el servicio de productos de Xerox basado en fotocopiadoras reacondicionadas. Sin embargo, todavía se tiene que ver una adopción

generalizada en la industria. Para ello se abordará la hipótesis de innovación del modelo de negocio circular y cómo esto puede presentar desafíos significativos para los emprendedores en la reducción de la incertidumbre. La reducción proactiva de la incertidumbre se refiere a la identificación y gestión anticipada de riesgos e incertidumbres en el proceso empresarial. Esto implica tomar medidas preventivas para minimizar los impactos negativos de eventos imprevistos y asegurar el éxito del negocio. (Linder y Williander 2015, 1)

El modelo de negocio circular tiene un enfoque empresarial que busca minimizar los residuos y maximizar la reutilización de recursos a través de la creación de un ciclo cerrado de producción y consumo. En este modelo, los productos y materiales se recuperan y reciclan en lugar de ser desechados, lo que puede generar beneficios económicos y ambientales como el caso de la pectina de cáscara de cacao (Linder y Williander 2015, 1).

Además, muchas variantes de sistemas de productos y servicios que facilitan el control del flujo de retorno en modelos de negocio circulares, aumentan aún más los posibles efectos negativos de la reducción de la incertidumbre fallida debido al aumento de los compromisos de capital. Con la producción de artículos de consumo, bajo el enfoque de obsolescencia planificada se dificulta la implementación de los negocios circulares. Un claro ejemplo es la manufactura de artículos electrónicos como: celulares, tablets, televisores inteligentes, laptops, etc., que tienen un tiempo de duración bastante reducido en comparación a los productos que se fabricaban hasta finales del siglo XX. Si verdaderamente se pretende acelerar el cambio de modelo económico, es imperioso que existan leyes o políticas estatales, que obliguen a las empresas a seguir los lineamientos de la economía circular, a través de estímulos tributarios u otras estrategias de fomento productivo eco amigable (Linder y Williander 2015, 1).

Según Volker y Bessouat (2021, 34), dentro de los ciclos cerrados de materiales se capta, crea y proporciona valor, a través de las bases de un modelo de negocio circular el cual describe la importancia de la circularidad y el aprovechamiento del ciclo de vida del producto. La utilización más eficiente de recursos es el fundamento y el principal motor de la EC. Para una adecuada cuantificación y optimización de residuos, es preciso apuntalar las bases de este paradigma de producción mediante el desarrollo de nuevos productos y procesos a través de la investigación y la innovación como eje transformador fundamental.

Un modelo de negocio circular es aquel en el que la lógica conceptual para la creación de valor se basa en la utilización del valor económico retenido en los productos después del uso en la producción de nuevas ofertas (Volker y Bessouat 2021, 34). Por ello este modelo se fundamenta en el diseño, desarrollo y la investigación, desde el principio, de todos los potenciales usos continuos de materiales y componentes, y la disminución o eliminación de desechos, durante todo el ciclo de vida del producto (Volker y Bessouat 2021, 34).

Es decir, las organizaciones deberían ser exigidas por los lineamientos y políticas públicas de economía circular, en relación a una mayor implicación en el uso y gestión adecuada para la eliminación de productos, de modo que no solo generen ingresos con la venta directa, sino también permitan el acceso a los productos y optimicen su rendimiento en toda la cadena de valor (Volker y Bessouat 2021, 34).

Según Volker y Bessouat (2021, 35), entre los motivos que impulsan el acelerado surgimiento de nuevos modelos de negocio están los relacionados al encarecimiento de materias primas, energía y gestión de residuos, además, al incremento de la competencia y el surgimiento de nuevas tecnologías y procesos. La carestía de las materias primas y las deficiencias del sector energético se deben a la baja disponibilidad y el alto costo de explotación de ciertos recursos naturales, esto implica un aumento significativo de los precios, por ejemplo, en el caso del sector minero, específicamente en el cobre, se evidenció un incremento del 400 % en la última década, al igual que los materiales para la construcción. Por este motivo, se plantea una alternativa de minería inversa en la cual se aprovechen los componentes internos de los equipos tecnológicos (celulares, tablets, smart tv, etc.), es decir, generar un reciclaje en el que se clasifican todos los tipos de metales utilizados para el ensamblaje de estos aparatos, con el objetivo de volverlos a incluir al ciclo productivo de nuevos equipos tecnológicos (Bedoya y Dzul 2015, 1).

Otro factor que motiva el acelerado incremento de nuevos modelos de negocio, es el aumento de la competencia. El desarrollo de países emergentes como China, India, Rusia o Brasil está provocando un acrecentamiento de la competitividad, generando al mismo tiempo un alto grado de incertidumbre sobre el futuro. Por ejemplo, China dejó de ser exclusivamente un país productor y apuesta fuertemente por negocios con potencial de crecimiento basados en la innovación. El gigante asiático superó a Estados Unidos en patentes registradas anualmente, a Japón en inversión absoluta en I+D, y a la Unión Europea en inversión de I+D (investigación y desarrollo) por Producto Interno Bruto (PIB) (Volker y Bessouat 2021, 38).

Por este motivo, para alcanzar una mayor satisfacción de las necesidades del cliente, es fundamental una innovación circular en los modelos de negocio, debido a que permite anticiparse y ubicarse en una postura privilegiada respecto a la competencia (Volker y Bessouat 2021, 36).

Un factor adicional que motiva el acelerado incremento de nuevos modelos de negocio es el surgimiento de nueva tecnología y procesos. Se estima que en 2005 solo el 15 % de la población mundial tenía acceso a internet, mientras que en la actualidad más del 40 % de los habitantes a nivel global tienen acceso a este servicio. Esto ha llevado a generar nuevas tecnologías para la comunicación, el desarrollo de productos y servicios y la producción (Volker y Bessouat 2021, 36).

Según Volker y Bessouat (2021, 37), más de 100 empresas han sido identificadas como pioneras en la aplicación de ideas de economía circular y nuevas tecnologías para transformarse y posicionarse por encima de las demás. Estas empresas están logrando una ventaja competitiva conocida como "ventaja circular". En la tabla 1 se muestran 11 empresas que están liderando el camino de la economía circular. El objetivo de esta diferenciación es hacer uso más eficiente de los recursos a través de la innovación, y aportar valor agregado a los clientes y partes interesadas, esto genera un efecto estratégico en la tecnología y las operaciones de la empresa. Es fundamental recalcar que el modelo de negocio debe ser sostenible económicamente, y que esto necesita ser considerado al momento de plantearlo, más allá de las necesidades que pueda satisfacer o la eco-innovación que pueda generar (World Economic Forum 2019, párr. 3).

Se espera para el año 2030 que la población mundial se acerque a 9 mil millones de personas, y por el incremento del nivel de vida y poder adquisitivo de un segmento de la población (clase media) de algunos países emergentes, como China e India, se consumirán más recursos de los que puede proporcionar el planeta. Afortunadamente, un recurso ilimitado es el talento humano, conocimiento e innovación, y muchas organizaciones, en el mundo, están desarrollando métodos ingeniosos de reducir, reutilizar y reciclar, como las 11 empresas que se muestran en la tabla 1 (World Economic Forum 2019, párr. 1).

Tabla 1
Las 11 empresas que están liderando el camino de la economía circular

#	Nombre Empresa	Producto, Servicio o Proceso	Función de la Innovación	Beneficio/Ahorro
			Medir que alimentos se tiran e identificar	Logró que sus clientes ahorren más

1	Winnow	Medidores inteligentes que analizan nuestra basura	formas de reducir el desperdicio	de 25 millones de dólares por año. Equivale a evitar que se desperdicie una comida cada siete segundos
2	DyeCoo	Proceso de teñido que no utiliza agua ni otros productos químicos que no sean las tinturas	Utiliza dióxido de carbono "supercrítico" altamente presurizado, proceso eficiente	El proceso toma la mitad del tiempo, consume menos energía y su costo es menor. Marcas como Nike e IKEA la usan
3	Close the Loop	Proceso que convierte cartuchos de impresora y plásticos blandos en carreteras	Mezclan cartuchos de impresora con asfalto y vidrio reciclado para hacer una superficie de carretera de mejor calidad	Dura hasta un 65 % más que el asfalto tradicional. En cada kilómetro de carretera se usa 530.000 bolsas de plástico y 12.500 cartuchos de impresora
4	Enerkem	Biocombustibles	Extrae el carbono de la basura que no se puede reciclar. Luego, les lleva cinco minutos convertir el carbono en un gas que se usa para producir biocombustibles, como metanol y etanol	La ciudad de Edmonton reutiliza el 9 % de sus residuos, ahorra el uso de más de 100.000 toneladas métricas de vertederos cada año.
5	Schneider Electric	Se especializa en la gestión y automatización de la energía	Utiliza contenido reciclado y materiales reciclables en sus productos, prolonga la vida útil del producto a través del arrendamiento y el pago por uso	Las actividades circulares ahora representan el 12 % de sus ingresos entre los años 2018 y 2020, ahorrarán 100.000 toneladas métricas de recursos primarios
6	Cambrian Innovation	Trata las aguas residuales contaminadas por procesos industriales	No solo convirtiéndolas en agua limpia, sino incluso produciendo biogás que se puede utilizar para generar energía limpia	Han tratado aproximadamente 300 millones de litros de aguas residuales.
7	Lehigh Technologies	Neumáticos, plásticos, asfalto y material de construcción	Convierte los neumáticos viejos y otros residuos de caucho en polvo de caucho micronizado, que luego se puede utilizar en una amplia variedad de aplicaciones	Ya se han fabricado 500 millones de neumáticos nuevos con sus productos. Ganaron el premio a la Economía Circular para las pymes.
8	HYLA Mobile	Reconvertir y reutilizar los dispositivos o	Reconvertir y reutilizar los dispositivos o	Se han reutilizado más de 50 millones de dispositivos. Genera 4000 millones de dólares para sus propietarios y evita

		componentes de celulares y tablets	componentes de celulares y tablets	6500 toneladas de desechos electrónicos
9	TriCiclos	Estaciones de reciclaje en América del Sur	Ha construido y operado la red más grande de estaciones de reciclaje	Desvió 33.000 toneladas métricas de material reciclable del relleno sanitario. Evitó más de 140.000 toneladas métricas de emisiones de carbono.
10	Miniwiz	La máquina Trashpresso es la máxima expresión del supraciclaje sostenible. Es una planta móvil que se puede transportar en dos contenedores a los clientes	Convierte 50 k de botellas de plástico por hora en un material de construcción de bajo costo, sin agua y usando solo energía solar.	Convierte los materiales viejos en algo nuevo. Científicos e ingenieros que se dedican a inventar más de 1000 nuevos materiales y aplicaciones sostenibles
11	AB InBev	Cerveza	Para 2025, el 100 % de sus productos se venden en envases retornables o hechos mayormente con material reciclado	También ha lanzado una bebida proteica hecha de granos usados en el proceso de elaboración de la cerveza (que anteriormente solo se revendían como alimento para animales).

Fuente: World Economic Forum (2019). Las 11 empresas que lideran la economía circular.
Elaboración propia

El común denominador de estas 11 empresas en torno al cambio de su giro de negocio, es la innovación basada en la economía circular, es decir, aplicaron la iniciativa del esquema de diagrama de materiales biológicos y técnicos, llamado el círculo de valor que plantea Ellen MacArthur Foundation (2020, párr. 2), conjuntamente con el CBMC (Circular Business Model Canvas), que consta de 11 bloques de construcción adaptados del Canvas de Osterwalder y Pigneur, de modelos de negocio como: propuestas de valor, segmentos de clientes, canales, las relaciones con los clientes, flujos de ingresos y otros adicionales que se describen al detalle más adelante (Volker y Bessouat 2021, 38).

1.3. Innovación circular

Se puede entender a la innovación como el arte de convertir las ideas y el conocimiento en productos, procesos o servicios nuevos, significativamente mejores que los existentes y, sobre todo, así sean valorados o reconocidos por el mercado, que además se traduce, en una fuente determinante de ventajas competitivas (Fernández, 2016).

Según el diagrama de materiales biológicos y técnicos de Ellen MacArthur Foundation, llamado “el círculo de valor”, existen dos grandes grupos de materiales, los finitos y los renovables. De acuerdo al ciclo que pertenezca el producto a innovar, se debe realizar el diseño, con el propósito de volverlo a utilizar, o reciclar y mantenerlo circulando el mayor tiempo posible. Lo mismo ocurre con un alimento procesado que está recubierto por un empaque o embalaje, se debe innovar en el diseño, con el propósito de optimizar la envoltura y poder reciclarla y darle un nuevo uso, para disminuir la fabricación excesiva de polímeros y demás materiales que se utilizan en la industria agroalimentaria (Fundación Ellen MacArthur 2022, párr. 3).

El objetivo de la innovación en las organizaciones es generar riqueza de manera sostenida, pero toda innovación aparte de los beneficios que genera tiene un costo, un impacto y cierto grado de riesgo de fracaso. La innovación circular en torno a los ciclos biológicos renovables se gestiona en función al tipo de desechos que se generan, ya sean producidos por el mismo ser humano, la agricultura, alimentos, proceso de producción o empaques alimentarios. En el caso particular de este estudio, se producen como resultado algunos subproductos de la cosecha del cultivo de cacao, estos residuos tienen muchas potencialidades para su aprovechamiento, entre ellos: pectina para la industria alimentaria, biopolímeros para la fabricación de empaques de alimentos y productos farmacéuticos, hasta la obtención de fertilizantes orgánicos (Fundación Ellen MacArthur 2022, párr. 4).

La trama de valor para la obtención de pectina de albedo de mazorca de cacao, está relacionada al proceso de manufactura y al producto final en sí. Es decir, la innovación debe ir enfocada tanto en el proceso y en el producto que se desea obtener, y sobre todo en el impacto que producirá en la economía circular; adicionalmente, que otros desechos se pueden generar, y si esos residuos se pueden utilizar para obtener un nuevo producto y proceso adicional, con esto los recursos recirculan y la naturaleza se regenera (Fundación Ellen MacArthur 2022, párr. 4).

La aptitud y actitud de innovación de una organización está fundamentada por la capacidad para entender y contestar al cambio constante del entorno y de su contexto, tener la capacidad de adaptarse y encontrar nuevas oportunidades, además de adquirir conocimientos y habilidades para fomentar la creatividad del personal en la organización, en conjunta colaboración con partes interesadas externas. Una herramienta normativa muy útil para el correcto desarrollo de este proyecto de innovación es, la norma ISO

56002:2019, que proporciona una guía para la gestión de la innovación en cualquier tipo de organización, ya sea pública o privada, grande o pequeña (ISO 56002:2019, vii).

Estrategias de innovación modelo de negocio Canvas Resolve

Según Volker y Bessouat (2021, 38), Lewandowski propuso una solución para abordar la necesidad de crear modelos de negocio circulares. Presentó un marco teórico llamado CBMC (Circular Business Model Canvas), que consta de 11 bloques de construcción adaptados del Canvas de Osterwalder y Pigneur como se observa en la tabla 2. Estos bloques incluyen componentes tradicionales con modificaciones menores, así como bucles de material y factores de adaptación. Al utilizar estos bloques, es posible diseñar un modelo de negocio que cumpla con los principios de la economía circular. En conclusión, el CBMC es una herramienta útil para crear modelos de negocio circulares que tratan de lo expuesto en la tabla 2.

Tabla 2
Circular Business Model Canvas (CBMC), aplicado a la optimización de residuos orgánicos de la producción del cacao, para elaborar pectina

Bloques de modelo de negocio	Descripción de bloques de negocio
Propuestas de valor	Consiste en ofrecer un producto reciclado a partir de un desecho orgánico (3 371 490 toneladas de cáscaras de mazorca al año) de la cosecha de cacao. Esto aporta valor en innovación y desarrollo de un nuevo espesante y gelificante, además, cuida el ambiente porque evita la contaminación y brinda al consumidor la oportunidad de ser partícipe activo y consciente al adquirir un producto circular y sostenible.
Segmentos de clientes	El vínculo que une al proyecto de obtención de pectina a partir de residuos de cacao, con los clientes y partes interesadas, es la propuesta de valor mediante la innovación circular y modelo de economía circular.
Canales	Que se virtualicen mediante la venta de propuesta de valor a través de canales digitales y redes sociales, para que conozcan el valor agregado del producto.
Las relaciones con los clientes	La implementación del reciclaje 2.0 implica considerar la producción de los residuos de cacao en función de las demandas del cliente, como las estrategias de marketing social y ambiental y sus relaciones con los socios de la comunidad.
Flujos de ingresos	Los ingresos pueden ser generados por la venta de chocolates y pasta de cacao. Y sobre todo deben incluir el valor de los recursos obtenidos a través del reciclaje de materiales (cáscara de mazorca de cacao).
Principales recursos	Se puede ser un proveedor que ofrezca pectina orgánica de alto rendimiento, que permita la regeneración y restauración de capital natural. Además, es preferible utilizar recursos obtenidos de sí mismos, clientes o terceros que puedan circular en bucles de material.
	El enfoque se centra en aumentar el rendimiento mediante una gestión interna eficiente, un mejor control del proceso, la actualización de equipos y la implementación de cambios

Actividades clave	tecnológicos. También se busca mejorar el diseño del producto para hacerlo más atractivo y respetuoso con el medio ambiente
Las asociaciones clave	Se deben tomar decisiones mancomunadas con los productores, socios y demás partes interesadas a lo largo de la cadena de valor y suministro para respaldar la economía circular.
Estructura de costos	El CBM refleja los cambios financieros realizados, como el valor de los incentivos para los clientes que consumen pectina reciclada de desechos. Se requiere la aplicación de criterios de evaluación y principios contables especiales para su manejo.
Sistema take-back	Se requiere desarrollar un sistema de gestión de devolución que contemple los canales y las relaciones con los clientes involucrados en dicho proceso.
Factores de adopción	Para lograr la transición hacia un modelo comercial circular, es necesario contar con diversas habilidades de innovación agroindustrial, organizacionales y factores externos que apoyen este proceso

Fuente: Volker y Bessouat (2021). Las pymes argentinas en desarrollo de economía circular. Elaboración propia

2. Marco legal

2.1. Constitución del Ecuador 2008 - biocéntrica (arts. 57, 71, 72, 83)

Concordantemente a lo referente al artículo 57 de la constitución de la República del Ecuador, “Se reconoce y garantizará a las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, de conformidad con la Constitución y con los pactos, convenios, declaraciones y demás instrumentos internacionales de derechos humanos, los siguientes derechos colectivos: Mantener, desarrollar y fortalecer libremente su identidad, sentido de pertenencia, tradiciones ancestrales y formas de organización social etc.” (EC 2008, art. 57).

De acuerdo a lo mencionado en la constitución en el artículo 71, “La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda” (EC 2008, art. 71).

Según señala la constitución en el artículo 72, “La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no

renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas” (EC 2008, art. 72).

En lo referente al artículo 83, “Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley: respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible, defender la integridad territorial del Ecuador y sus recursos naturales” (EC 2008, art. 83).

2.2. Ley de Economía circular inclusiva

La ley orgánica de economía circular inclusiva de Ecuador, es un conjunto de medidas y estrategias que promueven la reducción, reutilización, reciclaje y recuperación de materiales y recursos en la producción y consumo, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental y fomentar la sostenibilidad (EC 2021, art. 1).

La ley orgánica de economía circular inclusiva tiene como objetivo principal fomentar el uso eficiente de los recursos naturales y reducir la generación de residuos, promoviendo la transición hacia un modelo de producción y consumo más sostenible y circular. Entre sus objetivos específicos se encuentran: “Establecer los mecanismos de transición de una economía lineal a una economía circular inclusiva, definiendo sus etapas, institucionalidad, responsabilidades de los actores de la producción, de los consumidores, los sistemas de gestión inclusiva y las políticas públicas y de financiamiento”. Fomentar la prevención y reducción de residuos en todas las etapas del ciclo de vida de los productos. Impulsar el diseño y producción de productos más duraderos, reparables, reutilizables y reciclables. Promover la reutilización y el reciclaje de residuos, así como la valorización energética y material de los mismos. Establecer medidas para la gestión adecuada de residuos peligrosos y otros residuos específicos. Fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico en materia de economía circular. Sensibilizar y educar a la sociedad en la importancia de la economía circular y su contribución al desarrollo sostenible (EC 2021, art. 4).

“La Estrategia Nacional de Economía Circular Inclusiva contendrá las estrategias, acciones y metas de economía circular inclusiva destinadas a cumplir los objetivos planteados en la presente Ley, para lo cual podrá basarse en el Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador. Esta estrategia deberá ser elaborada por los Ministerios rectores de

las políticas de producción (industrial) y ambiente”, los cuales ejercerán las competencias que se otorguen en esta ley, en el marco de sus lineamientos. (EC 2021, art. 7).

2.3. Libro Blanco

De acuerdo a las estimaciones realizadas por la ONU y la Fundación Ellen MacArthur, se prevé que para el año 2050 la humanidad necesitará 3 planetas para proporcionar los recursos necesarios para cubrir el estilo de vida actual de los seres humanos, ya que por el crecimiento poblacional y el incremento del poder adquisitivo de un segmento de la población (clase media) de países emergentes como China e India, serán insuficientes los recursos naturales disponibles. Por este motivo, es urgente adoptar un modelo económico circular más sostenible en el que se eliminen los residuos y contaminación desde el diseño de los productos, para mantener a los productos y materiales en uso, y ayudar a regenerar los sistemas naturales (Fundación Ellen MacArthur 2022, párr. 5).

Con este antecedente se creó El Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador, como un documento que establece una hoja de ruta para la transición hacia un modelo económico más sostenible y circular, en el que se reduzca al mínimo el consumo de recursos naturales y se maximice la reutilización y el reciclaje de los materiales (EC Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2021, 21).

El Libro Blanco de Ecuador es fundamental porque establece los lineamientos para un cambio hacia un modo de producción más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. Este documento proporciona desde la visión del Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, junto con diversos actores tanto públicos, privados como de la sociedad civil, una herramienta que permita afrontar los desafíos y oportunidades que enfrenta el país en términos de economía circular, y presenta recomendaciones concretas para impulsar la implementación de políticas y prácticas que fomenten la circularidad en distintos sectores. Es además, un instrumento clave para avanzar hacia un desarrollo sostenible en Ecuador y contribuir a la lucha contra el cambio climático (EC Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2021, 18).

El Libro Blanco de Economía Circular en Ecuador fue elaborado por el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (MPCEIP) que ha liderado la construcción y ejecución de la hoja de ruta país hacia la Estrategia Nacional de Economía Circular, con la colaboración del Ministerio del Ambiente y otros ministerios,

instituciones públicas, empresas privadas, organizaciones no gubernamentales y sociedad civil. Entre los participantes se encuentran el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio de Salud Pública, etc. Además, se contó con la participación de expertos nacionales e internacionales en el tema de economía circular como la Unión Europea, Fundación ACRA, Cooperación Técnica Alemana (GIZ) entre otros (EC Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2021, 19).

El Libro Blanco se lo ha ideado a base de cuatro ejes fundamentales: i) Mecanismos de Políticas y Financiamiento; ii) Producción Sostenible; iii) Consumo Responsable y, iv) Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS). Estos cuatro ejes impulsan y fomentan: la ecoinnovación y el diseño circular en la industria y los productos. Promueven la gestión sostenible de los residuos, incluyendo la reducción, reutilización y reciclaje. Permiten establecer incentivos económicos para impulsar la economía circular, como impuestos y tasas diferenciadas. Además, impulsan la colaboración entre los sectores público y privado para promover la economía circular. Y finalmente, facilitan la educación y conciencia ciudadana sobre la economía circular y su importancia para el desarrollo sostenible (EC Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2021, 19).

2.4. Infraestructura de la calidad

La Ley del Sistema Ecuatoriano de Calidad establece el marco legal del Sistema de Calidad en el Ecuador y tiene como objetivo promover la sinergia y la acción coordinada entre entidades públicas y privadas para consolidar la práctica continua en todas sus etapas y en todas las zonas de producción del país. Además, la Ley de la Calidad en Ecuador es una normativa que tiene como meta fomentar y regular la calidad de los bienes y servicios ofrecidos en el país, así como impulsar la competitividad, proteger a los consumidores y preservar el medio ambiente. Adicionalmente, también “regula los principios, políticas y entidades relacionados con las actividades vinculadas con la evaluación de la conformidad, que facilite el cumplimiento de los compromisos internacionales en ésta materia” (EC 2007, art. 1)

La infraestructura de la calidad en Ecuador se refiere al conjunto de recursos, procesos y sistemas que se utilizan para garantizar la calidad de los productos y servicios en el país. Esto incluye la implementación de normas y estándares de calidad, la capacitación y certificación de profesionales en temas de calidad, la promoción de buenas

prácticas empresariales, y la creación de organismos y entidades encargadas de regular y supervisar la calidad. Como parte de la mejora continua y el manejo de los indicadores de gestión, se tienen los tres pilares fundamentales que sostienen a la infraestructura de la calidad que son: la normalización, acreditación, metrología y un pilar adicional que es la evaluación de la conformidad, como se muestra en la figura 6 (EC Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2022, 3).



Figura 6. Infraestructura de la calidad y los tres pilares que la sostienen.

De acuerdo con la ley del sistema ecuatoriano de la calidad en su artículo 26, “los organismos de evaluación de la conformidad de observancia obligatoria que operen en el país, deberán estar acreditados ante el SAE o ser designados por el MPCEIP, según corresponda, y en concordancia con los lineamientos internacionales sobre acreditación” (EC 2007, art. 26). En Ecuador, existen varias instituciones y organizaciones que se dedican a promover y fortalecer la infraestructura de la calidad. Entre ellas se encuentran: el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), que se encarga de la normalización y metrología; el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) encargado de la acreditación; y los Ministerios de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca (MPCEIP), Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Ministerio de Turismo, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario (AGROCALIDAD), Ministerio de Salud Pública, Agencia de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA), Ministerio de Transportes y Obras Públicas, Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables y la Agencia de Aseguramiento de Calidad de los Servicios de Salud y Medicina Prepagada, encargados de la evaluación de la conformidad. Consecuentemente, se busca fortalecer el vínculo

entre la infraestructura de la calidad y la economía circular mediante la generación de indicadores que permita a las organizaciones medir el rendimiento circular y controlar la transición a la circularidad (EC Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2022, 5).

El presente producto profesional se basa en uno de los pilares fundamentales de la infraestructura de la calidad, como es la normalización, a través de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-AFNOR XP X30-901 de Economía Circular, que sirve como marco de referencia y como eje fundamental para el desarrollo del presente estudio. En los capítulos anteriores y en los subsecuentes se realiza un análisis general de los modelos de innovación circular, del marco normativo, del impacto de la economía circular en la agroindustria y la aplicación del estudio a la economía circular. Sin embargo, en el capítulo de marco normativo, específicamente en la norma NTE INEN-AFNOR XP X30-901, se detalla por qué se decidió escoger dicha norma como guía de referencia para el desarrollo del estudio pectina de albedo de la mazorca de cacao como subproducto del proceso de cosecha: una propuesta práctica de economía circular.

3. Marco normativo

3.1. Familia ISO 59000

La Organización Internacional de Normalización (ISO), a través del comité técnico ISO/TC323 conformado en el año 2018, está en proceso de desarrollo de una nueva familia de estándares llamada ISO 59000 que pretende brindar orientación sobre la implementación de los principios de la economía circular en las organizaciones. Los primeros borradores, resultado de una evaluación técnica exhaustiva, se encuentran en periodo de consenso y votación. (ISO 59000, iv).

Una herramienta normativa muy útil para el correcto desarrollo de este proyecto de innovación sería, la norma ISO 56002:2019, que proporciona una guía para la gestión de la innovación en cualquier tipo de organización, ya sea pública o privada, grande o pequeña. Su implementación puede ayudar a mejorar la eficiencia, la efectividad y la competitividad de la empresa (ISO 56002:2019, vii).

Al igual que las demás normas, ISO 56002:2019 fundamenta su estructura en el ciclo de Deming, comprendido por el PHVA, que es planificar, hacer, verificar y actuar. Ya que tiene el mismo organigrama de contexto de la organización, liderazgo, planificación, apoyo, operación, evaluación del desempeño y mejora. Esto permite

articular estrategias conjuntas basadas en producción circular, es decir mediante el nexo que existe entre innovación -ISO 56002:2019- y economía circular -ISO 59000:2023-, esto facilita la búsqueda de oportunidades para crear valor a partir de materia prima convertida en desecho, mediante una gestión adecuada a través de la optimización de residuos orgánicos. Las herramientas de innovación planteadas en la norma, sirven como lineamiento para formular proyectos potenciales de innovación circular (ISO 56002:2019, vii).

La meta principal es que la Economía Circular tenga un marco de estandarización en el cual se incluyan requisitos, herramientas y guías de apoyo que sirvan de lineamiento para la implementación de actividades de las organizaciones que participen, y que a su vez permitan maximizar el aporte al desarrollo sostenible, priorizando dentro de este comité los aspectos de economía circular que aún no han sido cubiertos. Los siguientes borradores, al momento de esta investigación, se encuentran en proceso de elaboración:

ISO 59004: Economía Circular “Terminología, principios y orientación para la implementación”. Actúa de manera colectiva o individual, indistintamente de su tamaño o tipo, está orientada para organizaciones públicas o privadas que estén ubicadas en diferentes jurisdicciones o lugares de una cadena de valor en específico como se muestra en la figura 7 (ISO 59000, iv).

ISO 59010: Economía Circular “Directrices sobre la transición de modelos de negocio y redes de valor”. Independientemente del sector, región o tamaño al que está alineada la organización, o los productos o servicios que ofrezca, es aplicable la norma (ISO 59000, iv).

ISO 59020: Economía Circular “Medición y evaluación de la circularidad”. La finalidad de la norma es facilitar la recopilación de información a las organizaciones para propiciar prácticas económicas circulares que reduzcan el uso de recursos o que impulsen la reutilización o reciclaje de los mismos, mediante un lineamiento que marque la pauta para determinar la eficacia de las acciones circulares que ejecutan las organizaciones privadas o públicas (ISO 59000, iv).

A la fecha actual, la serie de normas ISO 59000 sobre Economía Circular se encuentra en desarrollo activo. Por este motivo, se escogió para el desarrollo de este estudio a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-AFNOR XP X30-901, basada en la norma francesa AFNOR XP X30-901:2018, cuya estructura se basa en el ciclo PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar) de mejora continua que siguen las normas ISO (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2019, i).



Figura 7. Resumen de la norma ISO 59000
Fuente: ISO www.iso.org

3.2. NTE INEN-AFNOR XP X30-901

El objetivo y campo de aplicación de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-AFNOR XP X30-901 de Economía Circular, es definir los lineamientos más relevantes para un proyecto que incluye sistemas integrados de gestión, y que pretende ser implementado por una organización, con la perspectiva de mejorar su funcionamiento económico, ambiental y social desde un enfoque de circularidad para el desarrollo productivo (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2019, 1).

Esta normativa es aplicable a todo tipo, tamaño y naturaleza de organización, y permite alcanzar, cuestionar y definir a una organización los objetivos que se han planteado para obtener un proyecto de éxito. Todo esto contribuye tanto para las partes interesadas como para la organización un valor adicional (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2019, 1).

Cualquier pretensión de mejora efectuada por una organización, se cataloga e identifica por la norma como proyecto, con el propósito de hacer crecer su rubro por partes o de forma completa, hacia un modelo más eficiente y eficaz, al mismo tiempo usa sus recursos para reducir el impacto ambiental de sus actividades e incrementa el bienestar colectivo de los integrantes de la empresa (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2019, 1).

La organización define los servicios, actividades o productos que vayan acorde al proyecto y que tenga los recursos suficientes para llevarlos a cabo. Es aplicable la norma

a cualquier tipo de proyecto, como el desarrollo de una estrategia, la creación o cambio de un proceso de adquisición o la oferta de un producto o servicio nuevo, pero sobre todo está enfocada a organizaciones que gestionen los proyectos de manera sistémica (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2019, 1).

Establece las diferentes etapas que las organizaciones deben seguir, con el objetivo de garantizar que su proyecto aporte de manera integral a una transición del modelo lineal tradicional hacia una economía circular. Para facilitar este proceso de cambio, se formulan recomendaciones y requisitos que propician la planificación, implementación, medición y gestión de proyectos acoplado un enfoque abierto y sistémico (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2019, 1).

La estructura de la norma tiene la misma base del ciclo PHVA, planificar, hacer, verificar y actuar. Es decir, tiene la distribución: contexto de la organización, liderazgo, planificación, apoyo, operación, evaluación del desempeño y mejora. Dentro del contexto de la organización los propósitos de la economía circular siguen las tres dimensiones de desarrollo sostenible que son: ambiental, económica y social como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3
Propósitos de la economía circular siguiendo las tres dimensiones del desarrollo sostenible

Dimensiones	Ejemplos
Ambiental: Disminuir el impacto ambiental	Preservar los recursos naturales Preservar los espacios naturales y salvaguardar la biodiversidad Reducir la emisión de contaminantes Reducir la emisión de gases de efecto invernadero Preservar la calidad del agua y de los suelos
Económica: Aumentar la eficacia en el uso de los recursos	Reducir los gastos operativos (ahorro de energía, disminución del uso de consumibles, reducción de residuos, etc.) Optimizar y compartir las inversiones Desarrollar una nueva actividad (ofrecer nuevos servicios, desarrollar su clientela, etc.) Asegurarse la disponibilidad de los insumos a largo plazo
Social: Mejorar el bienestar de las partes interesadas internas y externas	Generar alianzas Generar empleo local Mejorar las condiciones de trabajo (Preservar la salud de las personas requeridas en la producción y creación de bienes y servicios) Involucrar a los beneficiarios y consumidores en métodos responsables de producción y consumo

Fuente y elaboración: NTE INEN-AFNOR XP X30-901

Según indica la norma NTE INEN-AFNOR XP X30-901 (2019, 8), los campos de acción de la economía circular “deben determinarse dentro de un enfoque holístico y

debe revisar los 7 campos de acción potenciales para cada etapa del proceso de mejora continua”:

- Abastecimiento sostenible
- Ecodiseño
- Simbiosis industrial
- Economía de la funcionalidad
- Consumo responsable
- Extensión de la vida útil
- Gestión eficaz de los materiales o productos al final de su vida útil

Abastecimiento sostenible

“El abastecimiento sostenible implica tomar en cuenta los impactos ambientales y sociales del ciclo de producción de los recursos sean estos renovables o no, necesarios para el proceso de producción de un bien o un servicio. Este campo de acción puede afectar los procesos de extracción y de explotación de recursos naturales, de adquisición de componentes necesarios en un proceso de producción de bienes o servicios o de reemplazo de materias primas no renovables por materiales renovables, o materias primas secundarias (MPS), o de reciclaje (MPR)” (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2019, 8).

Simbiosis industrial

“La simbiosis industrial se expresa en la asociación o la interrelación de diferentes fases de producción de varios procesos de fabricación de bienes o servicios específicos, buscando una gestión compartida de ciertas funciones, bienes, inventarios, flujos de materiales y de energía, con el fin de optimizarlos. Este campo puede referirse a las sinergias de sustitución establecidas entre varios actores económicos para optimizar el uso de los recursos, los desechos de los unos pueden convertirse, por ejemplo, en materias primas para los otros. También puede referirse a las sinergias de colaboración mutua de los flujos de materiales, energía, agua, infraestructuras, bienes o incluso servicios con el fin de optimizar el uso de los recursos. La proximidad geográfica puede ser un elemento determinante de las interrelaciones o asociaciones para la implementación de la simbiosis industrial territorial o de la ecología industrial y territorial. Los procedimientos de ecología industrial y territorial son procedimientos voluntarios y colectivos, que reúnen a una diversidad de actores públicos o privados que buscan optimizar los recursos mientras

favorecen el anclaje de las actividades y el empleo en los territorios” (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2019, 9).

Gestión eficaz de materiales o productos al final de su vida útil

“La gestión eficaz de los materiales o productos al final de su vida útil se manifiesta en la transformación, incluyendo el reciclaje, de los residuos posteriores al consumo, en sustancias, materiales o productos con el fin de satisfacer su función inicial o para otros fines. Este campo incluye todas las técnicas de transformación de los residuos después de la recolección, con el objetivo de reintroducirlos en su totalidad o parcialmente en un ciclo de producción, incluyendo los desechos orgánicos. Se incluyen también los productos asociados con servicios” (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2019, 11).

El producto profesional de obtención de pectina a partir de la cáscara de mazorca de cacao como subproducto del proceso de cosecha: una propuesta práctica de economía circular, se enmarca dentro de los campos de acción: abastecimiento sostenible, gestión eficaz de materiales o productos al final de su vida útil y simbiosis industrial. Como se mencionó anteriormente, la simbiosis industrial es un término que detalla el concepto de cooperación entre industrias para compartir recursos y disminuir el desperdicio, además, se fundamenta en la premisa de que los residuos de una industria pueden utilizarse como materia prima para otra industria, instaurando un sistema más eficiente y sostenible. De todos los modelos de economía circular analizados en el presente marco de referencia, se utilizará y se desarrollará el proyecto con base en la presente norma debido a su estructura de mejora continua –PHVA- y su facilidad para vincularlo a los sistemas integrados de gestión (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2019, 28).

3.3. Norma inglesa

La norma inglesa BS 8001:2017 de economía circular es un conjunto de principios y requisitos que buscan promover la eficiencia en el uso de los recursos y la reducción de residuos a través de la implementación de prácticas sostenibles en las empresas y organizaciones (BS 8001 2017, 4).

La norma inglesa de economía circular se basa en los principios mostrados en la tabla 4.

Tabla 4
Principios de la norma inglesa BS 8001:2017

Principios	Descripción
Diseño para la economía circular	Los productos deben ser diseñados para durar más tiempo, ser reparables y reciclables al final de su vida útil
Residuos cero	Se debe minimizar la cantidad de residuos generados y maximizar su reutilización, reciclaje o recuperación.
Economía de recursos	Los recursos deben ser utilizados de manera eficiente y sostenible, reduciendo la extracción de materias primas y fomentando el uso de materiales renovables.
Energía renovable	Se debe fomentar el uso de energía renovable y reducir la dependencia de los combustibles fósiles
Colaboración y compromiso	Se requiere una colaboración entre los diferentes actores del sistema para lograr una economía circular sostenible y comprometida con el medio ambiente

Fuente: Norma inglesa BS 8001 (2017).

Elaboración propia

La implementación de esta norma de economía circular en una empresa puede ser un proceso complejo, pero existen algunas medidas que se pueden tomar para lograrlo. Algunas de estas medidas están expuestas en la tabla 5, en las que se describen los procesos inherentes a la organización, los desechos que se generan en cada subproceso, los objetivos, la innovación y la capacitación que se debe brindar al personal de cada área estratégica (BS 8001 2017, 5).

Tabla 5
Medidas a considerar para implementar la norma inglesa BS 8001:2017

Medidas a considerar	Descripción
Realizar un análisis de los procesos de la empresa	Es importante conocer los procesos de la empresa para determinar qué áreas pueden ser mejoradas y cuáles son las oportunidades para implementar la economía circular.
Identificar los residuos	Es fundamental conocer, cuantificar y clasificar los residuos que se generan en la empresa para poder buscar alternativas de reutilización, reciclaje o valorización.
Establecer objetivos y metas	Es necesario establecer objetivos smart y metas claras para la implementación de la economía circular en la empresa, para poder medir el progreso y el impacto de las acciones tomadas.
Buscar soluciones innovadoras	Es importante buscar soluciones innovadoras para la gestión de residuos y materiales, como el uso de materiales biodegradables o la implementación de sistemas de reciclaje avanzados
Capacitar al personal	Es fundamental capacitar al personal de la empresa y generar toma de conciencia, para que puedan entender la importancia de la economía circular y cómo se puede contribuir a su implementación.

Fuente: Norma inglesa BS 8001 (2017).

Elaboración propia

La implementación de la norma inglesa de economía circular en una empresa requiere un compromiso a largo plazo y un enfoque innovador para la gestión de residuos

y materiales. Implementar la norma inglesa puede proporcionar varios beneficios, entre ellos:

Reducción de residuos: La economía circular se enfoca en reducir la cantidad de residuos generados por las actividades humanas. Al implementar la norma, se promueve el uso eficiente de los recursos y se reduce la cantidad de residuos que se generan (BS 8001 2017, 5).

Ahorro de recursos: La economía circular busca maximizar el uso de los recursos disponibles, reduciendo su desperdicio y promoviendo su reutilización. Al implementar la norma, se busca ahorrar recursos y reducir el impacto ambiental (BS 8001 2017, 5).

Innovación: La economía circular fomenta la innovación en el diseño de productos y procesos, lo que puede llevar a la creación de productos más sostenibles y eficientes (BS 8001 2017, 5).

Competitividad: La implementación de la norma puede mejorar la competitividad de las empresas al reducir sus costos y mejorar su reputación ambiental. En conclusión, la implementación de la norma inglesa de economía circular puede proporcionar beneficios ambientales, económicos y de innovación (BS 8001 2017, 5).

Existen otras normas similares en otros países. Algunos ejemplos son: Norma Europea EN 45545:2013 sobre economía circular en la industria ferroviaria. Norma ISO 14001:2015 sobre gestión ambiental, que incluye principios de economía circular. Norma japonesa JIS Q 14001:2015 sobre sistemas de gestión ambiental, que también incluye principios de economía circular. Es importante destacar que cada país puede tener sus propias normas y regulaciones en materia de economía circular (BS 8001 2017, 5).

4. Impacto de la economía circular en la agroindustria

Para discutir los beneficios y desventajas de la economía circular en el campo de estudio, y con el objetivo de asegurar un crecimiento sostenible, inteligente y ecológico en América Latina y el resto del mundo, que nos conduzca a una economía verde, más amigable con el medio ambiente y circular, se deben realizar mayores esfuerzos para reorientar el uso de los recursos naturales, optimizándolos, con la finalidad de generar crecimiento económico y evitar impactos negativos sobre el ecosistema. La agroindustria enfrenta el enorme desafío de satisfacer las necesidades de millones de consumidores sin comprometer la calidad y la seguridad de los alimentos, así como la salud humana y una nutrición adecuada (Cerantola y Ortiz 2018, 44).

Tienen la responsabilidad las empresas del sector agroindustrial, además de la capacidad y el compromiso de orientar todas las cadenas productivas y de valor hacia una gestión más sostenible, basada en modelos de producción circular, donde el desarrollo de nuevas estrategias esté basado en la optimización de procesos durante la manufactura de productos. Además, al introducir procesos innovadores más eficientes se pueden reutilizar recursos y lograr una buena gestión de residuos integrando modelos de producción circulares, lo que se traduce en un ahorro de costes para las empresas, y supone una reducción de inversión en la compra de materias primas y energía, ya que promueve una mejor gestión y uso de los recursos (Cerantola y Ortiz 2018, 56).

El mayor reto en el ámbito de los residuos es el reciclaje y la valorización energética, que significa utilizar biomasa para obtener energía, mediante el aprovechamiento de subproductos, lo que implica la obtención de nuevos bienes a partir de materia orgánica de desperdicio. Al utilizar un enfoque circular, la empresa está mejor posicionada que sus competidores en términos de imagen de marca y reputación, lo que a su vez aumenta la demanda de sus productos e incrementa sus ingresos (Cerantola y Ortiz 2018, 57).

El efecto positivo de la economía circular en la agroindustria tiene muchos beneficios en la cadena agroproductiva, genera a su vez varias estrategias aplicables al sector agroalimentario, mediante la gestión de la materia orgánica, agua y la energía para su aprovechamiento u otro tipo de reutilización, así como la sustitución de los combustibles fósiles por biocombustibles según menciona Cerantola y Ortiz (2018, 57), que además describe las posibles aplicaciones de esta práctica circular:

- Producir biodiesel a través de aceites vegetales saturados de la fritura de alimentos y generar biogás a partir de aguas residuales de proceso
- Compostar la materia orgánica para obtener fertilizante para uso agrícola
- Facilita el precalentamiento de agua a partir del aprovechamiento del calor residual producto de la preparación alimentaria
- Generar redes de calor/frío con paja o pasto seco para alimentar de calor los hornos de los calderos
- Obtener provecho del agua de limpieza de los envases de bebidas para el regadío de cultivos y refrigeración de maquinaria (Cerantola y Ortiz 2018, 57).

Existen varios efectos beneficiosos de la economía circular sobre la agroindustria, que incluyen la producción de alimentos más limpia, la optimización de los envases y el diseño de los envases (ecodiseño), lo que promueve el uso de menos materiales y, por tanto, un menor impacto ambiental. También facilita el desarrollo de nuevos productos alimenticios utilizando subproductos como el albedo de mazorca de cacao para la industria agroalimentaria. Adicionalmente promueve la economía colaborativa y reduce las pérdidas y el desperdicio en toda la cadena alimentaria a través de estrategias como (Cerantola y Ortiz 2018, 57):

- Uso de subproductos procedentes de la agroindustria, mediante asignación de materia orgánica con contenido nutricional para alimentación de ganado.
- A través de la aplicación del ecodiseño, racionalizar el consumo de recursos en la agroindustria y en la logística de los productos.
- Se puede utilizar los residuos de los recortes de cartón para nuevos envases y empaques alimentarios
- Para la piscicultura y acuicultura implementar ciclos de producción eficiente y autosuficiente.
- Con el objetivo de facilitar el reciclaje posterior se deben utilizar envases biodegradables para productos alimenticios no completamente consumibles como los granos o el café
- Optimizar los subproductos agroalimentarios para la obtención de biopolímeros para envases.
- Innovar e implementar nuevos eco tipos de producto alimentario a partir de subproductos orgánicos, como el mucílago de cacao para elaboración de alcohol, herbicidas, mermeladas o helados, también el aprovechamiento del albedo de la cáscara de cacao para elaboración de pectina y otros procesados para la industria, que permitan desarrollar nuevos productos a partir de residuos agroindustriales que generen un bajo impacto ambiental.
- Diversificar las fuentes de ingresos y ampliar la oferta aparte del producto tradicional (como el chocolate en el caso del cacao) mediante el uso de los subproductos orgánicos en otros ámbitos de la industria, como en manufactura farmacéutica, alimentación animal, en producción de fertilizantes y cosmética.
- Recuperar las hortalizas, frutas y verduras para combatir el desperdicio de alimentos.

- El uso compartido de recursos junto con la reventa de bienes y equipos a otras empresas del sector
- La mejora de procesos mediante la investigación e innovación, conjuntamente con la concientización del consumidor y el aprovechamiento de subproductos
- Generar sistemas de recolección de alimentos para su aprovechamiento antes de que se desperdicien o caduquen (Cerantola y Ortiz 2018, 57).

5. Economía circular en el agro y agroindustria ecuatoriana

El sector agrícola es de mucha importancia estratégica para el desarrollo del Ecuador. Esta área de producción incluye la ganadería y la agricultura, donde esta última se define como la producción, procesamiento, comercialización, distribución y venta de productos frescos provenientes del agro y que también cuentan con valor agregado. Por otro lado, se tiene la ganadería relacionada con el sector pecuario (crianza de animales). La agricultura en Ecuador es estratégica en el contexto social económico y empresarial ya que representa el 8 % de las contribuciones del PIB local, además genera el 28.6 % del trabajo para las familias del país, y sobre todo garantiza la soberanía alimentaria (ENEMDU 2019, 23). La agroindustria está en función del ámbito agrícola y agropecuario con transporte y encadenamientos hacia atrás, importaciones e insumos locales, y hacia adelante con agroindustria, alimentos y exportaciones que la ubica en uno de los puestos principales sobre el que se desempeña la economía nacional (EC Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2021, 89).

Actualmente, la producción agrícola tiene un impacto significativo en el medio ambiente debido a la ampliación de los límites agrícolas y el aumento de la contaminación como consecuencia de la creciente demanda de alimentos, en el campo, hay cada vez menos tierras aptas para el cultivo. Todos estos aspectos tienen consecuencias sociales y económicas, principalmente para las zonas rurales y los agricultores. La transición de la agricultura tradicional a la agricultura de economía circular (EC) es posible mediante la producción regenerativa, el uso de materiales orgánicos procedentes de residuos, el compostaje y la fermentación o digestión anaeróbica. Para estimular los sistemas regenerativos naturales, se necesita una EC alimentaria para reducir desperdicios y pérdidas a lo largo de la cadena de producción agrícola, lo cual es una gran oportunidad para cerrar el ciclo de producción y utilizar cada vez más los subproductos de los alimentos y materias primas consumidos (EC Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2021, 89).

Para proporcionar a la población suficientes verduras y frutas, Ecuador tiene una vasta capacidad de producción. El margen de capacidad productiva es tres veces el mínimo requerido, sin embargo, el suministro de víveres sigue siendo insuficiente, a pesar de que se ha triplicado la capacidad de producción de alimentos básicos para satisfacer las necesidades básicas de la población. Por este motivo es primordial poner en práctica la economía circular para optimizar los residuos y evitar consumir otros recursos fundamentales para la nutrición de los individuos (FAO et al. 2020, 42).

En Ecuador, una mayor regeneración de la tierra se ve promovida a través de la economía circular, con esto se busca reducir la codependencia de insumos extranjeros mediante el desarrollo de sistemas de producción regenerativos, que incentivan la producción de bioelementos de ciclo corto a través de la generación de biogás o compost. La cantidad total de residuos agroindustriales en el Ecuador en 2017 fue de 2,2 millones de toneladas, y se estima que los residuos orgánicos pueden generar 704 960 toneladas de reguladores orgánicos (Riera et al, 2018, 1).

Además, en el país se registraron 11 724,12 Gg de dióxido de carbono equivalente (1 Gg CO₂ = 1000 toneladas de CO₂), lo que representó el 65,57 % del total de las emisiones de metano en 2012, que se produjeron principalmente en el sector agrícola. De estos gases totales, las emisiones de gas metano más significativas del sector agrícola provienen de la categoría de emisiones del sector de fermentación entérica, representando el 82,74 %, lo que generaría una cantidad importante de gas metano que podría usarse para energía si se utilizaran bioreactores o biopilas (MAAE 2016, 12).

Se estima que la electricidad total obtenida al año por persona a partir de estiércol de cerdo y vaca es de 772,30 kWh, excluyendo los residuos de la agricultura ecológica. En comparación con la energía per cápita del Ecuador (1 143 kWh/habitante), se concluyó que el método de generación de electricidad con microorganismos anaeróbicos, se puede ahorrar hasta un 68 % del consumo de energía per cápita (EC Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2021, 93).

Para que la economía manufacturera tenga un cambio profundo, se deben desarrollar métodos para caracterizar y cuantificar los desechos y subproductos agrícolas, centrándose en los productos más rentables producidos en el país, a un nivel que permita la clasificación de la producción de biomateriales de alta calidad u otros subproductos relevantes para la investigación, el desarrollo y la innovación en un contexto agroeconómico (EC Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2021, 94).

Además de la asistencia técnica para la introducción de métodos de procesamiento de residuos agrícolas (bioles, compostaje, bokashi, etc.), se deben desarrollar programas de capacitación para pequeños y medianos agricultores sobre mejoramiento de suelos, fertilización y protección fitosanitaria integrada. Se deben gestionar programas adecuados de inversión en innovación mediante la investigación de tecnologías y procesos para convertir los desechos orgánicos en componentes con alto valor agregado, como el albedo de la cáscara de cacao para la producción de pectina, biopolímeros y bioempaques, o el mucílago del cacao para la producción de alcohol o herbicidas, etc. (EC Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2021, 94).

De acuerdo a datos del Libro Blanco de Economía Circular del Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca (2021, 94), las principales industrias agroprocesadoras del Ecuador con ventas en miles de dólares en la clasificación CIU 4.0 referente a “Producción de alimentos” son: Producción de pescado, elaboración y conservación de crustáceos y moluscos, producción y conservación de carne, producción de piensos preparados para animales y producción de cacao y elaboración de ciertos derivados (FAO 2020, párr. 3).

Por las razones mencionadas anteriormente, es fundamental desarrollar una política nacional que, con las medidas propuestas por el Ministerio de la Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca de Ecuador (2021, 96), permita crear estrategias que impulsen la implementación de este modelo económico, basado en la circularidad y la optimización de recursos como las planteadas a continuación:

- Análisis e identificación de residuos agroindustriales para su reciclaje y uso potencial como materias primas de la cosecha de cacao para la industria de alimentos (por ejemplo, albedo de cascara de cacao, que puede usarse en diversos campos), como texturizantes, espesantes, gelificantes, precursores de bioplásticos etc. tomando en cuenta los volúmenes de producción, costos de transporte, ubicación geográfica, demanda potencial y procesamiento.
- Incremento del uso de subproductos como huesos, sangre, menudencias, pelos, uñas y animales muertos en buen estado para producir premezclas para alimentación animal y suplementos nutricionales.
- Facilitar la comunicación continua entre compradores y ofertantes de residuos y subproductos potencialmente reciclables.

- Aprobación, facilitación y simplificación de los procedimientos de notificación sanitaria para la recepción y logística de residuos (envases y embalajes) para su reutilización o reciclaje.
- Desarrollar un marco metodológico para evaluar la economía circular, incluyendo índices relacionados con la agricultura y la industria alimentaria, diseñando indicadores específicos para un conjunto de productos (cacao, arroz, atún, palma, papa, plátano, caña de azúcar, camarón) según la demanda de manufactura del cultivo.
- Formula una base de datos que permite la visualización transparente del desempeño de la empresa, accesible al público, e incluye a todos los partidarios del esquema de acreditación del acuerdo de producción más limpia (APL) (EC Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2021, 96).

6. Aplicación de la economía circular al estudio

Una desventaja de la EC en el contexto cacaotero del país, y un punto importante a tomar en cuenta en este estudio, es la falta de desarrollo tecnológico de la industria cacaotera en el Ecuador, debido a la insuficiente capacitación y transferencia de tecnología. También se evidencia un limitado conocimiento técnico sobre la implementación de la economía circular y los beneficios que ofrece a los productores encuestados por Guayza Carpio (2021, 1), pues el 66 % de los agricultores afirma no conocer ninguna aplicación tecnológica que pueda agregar valor a los residuos de albedo de mazorca de cacao generados en parcelas de la provincia de Los Ríos. El 34 % restante de los agricultores tiene escaso conocimiento, y no implementa ningún proceso que agregue valor adicional debido a problemas con las tradiciones de producción, ya que las técnicas transmitidas de generación en generación todavía se utilizan, pero no crean una ventaja competitiva. Algunas de las principales razones por las que los agricultores no quieren correr riesgos con el procesamiento y comercialización de los subproductos del cacao, son la falta de visión empresarial, el bajo conocimiento y finalmente los reducidos recursos y motivación financiera (Guayza Carpio 2021, 1).

Algunos productores ejecutan de forma incipiente modernas prácticas, y utilizan diversos subproductos del cacao como cáscara de mazorca, mucílago y testa de semillas. En el caso específico de la cáscara de mazorca, luego de la cosecha de cacao se produce contaminación que es causada por el desperdicio de las cáscaras, que representan el 300 %

del peso del cacao fresco en mucílago. Cabe mencionar que las mazorcas de cacao contienen gran cantidad de nutrientes como polifenoles y fibra, además de macronutrientes como potasio (K) y fósforo (P), de cierta manera estas sustancias también se desperdician en el suelo, sin embargo este subproducto ayuda a mantener la humedad y equilibrar los nutrientes del suelo, pero en las magnitudes desechadas implica un riesgo potencial de enfermedad y contaminación por los gases de efecto invernadero que se producen cuando se descomponen (Nogales 2017, párr. 3).

Según el INEC (2023, 22), la producción de cacao de Ecuador en 2022 fue de 337 149 toneladas anuales. Si se considera la proporción de producción de mazorcas frescas, respecto a los granos secos, es de 10:1, por lo que se puede concluir que el sector cacaotero del país produjo en promedio 3 371 490 toneladas de cáscaras al año, las cuales se desperdiciaron en el periodo de tiempo señalado. Esto significa que se dispone de una gran cantidad de materias primas para la producción de pectina o biopolímeros para empaques, las cuales pueden ser utilizadas como insumo en la industria alimentaria o farmacéutica a nivel local y para exportación, crea recursos para el país, evita la contaminación del ecosistema, y adicionalmente promueve la innovación e impulsa la economía circular (Barazarte et al. 2008, 64).

La aplicación del estudio a la economía circular es amplia y variada, como se analizó en el párrafo anterior, la cantidad de 3 371 490 toneladas de cáscaras al año que se desperdician según lo mencionado por el INEC (2023, 22) y Barazarte et al. (2008, 64), demuestra que esta materia orgánica está disponible para ser utilizada en distintos proyectos de innovación, como el caso de la metanización de la biomasa residual de dos variedades de cacao para la producción de biogás, con alto contenido en metano y con alto aprovechamiento energético, y en un residuo final que reúne condiciones para poder ser utilizado como mejorador del suelo y biofertilizante (Méndez et al. 2021, 168).

Por otro lado, también se puede orientar la aplicación de los desechos de las cáscaras de cacao hacia la fabricación de biopolímeros para producir bioempaques tanto para el sector alimentario como al farmacéutico, esto significa desarrollar biocápsulas, recubrimientos, bioplásticos para embalajes y demás aplicaciones. Sin embargo, el estudio de aplicación de economía circular que se escogió fue el uso del albedo de la mazorca de cacao para producir pectina para la industria de alimentos, la cual tiene usos como espesante, texturizante, gelificante y emulsificante (Barazarte et al. 2008, 65).

Finalmente, el producto profesional que se plantea se enfoca en el desarrollo y creación de una línea base, para la aplicación de la economía circular vinculada al

aprovechamiento de residuos procedentes de la cosecha del cacao, específicamente a la gestión de las cáscaras de mazorca de cacao -que se generaron en el año 2022-, a través del uso de la norma NTE INEN-AFNOR XP X30-901 como marco normativo guía y sus campos de acción: abastecimiento sostenible, simbiosis industrial y gestión eficaz de los materiales o productos al final de su vida útil.

7. Producción y consumo responsable basado en el ODS 12

Los ODS, u Objetivos de Desarrollo Sostenible, son 17 metas aprobadas por la ONU en 2015 para acabar con la pobreza, proteger el planeta y garantizar la prosperidad para todos. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible son una guía para los esfuerzos globales hacia un futuro más justo, más equitativo y sostenible como se indica en la figura 8 (Naciones Unidas 2023, párr. 2).



Figura 8. Objetivos de desarrollo sostenible de la ONU, Naciones Unidas 2023.

El ODS 12 se refiere al duodécimo objetivo para el desarrollo sostenible en la Agenda 2030 de la ONU. Este objetivo tiene como propósito garantizar patrones de producción y consumo sostenibles, aumentar la eficiencia de los recursos y reducir los residuos. Alcanzar el ODS 12 ayuda a reducir la contaminación, incrementa la eficiencia energética, reduce el desperdicio de recursos y promueve prácticas comerciales responsables. Además, el cumplimiento del ODS 12 ayuda a crear empleos verdes y promover la innovación y la competitividad en las empresas (Naciones Unidas 2023, párr. 7).

8. Matriz de planificación 5W2H como línea base para la implementación del proyecto

La matriz de planificación 5W2H es una herramienta de gestión que se utiliza para elaborar un plan de acción de forma sistemática y estructurada. Esta metodología se basa en responder siete preguntas fundamentales: What (Qué), Why (Por qué), Where (Dónde), When (Cuándo), Who (Quién), How (Cómo) y How much (Cuánto). Su aplicación es simple y puede realizarse individualmente o en grupo (Peinado 2007, 20)

La importancia de la matriz 5W2H radica en su capacidad para optimizar la planificación de principio a fin, ya sea para grandes proyectos o tareas diarias. Al utilizar esta herramienta, se logra una mejor comunicación, una mayor productividad, y se reducen los retrasos en la entrega de proyectos. Además, ayuda en la planificación del presupuesto al mapear todos los gastos de un plan, evitando pérdidas. En el contexto corporativo, la 5W2H es fundamental para la planificación estratégica, táctica y operativa, promoviendo la sinergia entre los miembros del equipo, ahorrando tiempo y recursos, y contribuyendo a una cultura organizacional centrada en la colaboración y la efectividad (Peinado 2007, 21).

En conclusión, la matriz 5W2H es una herramienta poderosa que facilita la organización de cualquier actividad, ya sea en empresas, proyectos o a nivel personal, permitiendo una planificación estructurada y sistemática, eliminando dudas y garantizando que todos los involucrados comprendan sus responsabilidades (Peinado 2007, 22).

Capítulo segundo

Sector cacaoero del Ecuador

El objetivo de la ciencia no debe ser conquistar la naturaleza, sino poder vivir en armonía con ella.
(Barry Commoner 1971)

1. Metodología de la investigación

En la elaboración de este producto profesional, se empleó el método cuantitativo-deductivo, con un enfoque centrado en el análisis exploratorio, descriptivo y bibliográfico, sin realizar experimentos (Cobeña et al. 2013, 141). Se llevó a cabo una evaluación de diversas características de la situación específica planteada, lo que implicó una observación sistemática de la economía circular y la recopilación de información para su posterior uso (Cobeña et al. 2013, 133). Se realizó un análisis del marco teórico, normativo, legal, impacto de la EC en la agroindustria y la aplicación de la economía circular al estudio, para definir cuál es el modelo que mejor se ajusta al estudio de aprovechamiento de los residuos del cacao (Cobeña et al. 2013, 138)

Se analizó los modelos de economía circular –Circular Business Model Canvas (CBMC); el esquema de diagrama de materiales biológicos y técnicos, llamado el círculo de valor de Ellen MacArthur Foundation; la Familia ISO 59000; la norma inglesa BS 8001:2017 y finalmente la norma NTE INEN-AFNOR XP X30-90- y se escogió a la norma NTE INEN-AFNOR como base del estudio para la aplicación de la EC ligada a los residuos de la cáscara de mazorca de cacao. Específicamente se eligió de entre los 7 campos de acción de economía circular de la norma NTE INEN-AFNOR XP X30-90, el abastecimiento sostenible, la simbiosis industrial y finalmente la gestión eficaz de los materiales o productos al final de su vida útil.

Se optó por esta norma, por su estructura del ciclo PHVA -planificar, hacer, verificar y actuar- inherente a la mejora continua y por su facilidad para vincularla a los sistemas integrados de gestión (calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional) y principalmente por el campo de acción de simbiosis industrial, que establece el concepto de cooperación entre industrias para compartir recursos y disminuir el desperdicio, el cual se fundamenta en la premisa de que los residuos de una industria pueden utilizarse

como materia prima para otra industria, instaurando un sistema más eficiente y sostenible (NTE INEN-AFNOR XP X30-901 2019, 9).

Se recolectó información de fuentes primarias y secundarias para tener insumos técnicos y teóricos, para interpretar significados y proponer una línea base para la implementación del proyecto circular, como resultado de este producto profesional con un enfoque de valor circular, considerando estrategias de innovación circulares (simbiosis industrial). La información para el análisis del proyecto se obtuvo de estadísticas oficiales, tesis, investigaciones aplicadas, artículos académicos, libros, revistas científicas, normas y publicaciones indexadas, constituidas por la literatura académica relacionada con la economía circular, innovación, producción de cacao, responsabilidad social y la aplicación de los sistemas integrados de gestión (Cobeña et al. 2013, 138).

2. Producción

Se ha convertido Ecuador en el mayor exportador de cacao aromático de alta calidad y sabor del mundo, gracias a sus ventajas comparativas como ubicación geográfica y condiciones climáticas especiales para la producción de este cultivo (León 2016, 47). Según datos del INEC recopilados del año 2022 y publicados en el año 2023, se puede observar en la tabla 6, que el área nacional de cultivo de cacao en el Ecuador es de 591 557 hectáreas, el área cosechada es de 509 179 hectáreas y la producción es de 337 149 toneladas de cacao seco, de las cuales Los Ríos y Manabí tienen la mayor superficie total cultivada con un 22,2 % y un 20,7 % respectivamente, seguidas por la provincia del Guayas con un 16,7 %, la provincia de Esmeraldas con un 15,0 %, y el resto de provincias representa el 25,4 % (INEC 2023, 22).

Debido a los residuos generados, existe un enorme potencial para el aprovechamiento de este subproducto después de la cosecha, en las regiones costeras y amazónicas ecuatorianas (INEC, 2014). Por ello, este estudio se propone como respuesta y contribución a la economía circular, que también está estrechamente relacionada con la calidad integrada, ya que considera aspectos como la calidad, el clima laboral y seguridad, la protección del medio ambiente y la responsabilidad social con productores del sector.

Tabla 6
Cacao Almendra seca, Producción de cacao (miles de Tm)

Año	Superficie (Has)		Producción (Tm)	Ventas (Tm)
	Plantada	Cosechada		
2020	590.579	527.347	327.903	327.415
2021	626.962	543.547	302.094	301.807
2022	591.557	509.179	337.149	336.587

Fuente: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-ESPAC 2022

Elaboración: INEC

En 2022, las ventas totales de cacao en el país fueron 336 587 toneladas como se indica en la tabla 6, y la provincia que cuenta con el mayor porcentaje de producción fue Los Ríos, representando el 30,9 % y el 22,2 % del área total cultivada como se muestra en la figura 9 (INEC 2023, 22).

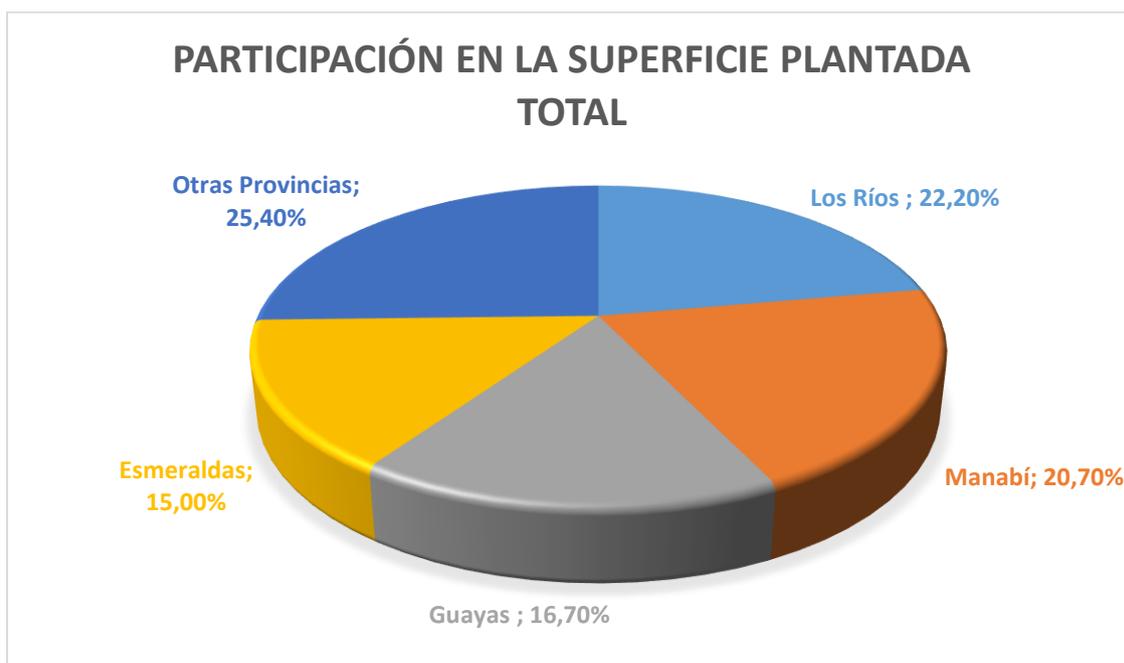


Figura 9. Participación de la superficie plantada total de cacao en el Ecuador para el año 2022. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-ESPAC 2022

De acuerdo con los datos del INEC (2023, 22), indicados en la tabla 6 se puede observar un incremento en la producción de cacao en grano de 9 246 Tm entre el año 2020 y el 2022, esto evidencia una tendencia al aumento de la demanda de cacao fino de aroma procedente de Ecuador, de igual manera se prevé el acrecentamiento de los

desechos provenientes de la cosecha de este cultivo en 92 460 Tm de residuos disponibles para el aprovechamiento en la elaboración de pectina (Barazarte et al. 2008, 64).

3. Exportación y mercados internacionales

En 2021, el grupo de exportadores de cacao del Ecuador estuvo entre los ganadores, así como el sector manufacturero de mínimamente procesados y parcialmente elaborados, cuyas exportaciones totales en 2021 alcanzaron los 940 millones de dólares, como se muestra en la figura 10, rompiendo récords de ventas por segundo año consecutivo. Dicho monto representa un aumento del 3 % respecto a 2020, que fue uno de los mejores años de ganancias y producción de la industria del cacao en la última década, a pesar de atravesar una pandemia mundial (Orozco 2022, 1).

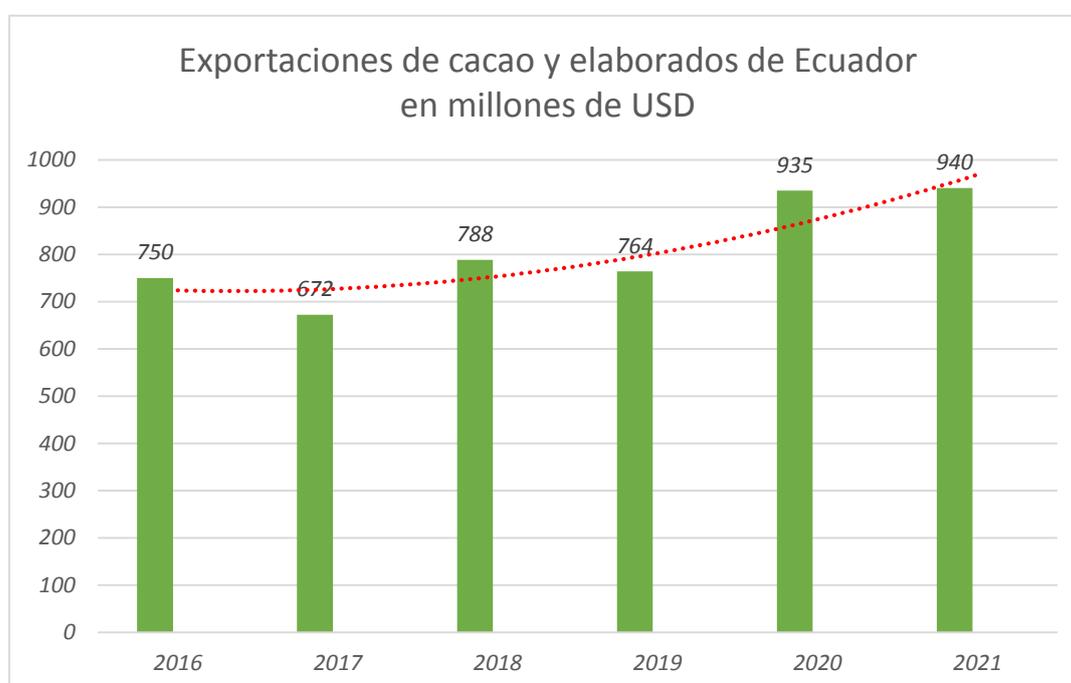


Figura 10. Exportaciones de cacao y elaborados de Ecuador en millones de dólares. 2021. Banco Central del Ecuador, gráfico elaborado a partir de datos de Daniela Castillo-Primicias

Según información proporcionada por la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (Anecacao), el momento favorable para la industria cacaotera se debe a 3 factores principales: el incremento del consumo de cacao al año por persona en países como China e Indonesia, el aumento en el número de hectáreas sembradas en el Ecuador y la introducción de técnicas básicas de producción de cultivos como poda, reducción de plantas, fertilización y poscosecha. En la tabla 7 se muestran los países que más volumen de cacao exportan en el mundo (Orozco 2022, 3).

Tabla 7
Países productores y exportadores de cacao a nivel mundial

Países productores y exportadores	Porcentaje de exportación (%)
Costa de Marfil	43,4%
Ghana	20,2%
Ecuador	6,8%
Camerún	5,6%
Resto de países productores	24%

Fuente: Orozco, Mónica. 2022. www.primicias.ec/noticias/economia/cacao
 Elaboración propia

Como se observa en la tabla 7, Ecuador concentra el 6,8 % de la producción mundial ubicándose en tercer puesto, pero cabe recalcar que es cacao fino y de aroma, esto le permite competir en el mercado internacional por calidad y denominación de origen (Orozco 2022, 4).

Las exportaciones de cacao alcanzaron los \$211,7 millones en el primer trimestre de 2022. El principal mercado fue Estados Unidos, que representó el 22,59 % de las exportaciones totales de cacao, mientras que los productos con valor agregado medio representaron el 29,91 %. En 2021, el 90,65 % de las ventas a otros países del total de las exportaciones fueron cacao en grano, en tanto que los productos con valor agregado medio representaron el 9,35 % del total del sector exportador de cacao como se muestra en la tabla 8. Según Anecacao, las ventas con valor agregado de la asociación de exportadores se dividen en manteca, pasta, torta, cacao en polvo, nibs y chocolate, por un valor FOB de \$100 millones de dólares (El Universo 2022, párr. 6).

Tabla 8
Porcentaje de productos de cacao con valor agregado exportados a nivel mundial

Productos con valor agregado exportados	Porcentaje de exportación (%)
Pasta de cacao	68,80 %
Manteca de cacao	13,96 %
Cacao en polvo	12,42 %
Torta	2,44 %
Nibs	1,82 %
Chocolates	0,56 %

Fuente: El Universo 2022, datos tomados de ANECACAO.
 Elaboración propia

Un breve análisis de la sección anterior confirma que el 90,65 % de las exportaciones de cacao no tienen valor agregado y sólo el 9,35 % de las ventas tienen un

proceso que agrega algún valor a sus productos según indica la tabla 8. De este mínimo porcentaje, sólo el 0,56 % de los productos con valor agregado medio (chocolate o productos similares) son productos que utilizan procesos productivos más tecnificados que, en definitiva, aportan más innovación. Por lo tanto, se propone el uso del albedo de cáscara de cacao como fuente de biomasa en la producción de pectina, debido a que esto incentiva la innovación y el desarrollo de nuevos productos para crear ventajas competitivas y aumentar las retribuciones económicas al gremio cacaotero. Con esto se espera reducir la contaminación ambiental, apuntalar el fortalecimiento sistémico de la calidad, la innovación, el cuidado del medio ambiente y la economía circular (El Universo 2022, párr. 6).

El mercado internacional ha favorecido al Ecuador por sus productos de alta calidad y lo posiciona como el mayor exportador de cacao fino de aroma del mundo con el 63 % de la producción mundial. Según se indica en la tabla 9, países como Estados Unidos, Indonesia, Malasia, Países Bajos, etc. Son los que mayores ingresos generan en exportaciones FOB de cacao en grano, ya que han creado una fuerte demanda de productos ecuatorianos (Ekos 2022, párr. 2).

Tabla 9
Exportaciones FOB de cacao en grano en millones de USD por país

Puesto	País	Exportaciones FOB de cacao en grano (USD millones)
1	Estado Unidos	181,47
2	Indonesia	160,02
3	Malasia	94,71
4	Holanda	91,70
5	México	72,17
6	Bélgica	53,38
7	Alemania	42,15
8	Italia	40,13
9	Canadá	26,45
10	España	12,39

Fuente: BCE, año 2021

Elaboración: Ekos 2022

4. Subproductos del cacao

Las cáscaras o mazorcas de cacao, el mucílago azucarado y la testa son los subproductos más comunes de la recolección y poscosecha del fruto. El pericarpio o corteza de la mazorca de cacao constituye entre el 75 y el 85 por ciento del fruto del cacao y constituye el subproducto más abundante de la producción de cacao. Los principales compuestos por los que están formados estos desechos agrícolas son lignina y celulosa, además, contienen otros componentes funcionales polares como aldehídos, alcoholes y fenoles, sin embargo, para la industria ecuatoriana como para el resto del mundo, implica una gran complicación deshacerse de este desecho, por motivo que su composición y su actividad enzimática repercute negativamente en el ambiente. Por esta razón, se plantea este estudio, como una iniciativa sostenible que aproveche los beneficios de este subproducto (Guayza Carpio 2021, 14).

También se tiene el mucílago azucarado que recubre a los granos de cacao, el cual posee un contenido de 1 % de pectina, 10 a 15 % de azúcar y 1.5 % de ácido cítrico (Álava Zambrano 2020, 32). Una parte del mucílago es primordial para la producción de ácido acético y alcohol para que las almendras se fermenten. Según lo indicado por Nogales (2017, párr. 2), la almendra de cacao fermentado y seco representa el 38 % del peso total (cacao fresco), mientras que el mucílago azucarado representa el 15 % del peso total. Este excedente de material azucarado, tiene un dulce sabor que ha sido usado para elaborar productos alimenticios como jaleas y helados, además de herbicidas orgánicos, sin embargo en Ecuador no existen usos industriales adicionales que generen un alto valor agregado para este subproducto (Guayza Carpio 2021, 15).

Antes de ser procesada la semilla de cacao pasa por algunas fases previas que van desde el fermentado, secado, hasta el tostado del grano. Se busca el aprovechamiento y optimización de los residuos, para alcanzar el objetivo de obtención de subproductos y productos a partir de este material orgánico, es decir, la testa o cascarilla que constituye aproximadamente entre el 10 y 12 % del peso total de la semilla puede ser reciclada y aprovechada para la manufactura de varios productos agroindustriales. La cascarilla conserva ciertos rasgos aromáticos propios a la almendra, que se suman a los polifenoles y su textura fibrosa y crujiente (Álvarez y Quilumba 2018, 20).

La testa de cacao posee fibra, proteínas, minerales, carbohidratos, grasas, etc. Por lo que se utiliza dicha cáscara para la elaboración de bebidas fermentadas y no fermentadas, además de néctares, pectinas y productos orientados para el mejoramiento de la salud humana. A la cascarilla del grano de cacao, se la puede utilizar como

subproducto para la preparación de infusiones en agua caliente, ya que posee una cantidad de alcaloides vinculados al grano, que provocan efectos relajantes y calmantes al ingerirlas y que sirven como tranquilizantes (Álvarez y Quilumba 2018, 22).

5. Descripción del producto cacao

5.1. Composición del cacao

Según lo indicado en la figura 11, el fruto del cacao está formado por una capa exterior o exocarpio, una capa media o mesocarpio y una capa interior o endocarpio. La conformación de estas tres capas constituye el pericarpio, la piel o cáscara del fruto del cacao y significa entre el 75 y el 80 % del fruto del cacao. El peso total depende del tipo o variedad, además del clon y genotipo. Asimismo, consta de semillas o granos, que están conectadas a la placenta y cubiertas de sustancia mucilaginosa azucarada. Colectivamente el mucilago y los granos juntos representan del 20 al 25 por ciento del peso total (Salazar Moyota 2016, 15).



Figura 11. Anatomía del fruto *Theobroma Cacao* L. Imagen de perfectdailygrind.com

Para obtener datos más minuciosos sobre la media del rendimiento de las diferentes partes del fruto del cacao, es deseable efectuar análisis relacionados con el peso en las diferentes etapas del proceso de cosecha y postcosecha del cacao (secado y fermentación) como se indica en la tabla 10 (Nogales 2017, párr. 3).

Tabla 10
Pesos promedios aproximados en distintas fases del proceso de cosecha, fermentación y secado del grano de cacao, partiendo de un peso base

Fases / Pesos Promedios (Kg)					
Mazorcas o frutos sin partir	Cáscara de la mazorca	Cacao fresco recién desgranado (En baba)	Cacao Fermentado	Mucílago Azucarado	Cacao Seco resultante
400 Kg	300 Kg	100 Kg	85 Kg	15 Kg	38 Kg
100%	75%	25%	21,25%	3,75%	9,5%

Fuente: Jairo Nogales (2017). Rendimiento en la producción y beneficio de cacao. Elaboración propia

Siendo el propósito de esta investigación realizar un proyecto de obtención de albedo de la mazorca de cacao como subproducto del proceso de cosecha (que representa un 75 % del peso promedio del fruto según Nogales (2017, párr. 3), mismo que es un subproducto subutilizado, para una propuesta práctica de economía circular). La composición química de la cáscara de mazorca de cacao posee un alto contenido de lignina 43,6 % y celulosa 34,4 %, que son un polímero complejo y un polisacárido respectivamente, que a su vez pueden ser utilizados estos compuestos para la elaboración de pectina –como gelificante y espesante- y además como insumo para la producción de biopolímeros para cápsulas y empaques biodegradables en la industria farmacéutica y de alimentos (Díaz et al. 2022, 100).

Como se observó en la tabla 10, el 25 % del peso restante lo comprende el cacao fresco recién desgranado (en baba), que después del tratamiento postcosecha (fermentado y secado) se reduce a una proporción en peso del 9,5 % aproximadamente, cuyo contenido nutricional del grano de cacao se observa con mayor detenimiento en la tabla 11, sin embargo, es una composición aproximada, ya que depende en gran medida de la variedad de cacao y de los genotipos mejorados (Nogales 2017, párr. 3).

Tabla 11
Contenido de las semillas de cacao por cada 100g

Composición	Valor
Carbohidratos totales	34,2 g
Grasa	46,8 g
Proteína	12 g
Agua	3,6 ml
Fibra	8,6 g
Glucosa	8–13 g

Calcio	106 mg
Hierro	3,6 mg
Fósforo	537 mg

Fuente: Kalvatchev (1998).

Elaboración: Salazar Moyota (2016).

Existen cinco especies de cacao en el Ecuador y cada genotipo tiene características específicas. Las principales características del cacao criollo son semillas redondas, cáscara blanda, interior de color morado a blanco, sabor dulce y cantidad de extracto etéreo (grasa) que oscila entre el 46 y el 50 %. El cacao forastero, por otro lado, es la variedad más producida en África y Brasil y se caracteriza por la piel dura y leñosa de su fruto y sus granos de cacao de color púrpura, planos y de sabor amargo. El CCN-51 o cacao trinitario es un híbrido desarrollado a partir de criollo y forastero y tiene un contenido más elevado de grasa que el criollo, con un promedio de entre 50 % y 56 %. El cuarto tipo es el cacao nacional fino de aroma, que posee sabores y olores dominantes que van desde florales hasta frutales, según el clon, y se cultiva únicamente en Ecuador. Finalmente se tiene el cacao súper árbol o sacha gold, nativo del norte de la Amazonía ecuatoriana y es la quinta especie que se cultiva en el país (Beckett 2008, 39).

5.2. Composición de la cáscara de mazorca de cacao

Según se indica en la tabla 12, la mayor parte de la composición química de los residuos de cáscara de mazorca de cacao corresponde a la lignina, que representa el 43,6 %; seguido del 34,4 % en relación al contenido de celulosa, y el contenido inferior de hemicelulosa representa el 11,75 %. El contenido concentrado de lignina del residuo contribuye significativamente a las propiedades mecánicas de la estructura vegetal, ya que confiere rigidez a la cáscara del cacao (Díaz et al. 2022, 100).

Tabla 12

Determinación de la composición química de la cáscara de mazorca de cacao

Composición Química (% P/P)	(% P/P)	Promedio
Lignina	%	43,6
Celulosa	%	34,4
Hemicelulosa	%	11,75
Extraíbles	%	2,43

Fuente: Díaz Oviedo y Ramón Valencia (2022).

Elaboración propia

La celulosa es un polisacárido que se utiliza ampliamente en la producción de papel y cartón, así como en la fabricación de productos textiles y alimentos. También se utiliza en la producción de biocombustibles y productos químicos renovables. Por otro lado, la lignina es un polímero complejo que se puede utilizar como aditivo en la producción de plásticos y resinas, lo que puede mejorar la resistencia y durabilidad de los productos. También se puede utilizar en la industria alimentaria como agente espesante y emulsionante en alimentos y bebidas, además se lo usa como aditivo en la producción de combustibles y productos químicos renovables (Díaz et al. 2022, 100).

De acuerdo a lo expuesto por Díaz et al. (2022, 100) en la tabla 12, la composición química de la cáscara de mazorca de cacao presenta un contenido de lignina del 43,6 % y celulosa 34,4 %, con estos datos se puede proponer la realización de futuros estudios como, por ejemplo, un proyecto de obtención de biopolímeros a partir de este compuesto para elaborar empaques o capsulas biodegradables para la industria farmacéutica o de alimentos. También se puede realizar la metanización (obtener gas metano) de una parte de estos residuos para obtención de biogás como fuente energética, además compost y bioles como fertilizantes orgánicos. Por otro lado, se puede utilizar la fracción de celulosa para producir bioetanol de este material orgánico, es decir, existen varias opciones aparte de la elaboración de pectina como gelificante y espesante para la industria de alimentos (Díaz et al. 2022, 101).

De acuerdo a lo mencionado por Nogales (2017, párr. 3), la mazorca de cacao contiene gran cantidad de nutrientes como polifenoles, fibra y macroelementos como fósforo (P) y potasio (K), que generalmente se arrojan y se desperdician sobre el suelo. Como se indica en la tabla 13, la cáscara de mazorca de cacao posee también varios componentes como carbohidratos, proteína, extracto etéreo (grasa), y cenizas, además de algunos microelementos como hierro, zinc, manganeso etc. (Alcívar Murillo y Alcívar Guadamud 2020, 8).

Tabla 13
Contenido bromatológico aproximado de la cáscara de mazorca de cacao

Composición Nutricional	Unidad	Cantidad
Carbohidratos totales	%	51,96
Grasa (EE)	%	1,41
Proteína	%	7.63
Humedad	%	3,62
Fibra	%	28,51

Ceniza	%	6,87
Potasio	%	1,98
Calcio	%	0,24
Magnesio	%	0,11
Fósforo	%	0,32
Hierro	ppm	88
Zinc	ppm	49
Manganeso	ppm	26
Cobre	ppm	5

Fuente: Alcívar Murillo y Alcívar Guadamud (2020).
Elaboración propia

Los usos potenciales de la cáscara de mazorca de cacao se deben al descubrimiento de la pectina, como gelificante y espesante natural con varias aplicaciones en la industria alimentaria que, de acuerdo a varias investigaciones, tiene un efecto depurador del organismo la combinación de pectina y fibra, además actúa como un agente eliminador de toxinas (Alcívar Murillo y Alcívar Guadamud 2020, 8).

5.3. Compuestos presentes en el albedo de cacao

El albedo de cacao es la capa blanca y esponjosa que se encuentra debajo de la piel, entre la cáscara y la pulpa del cacao, también se encuentra en algunas frutas cítricas como la naranja, el limón y la toronja. Esta capa ayuda a proteger la fruta de los rayos del sol y a mantener su humedad, además está compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y pectina (Murillo et al. 2020, párr. 3).

Los compuestos del albedo son sustancias químicas naturales que se encuentran en esta fracción esponjosa, y que pueden tener beneficios para la salud. Como se indica en la tabla 14 algunos de estos compuestos bioactivos incluyen polifenoles, flavonoides, polisacáridos y teobromina. Los flavonoides y polifenoles son antioxidantes que pueden ayudar a proteger las células del cuerpo del daño causado por los radicales libres y reducir el riesgo de enfermedades crónicas como enfermedades cardíacas y cáncer (Murillo et al. 2020, párr. 3).

Tabla 14
Contenido aproximado polifenoles, actividad antioxidante, carotenoides, antocianinas y fibra dietaria en las harinas de cáscara de cacao criollo y CCN 51

Compuestos	Unidad	Harina de cáscara de cacao criollo	Harina de cáscara de cacao CCN51
Polifenoles concentración	(mg AGE/g muestra)	69,53 ± 1,23a	57,64 ± 1,07b
Actividad antioxidante	(µg/mL)	60,30 ± 2,09a	48,90 ± 1,13b
Carotenoides	(mg carotenos /100g muestra)	7,9 ± 0,09a	6,05 ± 0,10b
Antocianinas	(mg cianidina-3-glucósido/g)	1,43 ± 0,14a	1,25 ± 0,14a
Fibra insoluble	(%)	52,57 ± 0,08 a	51,90 ± 0,07 b
Fibra soluble	(%)	3,02 ± 0,09 a	3,47 ± 0,05 b

Fuente y elaboración: Murillo et al. (2020).

5.4. Usos potenciales del albedo para la agroindustria

La utilización del albedo dentro de las industrias cárnicas ha sido tema de investigación, por lo que López et al. (2014, 273) usó el albedo del maracuyá en embutidos de cerdo y sugirieron agregar un 2,5 a 5 % para conseguir una fuente de fibra nueva. Eldemery (2010, 19) por su parte, sugirió la adición de albedo de naranja como extensor para incrementar el contenido de fibra en las masas de hamburguesas. También se ha investigado la adición de albedo de limón en polvo a diversos productos cárnicos, lo que podría mejorar las propiedades del producto, teniendo en cuenta los beneficios del albedo en las masas de charcutería (retención de humedad y grasa, propiedades culinarias) utilizadas en hamburguesas de ternera y mortadela (Fernández et al. 2005, 40).

Las fibras de albedo de cacao y maracuyá se pueden añadir a los alimentos como sustancias texturizantes no calóricas para reemplazar parcialmente la grasa para la retención de aceite, agua y brindar consistencia a la emulsión (Molina et al. 2019, 246).

La pectina de albedo es un polisacárido que se localiza en la piel blanca del cacao y los cítricos, y que se utiliza en la industria alimentaria como espesante y gelificante. La aplicación que tienen estos compuestos además de la industria cárnica mencionada anteriormente, es también el mercado de las bebidas y jugos, productos lácteos, productos horneados y en las salsas y aderezos como se indica a continuación (Molina et al. 2019, 246): en el caso de las bebidas y jugos; la pectina de albedo se utiliza para mejorar la textura y el sabor, así como para evitar la separación de los componentes líquidos. En el caso de los productos lácteos; la pectina de albedo se utiliza para la elaboración de yogur, queso y helado con el objetivo de mejorar la textura y consistencia. Para los productos

horneados; la pectina de albedo se utiliza en panes y pasteles para mejorar la textura y retener la humedad. Finalmente en salsas y aderezos; la pectina de albedo se utiliza para mejorar la textura y espesar la mezcla (Molina et al. 2019, 247).

La pectina y la celulosa se utilizan en los envases de alimentos debido a sus propiedades gelificantes, retención de agua y potencial para extender la vida útil de los alimentos. Se puede usar la pectina de albedo de mazorca de cacao para crear películas y recubrimientos comestibles no solo para el rubro de empaques de alimentos sino también para el área de biotecnología, la industria farmacéutica de medicamentos y cosméticos con fines terapéuticos (Molina et al. 2019, 248).

5.5. Métodos de obtención de pectina

Los métodos más comunes para obtener pectina son la extracción ácida, la extracción enzimática y la extracción alcalina. El proceso de extracción ácida de la pectina es uno de los métodos utilizados para obtener pectina a partir de fuentes vegetales y se indica su proceso en la figura 12 (Zegada 2015, 65).

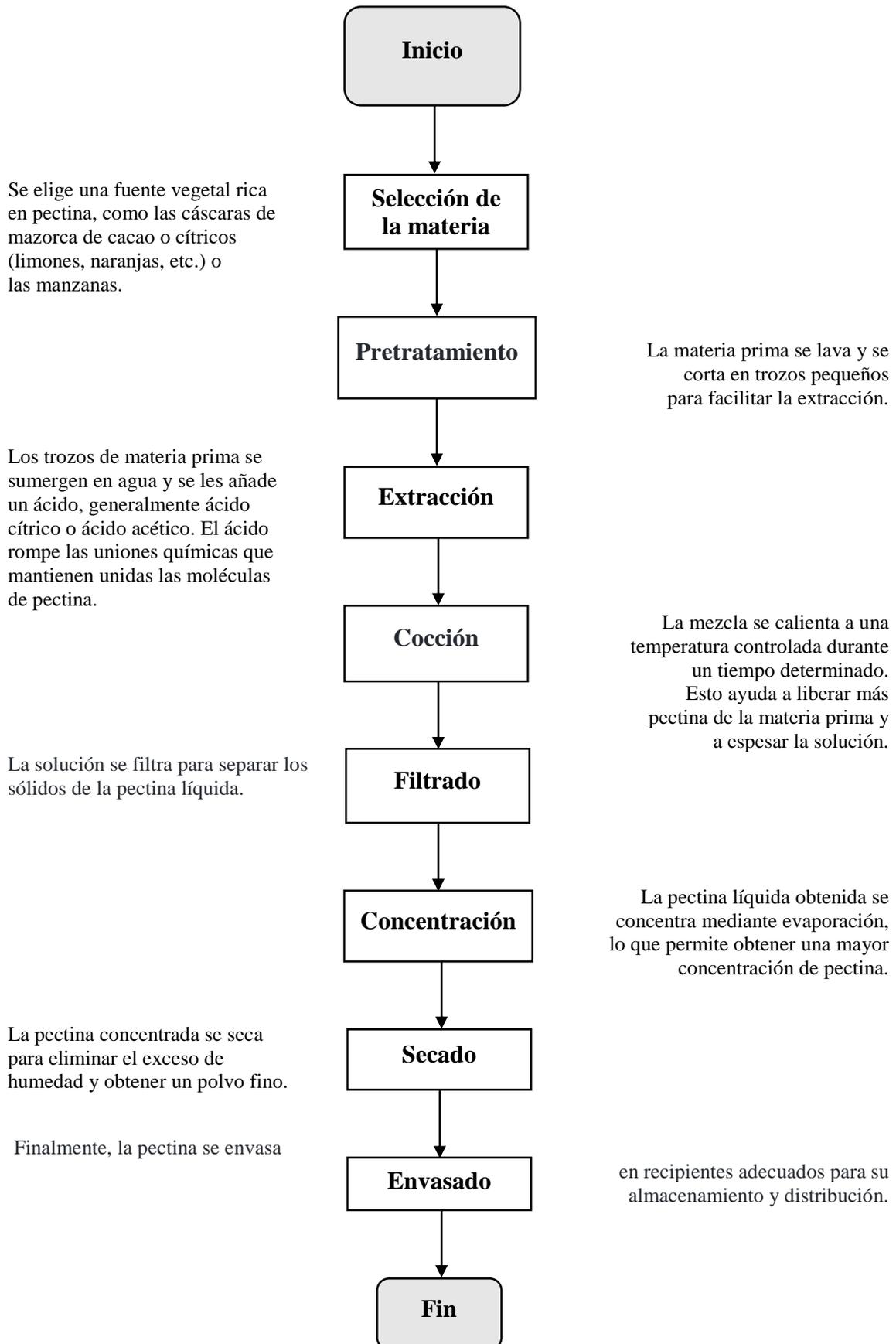


Figura 12. Proceso de extracción ácida de la pectina
Fuente: Zegada 2015

El proceso de extracción enzimática de pectina emplea una enzima pectinolítica que puede descomponer la pectina en sus unidades más simples. Las enzimas más usadas son la poligalacturonasa y la pectinasa. Los enlaces de pectina se escinden por la pectinasa y la poligalacturonasa hidroliza los enlaces en la columna vertebral de la pectina. Dichas enzimas son generadas por varios microorganismos, como hongos y bacterias, y también están disponibles en fuentes comerciales (Zegada 2015, 65).

Para realizar la extracción alcalina, se emplea hidróxido de sodio para alcalinizar la solución, extrayendo así la pectina. Sin embargo, la extracción ácida es generalmente más común en la industria alimentaria porque produce pectina más pura y de mayor calidad, pero también es más cara. Por otro lado, el extracto alcalino puede producir más pectina, pero la calidad es baja y las impurezas son altas. La principal diferencia entre la extracción ácida de pectina y la extracción alcalina es el pH utilizado en este proceso (Zegada 2015, 66).

5.6. Tipos de pectina

Hay dos tipos principales de pectina: la comercial de alto metoxilo (HM) y la baja en metoxilo (LM). La pectina con alto contenido de metoxilo (HM) es la pectina más común y a menudo se la denomina de fraguado rápido o fraguado lento, también existe un tercer tipo de pectina llamada cítrica. Las pectinas de alto contenido de metoxilo son las más idóneas para la elaboración de mermeladas debido a que se incrementa su eficacia con la acidez y el azúcar propios de una mermelada. Por otro lado, la pectina de bajo metoxilo aumenta su eficacia en presencia del calcio (Addosio 2005, 6).

La pectina tiene la propiedad de absorber una gran cantidad de agua debido a que es un coloide por excelencia. Pertenece además al grupo de los polisacáridos, y se encuentra en gran cantidad en los cítricos y en el cacao. Por otro lado, las propiedades físicas (tiempo de formación del gel) y químicas (contenido de metoxilo, contenido de ácido galacturónico, grado de esterificación y viscosidad) de las moléculas de pectina dependen de la naturaleza de la planta, estado de madurez y forma de extracción, además, se determinan los cambios en el contenido y la calidad de pectina (Addosio 2005, 7).

La pectina de alto metoxilo también se utiliza en la industria farmacéutica y en la fabricación de cosméticos. La elección de utilizar pectina de alto, bajo metoxilo o pectina cítrica estará orientada al tipo de producto que se quiera elaborar y las condiciones en las que se vaya a producir. La diferencia principal entre la pectina baja en metoxilo y la pectina cítrica es el grado de esterificación. Un bajo grado de esterificación del metoxilo

implica un porcentaje inferior al 50 %, es decir, hay menos grupos metoxilo en la molécula, mientras que el nivel de esterificación de la pectina cítrica es superior al 50 % (Addosio 2005, 7).

La pectina extraída de las mazorcas de cacao de las variedades de cacao CCN51 y Nacional tiene un alto contenido de metoxilo y un grado de esterificación entre 53,13 % y 58,83 %, lo que define su capacidad para formar un gel en presencia de ácido y azúcar, su aplicación se destina en su mayoría a la industria de alimentos como el sector de los cárnicos, lácteos y sobre todo para la confitería y para elaborar mermeladas y jaleas. Para obtener estos resultados, la digestión ácida se realiza a temperatura de ebullición durante 40 minutos a pH 2.5 (Suárez y Marín 2019, 29).

6. Proceso extracción y estabilización del albedo para evitar la oxidación

El albedo previamente extraído manualmente, mediante el uso de cuchillos y cucharas como utensilios, es susceptible a oxidación y pardeamiento por la acción enzimática y por contacto con el oxígeno del medio ambiente. Una pectinaesterasa (PE) es una enzima purificada que es totalmente inactivada mediante acción térmica a 65 y 90°C por un tiempo de 1 a 5 minutos (Nakagawa et al., 1970; Lee and Wiley, 1970; Versteeg et al., 1980). La enzima (PE) inactivada por calor no se regenera después del almacenamiento congelado. Algunas formas termoestables de PE de naranja y cacao, son inactivadas por calor durante 1 minuto a temperaturas mayores a 90°C (Versteeg et al., 1980).

En el albedo de cacao están presentes varios tipos de enzimas pectinasas, además está presente la polifenol oxidasa y la peroxidasa que son enzimas que causan el oscurecimiento del albedo de cacao y de varios alimentos y frutas. La polifenol oxidasa cataliza la oxidación de compuestos fenólicos en los alimentos, mientras que la peroxidasa utiliza peróxido de hidrógeno para oxidar compuestos fenólicos y otros sustratos. Los dos tipos de enzimas generan quinonas, que son compuestos extremadamente reactivos que serían susceptibles de reacción con otros compuestos que están presentes en los alimentos para producir pigmentos oscuros que provocan el pardeamiento (Bogdanoff 2015, 6).

“Un grupo muy variado de enzimas son las que forman las pectinasas. Por lo complejo del sustrato, se aspira que se requiera una gran cantidad de distintos especímenes de enzimas. Consisten las enzimas pécticas en despolimerasas de la cadena principal y esterases activas en los metilos y acetilésteres de los residuos de ácido

galacturónico en las estructuras del galacturano y rhamnogalacturano” (Bogdanoff 2015, 6).

Las despolimerasas incluyen hidrolasas y liasas, también existen las metilesterasas que tienen la capacidad de hidrolizar el metiléster en el Oxígeno 6 del residuo del ácido galacturónico, mientras que las acetilesterasas hidrolizan o rompen el enlace del acetiléster en el oxígeno 2 y/o 3, en la figura 13 se ilustra el diagrama esquemático de la molécula de pectina y de los puntos de ataque de las diferentes enzimas pectínicas, además del mecanismo de acción de algunas de estas enzimas (Bogdanoff 2015, 7).

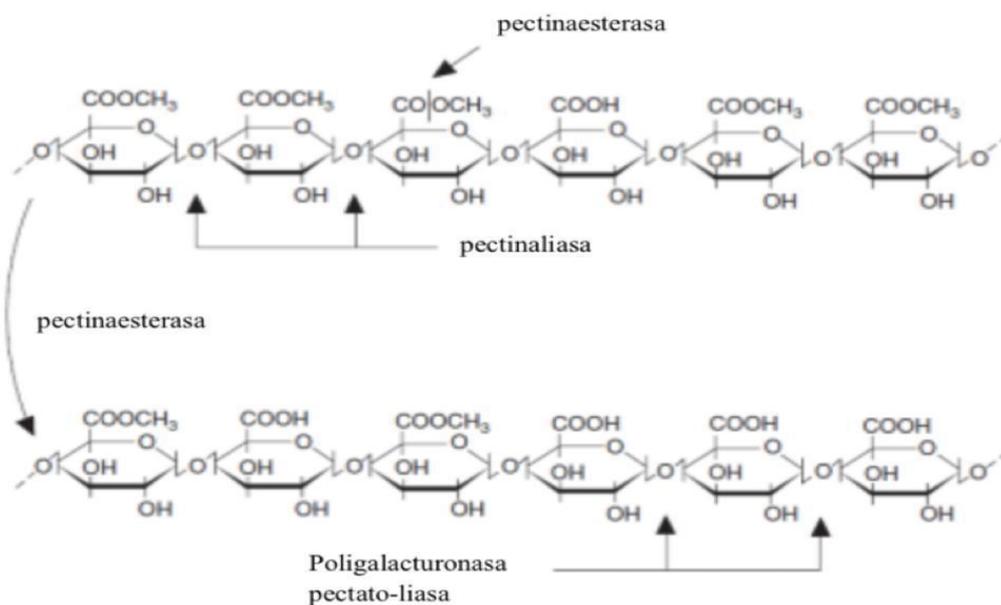


Figura 13. Diagrama esquemático de la molécula de pectina y de los puntos de ataque de las diferentes enzimas pectínicas
Fuente: Perera y Perera 2005.

7. Procesamiento del albedo mediante digestión ácida y posterior secado

El diagrama de flujo que se muestra en la figura 14, indica el proceso de extracción y obtención de pectina de cáscara de mazorca de cacao, en el que se indica las condiciones de la digestión ácida, mediante el uso de ácido cítrico para alcanzar un pH de 2.5, a temperatura de ebullición durante 40 minutos (Suárez y Marín 2019, 29). También se realiza un tratamiento térmico previo a 90°C durante 2 minutos, para inactivar enzimas y evitar el pardeamiento del albedo (Suárez y Marín 2019, 32).

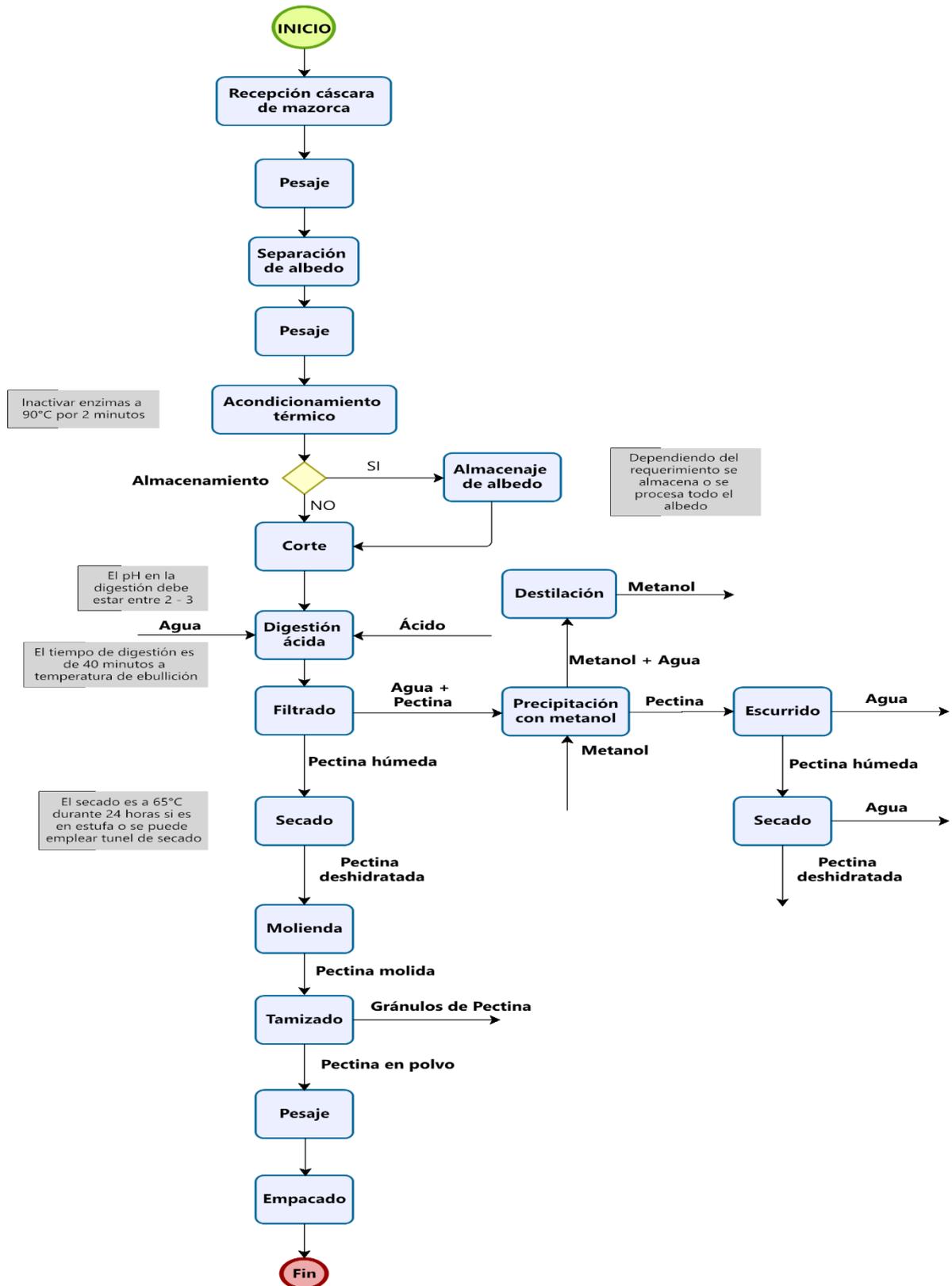


Figura 14. Proceso de extracción y obtención de pectina de cáscara de mazorca de cacao

En la tabla 15 se muestra la caracterización física y química de las pectinas de las cáscaras de cacao de la variedad nacional y CCN51.

Tabla 15
Caracterización física y química de las pectinas de las cáscaras de cacao.

Propiedades Físico-Químicas	Pectina Cáscara de Cacao Nacional	Pectina de Cáscara de Cacao CCN51
Humedad (%)	11,10	11,30
Cenizas (%)	8,43	8,23
Peso Equivalente (mg/meq)	454,54	476,19
Acidez Titulable (%)	0,4096	0,3584
Contenido de Metoxilo (%)	9,60	8,67
Grado de Esterificación (%)	58,83	53,13

Fuente y elaboración: Suárez y Marín 2019.

8. Pruebas de reología para determinar su viscosidad y poder espesante y gelificante en mermeladas y otro tipo de productos

Para medir la elasticidad y la viscosidad de la pectina, se realizan pruebas reológicas de pectina de cacao, que son un conjunto de métodos utilizados para medir las propiedades físicas y mecánicas del compuesto, y que tiene como objetivo cuantificar la fluidez y consistencia del mismo después de haber sido adicionado a una compota o una mermelada de frutas (Pinargote Vaca y Ruíz Zambrano 2020, 11).

Vale la pena señalar que la pectina de cáscara de cacao aumenta la viscosidad cuando se disuelve en soluciones con pH ácido, como la mermelada de naranja. Las mermeladas elaboradas a partir de pectina de cáscara de cacao tienen diferentes viscosidades (máxima 6043,7 mPa.s y mínima 1741,3 mPa.s -milipascal-segundo-) porque no son fluidos pseudoplásticos newtonianos y por lo tanto no tienen una viscosidad específica (cambia cuando se aplica un esfuerzo cortante) (Pinargote Vaca y Ruíz Zambrano 2020, 28).

Capítulo tercero

Aplicación de un modelo circular para el desarrollo de un proyecto

Convertid un árbol en leña y arderá para vosotros,
pero no producirá flores ni frutos para vuestros
hijos.
(Rabindranath Tagore 1913)

1. Mapa del ciclo de vida de la producción lineal

El enfoque del proyecto se enmarca en la aplicación de un modelo (NTE INEN-AFNOR XP X30-901) para el desarrollo de una línea base para determinar la viabilidad y posterior implementación de un proyecto circular. Para visualizar, analizar, evaluar y mejorar los procesos de producción en una empresa, se utiliza como herramienta el mapa del ciclo de vida de la producción lineal, como se muestra en la figura 17, siendo una herramienta muy utilizada para conocer su trazabilidad (Burgo et al. 2019, num. 2).

Para empezar este cambio, en la optimización de los subproductos del cacao, se empieza con la identificación de los residuos que se generan en cada etapa de la producción lineal, con el objetivo de buscar la innovación circular y modificar el modo de producción y consumo. Como se puede observar en las figuras 16 y 17, se generan desechos orgánicos en la fase de producción, específicamente en la cosecha; también se observan residuos en la fase de postcosecha durante la fermentación del grano; y finalmente durante la elaboración de la pasta de cacao en el descascarillado (Nogales 2017, párr. 3).



Figura 16. Cáscaras de mazorca de cacao sobre el suelo agrícola durante la cosecha.

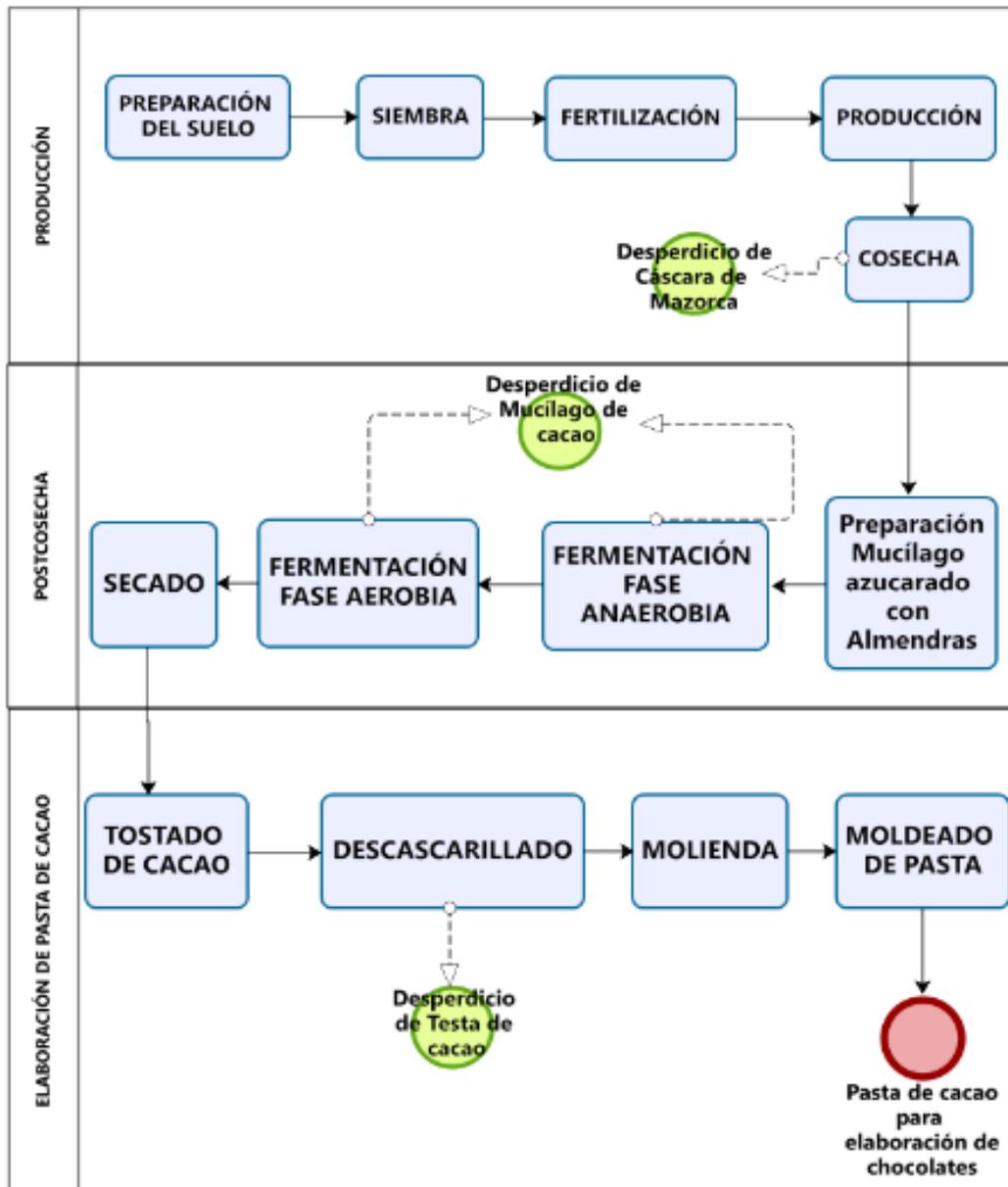


Figura 17. Mapa del ciclo de vida de la producción lineal del cacao desde la siembra hasta la elaboración de pasta

Fuente: Jairo Nogales 2017, elaboración propia.

Una vez identificados los residuos que se generan, es fundamental cuantificar los desechos para conocer cuanta materia orgánica disponible existe para la posterior optimización y aprovechamiento. En el caso de la producción agrícola de cacao se identificó el desperdicio más abundante de este cultivo, en la etapa de cosecha del fruto, ya que por motivos de desconocimiento o falta de visión empresarial por parte de agricultores o productores durante las últimas décadas, se han venido arrojando estos residuos sobre el suelo agrícola para su posterior descomposición como se observa en la figura 16.

La descomposición de las mazorcas sobre el suelo genera contaminación ambiental, producción de gases de efecto invernadero y además fomenta la propagación de insectos nocivos y la proliferación de enfermedades.

Por otro lado, también se tiene la escorrentía del mucílago azucarado de cacao que se lixivia por el suelo, esto también genera contaminación ambiental y sobre todo desperdicio de un subproducto que puede ser utilizado como herbicida orgánico, como ingrediente para preparar jaleas y helados para la industria de alimentos, y sobre todo como insumo para la elaboración de alcohol etílico (Guayza Carpio 2021, 15).

Adicionalmente, se tiene la testa de cacao que se obtiene después del descascarillado, este subproducto puede ser utilizado para la preparación de infusiones por su contenido de polifenoles –antioxidantes- y alcaloides –teobromina y cafeína- como un alimento funcional, nutracéutico y como bebida energizante (Álvarez y Quilumba 2018, 20).

2. Oportunidades de innovación circular

Para generar oportunidades de innovación circular en la agroindustria, es fundamental cuantificar la cantidad de residuos orgánicos existentes y determinar la naturaleza de cada subproducto, y en función de la magnitud y composición de cada materia orgánica, planificar en que se va a emplear cada tipo de desecho.

Como se observó en el mapa de ciclo de vida de la producción lineal del cacao de la figura 16, existen varios residuos que se desperdician y no se gestionan adecuadamente para obtener algún beneficio económico, ambiental o social. Por este motivo, es fundamental determinar la proporción, magnitud y composición de la materia orgánica desechada. En la tabla 16 se evidencia la proporción y la cantidad de grano de cacao producido, pero también se aprecia la magnitud de cáscara de mazorca desperdiciada -75 %-, esto significa que del total del fruto solo se aprovecha el 25 % del peso para la posterior postcosecha, y de ese porcentaje apenas se utiliza el 9,5 % que representa el grano de cacao seco que es de donde se obtiene el chocolate (Nogales 2017, párr. 3).

Del mismo 25 %, se desperdicia además el mucílago azucarado de cacao que equivale al 3,75 % del peso; también se evapora durante el secado del grano el 11,75 % del contenido de humedad. En conclusión, el porcentaje aprovechado para elaboración de chocolates es de apenas el 9,5 %, como se observa en la tabla 16 (Nogales 2017, párr. 3).

Tabla 16

Pesos promedios y proporciones en distintas fases del proceso de cosecha, postcosecha y descascarillado del grano de cacao, producido en Ecuador en 2022

Rendimientos en % / Pesos promedios en toneladas (t)					
Fruto de cacao entero (t)	Cáscara de mazorca (t)	Cacao fresco (En baba) (t)	Testa de grano de cacao seco (t)	Mucílago Azucarado (t)	Grano de Cacao Seco (t)
3'548.936	2'661.702	887.234	33.714	133.085	337.149
100%	75%	25%	0,95%	3,75%	9,5%

Fuente: INEC (2023) y Jairo Nogales (2017). Rendimiento en la producción y beneficio de cacao. Elaboración propia

Según el INEC (2023, 22), la producción de cacao seco en grano de Ecuador en 2022 fue de 337 149 toneladas anuales, y produjo en promedio entre 3 371 490 – 2 661 702 toneladas de cáscaras de mazorca al año de acuerdo a Nogales (2017, párr. 3), las cuales se desperdiciaron en el periodo de tiempo señalado. Esto significa que se dispone de una gran cantidad de materias primas para la producción de pectina, biogás, bioetanol, compost, bioles o biopolímeros para empaques, por tanto, de acuerdo a lo expuesto por Díaz et al. (2022, 100), la composición química de la cáscara de mazorca de cacao presenta un contenido de lignina del 43,6 % y celulosa 34,4 %. La celulosa es un polisacárido que se utiliza ampliamente en la producción de papel y cartón, así como en la fabricación de productos textiles y alimentos. También se utiliza en la producción de biocombustibles y productos químicos renovables. Por otro lado, la lignina es un polímero complejo que se puede utilizar como aditivo en la producción de plásticos y resinas, lo que puede mejorar la resistencia y durabilidad de los productos, según la tabla 17.

Tabla 17

Aplicaciones de la cáscara, albedo y pectina de la mazorca de cacao a la economía circular

Cáscara de Mazorca de Cacao	Composición	Aplicación a la Economía Circular
Corteza	Fibra	Metano (biogás), Compost, Bioles
Albedo	Lignina	Pectina (espesante, gelificante, emulsionante, texturizante)
		Biopolímeros, aditivo de plásticos y resinas
		Aditivo de combustibles y productos químicos renovables
	Celulosa	Biocombustibles
Papel, cartón y textiles		

Fuente: Díaz et al. 2022. Caracterización físico-química de la cáscara de mazorca de cacao. Elaboración propia

También se utiliza en la industria alimentaria como agente gelificante, espesante, texturizante y emulsionante en alimentos y bebidas, además se lo usa como aditivo en la producción de biocombustibles y productos químicos renovables como se muestra en la tabla 17 (Díaz et al. 2022, 100).

Con este antecedente se propone la realización del proyecto profesional “pectina de albedo de la mazorca de cacao como subproducto del proceso de cosecha: una propuesta práctica de economía circular” como línea base para un estudio subsecuente más profundo. Además, se puede plantear futuros estudios para un proyecto de obtención de biopolímeros a partir de este compuesto -digestionado en un medio ácido como se observa en la figura 18-, para elaborar empaques o capsulas biodegradables para la industria farmacéutica o de alimentos. Con esto se fomenta el incremento de recursos para el país, se evita la contaminación del ecosistema y el medio ambiente, adicionalmente se promueve la innovación y se impulsa la economía circular (Barazarte et al. 2008, 64).



Figura 18. Digestión de albedo de cacao en medio ácido para obtención de pectina o biopolímeros

Por otro lado, también se tiene el mucílago azucarado que envuelve a las semillas de cacao como se observa en la figura 19, el cual posee un contenido de 10 a 15 % de azúcar, 1.5 % de ácido cítrico y 1 % de pectina (Álava Zambrano 2020, 32). De acuerdo a Nogales (2017, párr. 2), un segmento del mucílago o pulpa es fundamental para la generación de ácido acético y alcohol para que las almendras se fermenten y puedan generar los aromas y sabores florales y frutales característicos de un cacao de calidad. Sin embargo, este residuo de la fermentación no es aprovechado para generar productos con un alto valor agregado.



Figura 19. Muestra de cacao fresco en baba previo al pesaje para la fermentación

Según Álava Zambrano (2020, 1), este excedente de material azucarado con 16°Brix, tiene un dulce sabor que ha sido usado para elaborar productos alimenticios como jaleas y helados, además de herbicidas orgánicos, sin embargo, es fundamental fomentar el aprovechamiento del mucílago de cacao, para su utilización como fuente de azúcares en la elaboración de alcohol de acuerdo a lo mencionado por Ramírez (2023, 35). Por otro lado, en Ecuador no existen usos industriales adicionales que generen un alto valor agregado para este subproducto, por este motivo, se plantea la obtención de alcohol de mucilago de cacao como un proyecto adicional y una oportunidad de innovación circular (Guayza Carpio 2021, 15).

Finalmente, la testa o cascarilla representa entre el 10 y 12 % del peso total del grano de cacao seco en promedio, sin embargo, esto varía dependiendo la variedad o tipo de cacao según menciona Nogales (2017, párr. 3). De este desecho orgánico, se puede desarrollar una infusión a base de testa de cacao como se aprecia en el diagrama de flujo de la figura 20, con el objetivo de aprovechar este subproducto de la elaboración de pasta y chocolate, debido a que la cascarilla conserva ciertos rasgos aromáticos propios a la almendra, que se suman a los polifenoles y su textura fibrosa y crujiente (Álvarez y Quilumba 2018, 20).

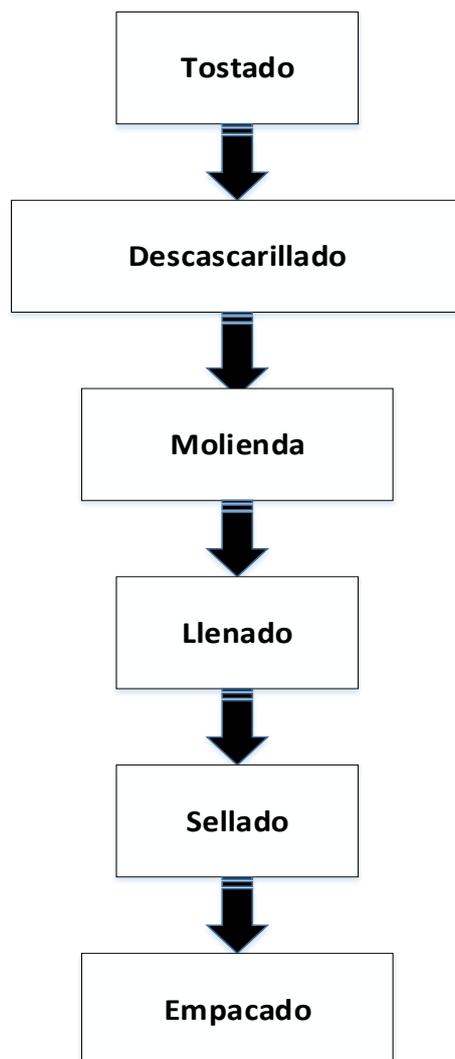


Figura 20. Diagrama de flujo para elaboración de Té de testa de cacao

La testa de cacao posee fibra, proteínas, minerales, carbohidratos, grasas, etc. Por lo que también se utiliza dicha cáscara para la elaboración de bebidas fermentadas y no fermentadas, además de néctares, pectinas y productos orientados para el mejoramiento de la salud humana. Como se observa en las figuras 20 y 21, a la cascarilla del grano de cacao, se la puede utilizar como subproducto para la preparación de infusiones en agua caliente, ya que posee alcaloides inherentes a la almendra como teobromina y cafeína vinculados al grano, que a su vez provocan efectos estimulantes al sistema nervioso central, que permite incrementar la atención y la energía, reducir la fatiga y mejorar el rendimiento físico y mental (Álvarez y Quilumba 2018, 22).



Figura 21. Té de testa de cacao sellado y empacado

3. Aplicación del modelo NTE INEN-AFNOR XP X30-901 para el desarrollo de una línea base para determinar la viabilidad de un proyecto circular.

“La organización encargada de desarrollar el proyecto de pectina de albedo de la mazorca de cacao como subproducto del proceso de cosecha: una propuesta práctica de economía circular, debe establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente el sistema de gestión de proyectos de economía circular de acuerdo con los requisitos de esta norma, incluidos los procesos necesarios y sus interacciones. Para enriquecer su sistema de gestión y los procesos relacionados, la organización debe considerar su análisis de desafíos, riesgos y oportunidades, así como las expectativas compartidas de las partes interesadas” (NTE INEN-AFNOR XP X30-901, 11).

La matriz de 3 (dimensiones) x 7 (campos de acción), cuya representación se muestra en la tabla 18, es el núcleo del sistema de gestión de proyectos de economía circular. Esta herramienta debe movilizarse en cada paso del proceso de mejora continua. El uso de esta herramienta también debería permitir a las organizaciones evaluar y tomar medidas sobre la transferencia del impacto de sus acciones en cada etapa del proceso de mejora continua (NTE INEN-AFNOR XP X30-901, 12).

Se escogió para el análisis los campos de acción: abastecimiento sostenible, simbiosis industrial y gestión eficaz de materiales o productos al final de su vida útil, debido a la pertinencia del proyecto de gestión de residuos orgánicos, como materia prima para la elaboración de pectina para la industria de alimentos cárnicos, lácteos y de confitería.

Tabla 18
Matriz de 3 (dimensiones) x 7 (campos de acción), como representación esquemática del sistema de gestión de proyectos que contribuye a la economía circular

		Dimensiones		
		Ambiental	Económica	Social
Campos de acción	Abastecimiento sostenible	Utilización de recursos sostenibles como los residuos de la cáscara de mazorca de cacao, para una gestión sostenible de recursos agrícolas, y su posterior análisis de la cadena de suministro, compras sostenibles. Podemos sustituir las materias primas que utilizamos actualmente por materias primas extraídas o producidas bajo condiciones respetuosas con el medio ambiente. Permite asegurar la trazabilidad y la calidad de las materias primas	Impacto en el desarrollo de la organización, gestión eficaz de los recursos y aprovechamiento de residuos orgánicos a un costo accesible para transformación y obtención de pectina de albedo de mazorca de cacao. Se generarían métricas para cuantificar el abastecimiento, esto tiene un efecto impulsador del mercado Permite valorizar al máximo el capital material para sostener nuestro abastecimiento y nuestra actividad	Valorización de los recursos, relaciones y condiciones de trabajo mejorarían a través de una nueva línea de producción que incrementaría puestos laborales de agricultores y profesionales del sector agroindustrial. El abastecimiento va a permitir desarrollar infraestructuras de transporte beneficiosas para la población local. Sustituir el uso de materias primas que inherentemente tienen un impacto negativo en la salud de los trabajadores
	Ecodiseño	-----	-----	-----
	Simbiosis industrial	Intercambios de flujos de materias primas entre empresas. El desecho de la producción de cacao es materia prima para la industria de insumos alimentarios. Pueden nuestros flujos salientes (y en particular nuestras externalidades: residuos,...) constituir insumos para las organizaciones vecinas. Podemos obtener beneficios por la mutualidad de nuestros suministros de materiales o energías con las organizaciones vecinas.	Intercambios de flujos, sinergias entre organizaciones, economía compartida. Se abaratan costos de abastecimiento de materia prima. Se puede buscar mecanismos para garantizar a la organización vecina la calidad y la trazabilidad de las materias primas secundarias o del reciclaje de los intercambios de flujos. Se debe determinar los costos y beneficios de la sustitución o de la mutualidad de servicios o productos	Ecosistema local, valorización de recursos. Aumento de la producción, aumento de oportunidades laborales. Se debe determinar en qué medida pueden compartirse uno o más puestos de trabajo con las empresas vecinas y así crear nuevos puestos de trabajo.
	Economía funcional	-----	-----	-----

Consumo responsable	-----	-----	-----
Extensión de la vida útil	-----	-----	-----
Gestión eficaz de materiales o productos al final de su vida útil	Reducción del residuo final de la producción de cacao (cáscaras), clasificación y cuantificación de residuos, recolección, gestión y tratamiento de residuos, reciclaje y transformación de materiales. Se puede involucrar otros campos de acción de la economía circular para reducir al mínimo la producción de desechos finales.	Creación o refuerzo de cadenas de gestión. Optimización de desechos (cáscara de cacao) a través de la generación de valor, pectina de albedo de mazorca de cacao. La calidad de las materias primas permite realizar ahorros o ingresos de valorización en materiales salientes.	Desarrollo de cadenas generadoras de valor social. Se debe informar a los propietarios, diseñadores y canales sobre las soluciones de recolección, gestión, tratamiento y valorización de sus desechos.

Fuente: NTE INEN-AFNOR XP X30-901 (2019). Economía circular – sistemas de gestión de proyectos de economía circular
Elaboración propia

Para desarrollar una línea base que determine la viabilidad del proyecto circular, relacionada a la obtención de pectina, también es necesario aplicar la innovación circular basada en tres ejes que son: la razón de ser del proyecto, las metas y objetivos y las acciones a emprender para llevar a cabo la iniciativa. Para esto es fundamental conocer la trama de valor del sector cacaotero, cuál es el producto más demandado y exportado, pero, sobre todo, dónde se generan las mayores pérdidas por desechos y desperdicios de materia orgánica que puede ser aprovechada y procesada para generar valor agregado.

Fomentar un funcionamiento eficiente del sistema de gestión, implica, además, que la organización debe establecer, implementar, mantener y mejorar de forma continua un sistema de gestión de proyectos de economía circular, que agregue los procesos fundamentales y las interacciones entre la praxis y la norma NTE INEN-AFNOR XP X30-901 en la que se basa la implementación del presente proyecto de economía circular. Adicionalmente, es prioritario para la organización considerar los desafíos, riesgos y oportunidades, al igual que las expectativas mutuas de las partes interesadas (NTE INEN-AFNOR XP X30-901, 11). Como se observa en la tabla 19, se aprecia la razón de ser del proyecto de acuerdo con el esquema establecido por la norma francesa AFNOR.

Tabla 19

Razón de ser del proyecto, interacción del cliente, operación de la organización y trama de recursos

Razón de ser del proyecto				
Finalidad de la organización por el intercambio comercial				
Beneficios	Costos	Impactos	Riesgos	
Rentabilidad por ofertar cacao fino de aroma de calidad		Generar alto impacto en el mercado	Limitaciones en el mercado nacional por falta de demanda	-----
Reducción de consumo de pesticidas tóxicos	Costos de pesticidas y fertilizantes orgánicos	Producto orgánico certificado difícil de competir en el mercado	Riesgos por baja productividad por uso de insumos orgánicos	-----
Incremento de la demanda de cacao orgánico		Reducción del impacto ambiental	-----	-----
<p>Trama Comercial (Interacción del Cliente): Procesos que realiza el cliente, visibles por la organización. Su acción y características son resultado de la forma como se ejecuta la operación de la organización.</p>				
Solicitar Producto	Aceptar propuesta de producto	Aceptar producto	Pagar producto	-----
Demanda de cacao certificado	El cliente acepta el producto	El cliente verifica su satisfacción del producto	Pago del producto	-----
Nivel de confiabilidad la certificación de cacao				-----
<p>Trama Comercial (Operación Organización): Procesos que realiza la organización visibles por el cliente para ofertar, entregar y capitalizar su innovación y le resultan relevantes para seleccionarnos sobre otras opciones</p>				
Proponer intercambio	Entregar valor (producto)	Capturar valor (reconocer ingreso)	Asesoría técnica o de uso	Producto y garantía
Ofertar productos de calidad	Ventajas y beneficios del producto	Reconocimiento de pago en cuenta bancaria	Usos del producto	Garantizar entrega del volumen de cacao establecido
<p>Tramas de Recursos: Patrones que abastecen los recursos requeridos por la trama comercial</p>				
Recursos humanos	Materiales	Maquinaria	Método	Medio

10 agricultores, 10 cosechadores y 5 encargados de postcosecha.	Semilla certificada, Pesticidas, fungicidas y fertilizantes orgánicos, Machetes, tijeras, lampas, motoguadañas	Módulos de fermentación con control de temperatura y humedad	Protocolo de cosecha y postcosecha	Certificación: BPM, HACCP ISO 9001:2015
2 técnicos encargados de control de calidad, 1 ingeniero agroindustrial	Reactivos, guillotinas	Equipos de laboratorio	Metodologías de análisis de calidad	

Fuente: NTE INEN-AFNOR XP X30-901 (2019). Economía circular – sistemas de gestión de proyectos de economía circular
Elaboración propia

La trama de valor para la obtención de pectina de albedo de mazorca de cacao, está relacionada al proceso de manufactura y al producto final en sí. Es decir, la innovación debe ir enfocada tanto en el proceso y en el producto que se desea obtener, y sobre todo en el impacto que producirá en la economía circular. Dentro de las metas y objetivos de la organización que se dedica a la producción, postcosecha y valor agregado del cacao, el proyecto diseño de modelo de economía circular modifica la razón de ser de la organización, de estar en una posición de producción de grano seco de cacao para exportación, a generar otro tipo de valor a partir de los desechos orgánicos que se generan durante la etapa de cosecha como se muestra en la tabla 20 (Fundación Ellen MacArthur 2022, párr. 4).

Tabla 20
Metas y objetivos, efecto en la razón de ser del proyecto, trama comercial interacción del cliente, operación de la organización, complemento de recursos, e incorporación de tecnología base

Metas y objetivos				
Efecto en la Razón de Ser: El proyecto modificó la capacidad de logro de la razón de ser de la organización				
Beneficios	Costos	Impactos	Riesgos	
Incrementar el ingreso mensual		Aumentar las plazas de trabajo por aumento de volumen de producción	Sobre demanda	-----

Incrementar clientes	Reducir los costos de materia por aumento de volumen	Cumplir las normas legales en cuanto al lugar de elaboración de los productos	Posible competencia	-----
Trama Comercial (Interacción del Cliente): Acciones que realiza el cliente, visibles por la organización para realizar movimientos operativos, económicos o financieros requeridos para continuar la Trama Comercial.				
El cliente solicita producto	El cliente confirma el pedido	Cliente ejecuta el pago	Cliente recibe el producto	-----
Generar más de 500.000 consumidores de cacao y sus subproductos	Garantizar que 500.000 consumidores paguen por el producto hecho chocolate	Asegurar el pago por 100 Kg al día en promedio por cliente	Tener 100 Kg al día promedio por cliente	-----
Trama Comercial (Operación Organización): Patrones que producen resultados visibles por el cliente y le resultan relevantes para generar o detonar su respuesta.				
Productor ofrece el producto	Recibir requerimiento del producto	Productor confirma disponibilidad del producto	Productor factura servicio	Productor reconoce pago
Lograr una oferta suficiente de cacao certificado	Tener la capacidad para ofertar producto a 500000 de consumidores	Tener la capacidad para entregar 3 toneladas mensuales de productos	Tener la capacidad de generar 20 recibos mensuales	Tener la capacidad de reconocer 20 de depósitos mensuales
Complemento de Recursos El proyecto generará adecuaciones a las Tramas de Recursos para hacer posible la integración de la tecnología base.				
Recurso Humano	Materiales	Maquinaria	Método	Medio
Contar con personal que conozca de producción orgánica y calidad	Tener cáscaras de mazorca de cacao estabilizadas térmicamente e inocuas y libres de microorganismos	Diseñar y dimensionar nuevos equipos de tratamiento térmico, digestión ácida y secado	Protocolo de cosecha y digestión ácida	Normas BPMs HACCP FSSC 22000
Capacitar al personal en torno a la optimización de recursos	-----	-----	-----	-----
Incorporación Tecnología Base: El Proyecto incorporará el derecho de uso de una forma nueva organizacional que hace que el proyecto sea éste, y no otro proyecto.				
Recurso humano	Material	Maquinaria	Método	Medio
Persona encargada del marketing digital	Internet, programas, Chat gpt	Utilización de un equipo de cómputo con los programas establecidos de marketing	Diseñar un método de aprovechamiento de la cáscara de cacao	Utilización de internet

Fuente: NTE INEN-AFNOR XP X30-901 (2019). Economía circular – sistemas de gestión de proyectos de economía circular
Elaboración propia

La aptitud y actitud de innovación de una organización está fundamentada por la capacidad para entender y contestar al cambio constante del entorno y de su contexto, tener la capacidad de adaptarse y encontrar nuevas oportunidades, además de adquirir conocimientos y habilidades para fomentar la creatividad del personal en la organización, en conjunta colaboración con partes interesadas externas. Una herramienta normativa muy útil para el correcto desarrollo de este proyecto de innovación circular es, la norma ISO 56002:2019, que proporciona una guía para la gestión de la innovación de este modelo de economía circular aplicado a la agroindustria, que permite adoptar el método de planificar, hacer, verificar y actuar para la mejora continua de la organización y facilitar las acciones a emprender como se muestra en la tabla 21 (ISO 56002:2019, vii).

Tabla 21

Acciones a tomar, efecto en la razón de ser del proyecto, trama comercial interacción del cliente, operación de la organización, complemento de recursos, e incorporación de tecnología base

Acciones a tomar				
Efecto en la Razón de Ser: El proyecto modificó la capacidad de logro de la razón de ser de la organización				
Beneficios	Costos	Impactos	Riesgos	-----
Producto nuevo que aporta a la Economía Circular	Costos de nueva maquinaria	Nuevo producto a partir de un desecho que impacta en la Economía Circular	Que no exista la suficiente aceptación de los nuevos consumidores	-----
	Costos en capacitaciones de personal			-----
Trama Comercial (Interacción del Cliente). Acciones que realiza el cliente, visibles por la organización para realizar movimientos operativos, económicos o financieros requeridos para continuar la Trama Comercial.				
El cliente solicita producto	El cliente confirma el pedido	Cliente ejecuta el pago	Cliente recibe el producto	-----
Nuevo Producto que aporta a la Economía Circular	Nueva pectina a partir de albedo de cáscara de mazorca de cacao	Implementar nuevas opciones de pago	Producto con mayor valor agregado	-----
Trama Comercial (Operación Organización)				
Patrones que producen resultados visibles por el cliente y le resultan relevantes para generar o detonar su respuesta.				
Productor ofrece el producto	Recibir requerimiento del producto	Productor confirma disponibilidad del producto	Productor factura servicio	-----
Ofertar albedo estabilizado térmicamente e inocuo para elaboración de pectina	Albedo estabilizado e inocuo a partir de proceso de pasteurización y optimización	Reingeniería del proceso de cosecha y creación de una nueva línea de producción	Verificar facturas por cacao certificado y por pectina de albedo de cacao	-----
Complemento de Recursos				

Incorporaciones, modificaciones o bajas a las tramas de recursos actuales para hacer factible la incorporación de la tecnología medular.				
Recurso humano	Material	Maquinaria	Método	Medio
Capacitar al personal en el uso del nuevo digestor y secador	Abastecimiento de albedo de cacao estabilizado e inocuo	Nuevo equipo de digestión y secado	Nueva metodología del proceso de cosecha y digestión	BPMs HACCP FSSC 22000
		Mecanismo de pasteurización de albedo		
Incorporación Tecnología Base Adquisición, contratación, arrendamiento, desarrollo, co-desarrollo, adaptación, modernización ¿Qué ejecuto para lograr el objetivo?				
Recurso humano	Material	Maquinaria	Método	Medio
Personal capacitado e instruido técnicamente en normativa, procesos y economía circular	Abastecimiento de albedo de cacao estabilizado e inocuo	Capacidad de producción o de procesamiento superior. Biodigestor Secadores Molinos Dimensionamiento de maquinaria para una planta agroindustrial de producción de pectina	Desarrollo e implementación de un nuevo método de cosecha y estabilización que optimice el albedo. Diseño de una planta agroindustrial de producción de pectina	Guía de ISO 56002:2019 Norma NTE INEN-AFNOR XP X30-901 ISO 14001:2015 Certificaciones de inocuidad BPM, HACCP, FSSC 22000

Fuente: NTE INEN-AFNOR XP X30-901 (2019). Economía circular – sistemas de gestión de proyectos de economía circular

Elaboración propia

Lo que caracteriza este proyecto en torno al cambio de su giro de negocio, es la innovación basada en la economía circular -como se observó de la tabla 19 a la 21-, es decir, se aplicó la norma NTE INEN-AFNOR XP X30-90, junto con los campos de acción: abastecimiento sostenible, simbiosis industrial y gestión eficaz de materiales o productos al final de su vida útil. También se aplicará la matriz de planificación -5W 2H- para la implementación del proyecto, como se indica en el anexo 3, esto permite a su vez la creación de una línea de investigación futura para dar continuidad al estudio.

Es importante mencionar que el proyecto de elaboración de pectina a partir de albedo de mazorca de cacao, está alineado al ODS número 12, que establece una producción y consumo responsable y, sobre todo, una gestión correcta de los residuos de la agroindustria. El objetivo 12 y la economía circular del mismo modo, están estrechamente relacionados, ya que ambos buscan promover prácticas sostenibles en la producción y el consumo para reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia en el uso de los recursos. Si se llega a implementar el proyecto, pectina de albedo de la mazorca de cacao como subproducto del proceso de cosecha, se aportaría estratégicamente al

fortalecimiento de la economía circular, y se brindaría una respuesta práctica para avanzar en el logro del objetivo 12 y, a su vez, contribuir al desarrollo sostenible en general. Con este capítulo se explica el cómo y el porqué de la respuesta a la pregunta central de investigación (Estrategia Desarrollo Sostenible 2023, párr. 4).

4. Discusión de la evaluación y aplicabilidad del estudio

El estudio “Pectina de albedo de la mazorca de cacao como subproducto del proceso de cosecha: una propuesta práctica de economía circular”, es totalmente viable y aplicable dentro del marco de la economía circular de la norma NTE INEN-AFNOR XP X30-90, debido a que es económicamente sostenible, ambientalmente amigable y socialmente responsable. Es fundamental mencionar que el precio de la pectina por kilo puede variar dependiendo del proveedor y la calidad del producto. En general, el precio promedio de la pectina por cada kilogramo oscila entre \$30 y \$35 dólares americanos en el mercado ecuatoriano –según sondeos en el mercado local-, esto significa que tiene un precio de comercialización atractivo para su aplicación a través de un emprendimiento sostenible, y deja la puerta abierta para un estudio más profundo de implementación del proyecto, con un estudio de pre-factibilidad técnico, económico y de mercado. Es ambientalmente amigable porque evita el desperdicio de 3 371 490 toneladas de cáscaras de cacao al año, esto significa disminuir sustancialmente la huella ecológica y adicionalmente aporta de manera significativa a la responsabilidad social, debido a que brinda nuevas fuentes de empleo a más de 700 000 personas que están involucradas directamente en la actividad productiva, tanto profesionales como agricultores relacionados al sector agrícola y agroindustrial (González et al. 2022, 1).

5. Impacto en la economía circular a nivel ambiental, social y tecnológico

Si realmente se quiere cambiar el modelo de producción económico e introducir una economía circular, se necesita crear un sistema que garantice que los residuos y los subproductos agrícolas estén completamente clasificados y cuantificados, priorizando los productos con mayores rendimientos. Se debe determinar los niveles máximos a nivel nacional para el uso y producción de materiales biológicos o sus derivados, que sean importantes para la investigación, el desarrollo y la innovación en el contexto de la bioeconomía (EC Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2021, 94).

El sector cacaoero del país produjo en promedio 3 371 490 toneladas de cáscaras al año, las cuales se desperdiciaron en el periodo de tiempo señalado, gestionar adecuadamente esta materia orgánica implica optimizar y aprovechar recursos pero por sobre todo, esto significa disminuir la huella ecológica, debido a que el porcentaje en que la biocapacidad excede la huella ecológica en Ecuador es del 11 %, un promedio bastante bajo respecto a otros países de América Latina (Uruguay 641 %, Bolivia 358 %, Brasil 233 %, Paraguay 228 %, etc.), por este motivo, el aprovechamiento de este subproducto no solo produce réditos económicos e innovación, sino que genera un impacto positivo en el ambiente y en la economía circular (Global Footprint Network 2021).

El impacto que generaría en la economía circular el aprovechamiento de las cáscaras que se desperdician por la mala gestión de residuos, es de un alcance y un espectro muy amplio, debido a que no solo contribuye a reducir la huella ecológica por emisiones de CO₂, producto de su descomposición, además tiene un alto componente de innovación e investigación en el campo agroindustrial. Permite el desarrollo e implementación de nuevos procesos y productos, contribuye a la inclusión y generación de nuevos empleos y plazas de trabajo, tanto para moradores de las zonas productoras de este cultivo, como para profesionales relacionados al área de alimentos, calidad, biotecnología, agroindustria y química aplicada (Guayza Carpio 2021, 15).

En el ámbito tecnológico exige la investigación y desarrollo de nuevos procesos de transformación y de estabilización térmica del albedo de mazorca de cacao, que permitan captar de manera inocua el subproducto procedente de la cosecha del grano, además, se requiere el diseño de una planta agroindustrial de producción de pectina y otros subproductos del cacao que pueden procesarse, en donde se incorpore las normas, requisitos y guías de sistemas integrados de gestión. Dentro de la aplicación del modelo de EC, el proyecto se enmarca en el campo de acción de simbiosis industrial de la economía circular de la norma NTE INEN-AFNOR XP X30-901, (8), que será detallada en el anexo 1. Toda la etapa de pre factibilidad, factibilidad, puesta en marcha y control del proyecto es fundamental para determinar la viabilidad de esta iniciativa circular. Todo esto está enmarcado dentro de indicadores económicos, ambientales y sociales que serán descritos en el anexo 2. Finalmente, la matriz de planificación -5W 2H- que servirá como línea base para la implementación del proyecto, se indica en el anexo 3, esto permite a su vez la creación de una línea de investigación futura para dar continuidad al estudio.

Es preciso analizar lo descrito en los párrafos anteriores, debido a que no se puede concebir un estudio profundo de economía circular en el sector agrícola del Ecuador, sin

conocer primero los antecedentes de este tema en el campo real; en el ámbito rural que es donde se desea aplicar la economía circular ligada a la producción de cacao. Para que exista un verdadero éxito en la aplicación de este modelo económico en el agro nacional, es fundamental que existan condiciones previas, básicas, como un plan nacional de desarrollo agrícola, una verdadera política de estado y compromiso del gobierno con el sector agrícola. Es de vital importancia destinar recursos económicos del presupuesto general del estado, para repotenciar y financiar los proyectos de investigación e innovación circular de las distintas universidades públicas y privadas del país, conjuntamente con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, que es el ente estatal encargado de la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías agrícolas y agroindustriales del Ecuador; a su vez, se debe fomentar la logística necesaria para que haya una adecuada y sostenida transferencia de tecnología y capacitación hacia los gremios de productores para su puesta en marcha.

Es fundamental y urgente vincular el sector productivo con el académico; además, el Estado debe ejercer de intermediario entre estos dos sectores para poder obrar de manera coordinada y planificada acerca de cuáles son las metas que se busca como gobierno respecto a la economía circular. Además, establecer con claridad los objetivos requeridos por el sector cacaotero para aplicar la optimización, aprovechamiento y utilización adecuados de los subproductos de la producción, postcosecha e industria del cacao. Si no existe en la práctica esta acción coordinada entre estos tres actores, es muy difícil hablar de una verdadera aplicación que alcance de manera integral y generalizada la ejecución del estudio de economía circular en el sector cacaotero del país.

Por los motivos mencionados, se concluye que el impacto en la economía circular que generaría este proyecto es beneficioso, no solo para el desarrollo rural cacaotero, sino también para el cuidado ambiental y el progreso económico del país, ya que se iniciaría una etapa de puesta en marcha de la economía circular, aplicada a la agroindustria y al aprovechamiento de los residuos que se generan como resultado de esta actividad productiva. También deja la puerta abierta para otro proyecto de investigación o línea de investigación futura, que es la utilización de la testa o cascarilla de cacao como subproducto de la postcosecha, para su utilización como materia prima para la elaboración de bebidas energizantes y bioplástico para empaques de alimentos, a escala industrial.

Conclusiones

Los residuos son alimento.
(William McDonough y Michael Braungart,
De la cuna a la cuna. 2002)

El beneficio de realizar el proyecto de obtención de pectina de albedo de la mazorca de cacao como subproducto del proceso de cosecha, para una propuesta práctica de economía circular fue haber establecido los parámetros iniciales para reducir el desperdicio de 3 371 490 toneladas de cáscaras de cacao, que normalmente se generan en el año según datos del INEC (2023, 22), producto del proceso de cosecha de la mazorca de cacao (Guayza Carpio 2021, 15). Esto implica optimizar y aprovechar recursos procedentes del agro, mediante el procesamiento industrial a través del diseño de una planta agroindustrial de producción de pectina, para la obtención de un espesante para la industria de alimentos. Pero por, sobre todo, esto significa disminuir la huella ecológica mediante la aplicación del campo de acción de simbiosis industrial de la norma NTE INEN-AFNOR XP X30-901, debido a que el porcentaje en que la biocapacidad excede la huella ecológica en Ecuador es del 11 %, respecto a otros países de América Latina. Por esta razón, el aprovechamiento de este subproducto no solo producirá réditos económicos e innovación, sino que generará un impacto positivo en el ambiente y a nivel social en la ruralidad (Global Footprint Network 2021).

El estudio “Pectina de albedo de la mazorca de cacao como subproducto del proceso de cosecha: una propuesta práctica de economía circular”, es totalmente viable y aplicable dentro del marco de la economía circular y el ODS 12, debido a que es económicamente sostenible, ambientalmente amigable y socialmente responsable, por motivo que el sector cacaotero agrupa aproximadamente 700 000 personas que están involucradas directamente en la actividad productiva y que podrían beneficiarse del potencial proyecto (González et al. 2022, 1). Es fundamental mencionar en cuanto a lo económico, que el precio promedio de la pectina por cada kilogramo oscila entre \$30 y \$35 dólares americanos en el mercado ecuatoriano –según sondeos en el mercado local-, esto significa que tiene un precio de comercialización atractivo para un emprendimiento sostenible ligado al sector agroindustrial, y deja la puerta abierta para un estudio más profundo de implementación del proyecto, con un estudio basado en la pre-factibilidad

técnica, económica, financiera y de mercado que puede significar un nuevo rubro agroindustrial circular para el sector cacaotero del país.

Por otro lado, también se genera un potencial proyecto o línea de investigación futura, relacionada con la optimización y utilización de la testa o cascarilla de cacao que se obtiene como subproducto de la postcosecha, para su aprovechamiento como materia prima en la elaboración de bebidas energizantes y/o bioplástico para empaques de alimentos, a escala industrial. Finalmente, según datos del INEC (2023, 22) la producción de cacao seco en grano es de 337 149 toneladas, y la testa o cascarilla representa entre el 10 y 12 % del peso total del grano de cacao seco, sin embargo, esto varía dependiendo la variedad o tipo de cacao según menciona Nogales (2017, párr. 3). Esto implica que la cantidad de desecho –testa o cascarilla- que se genera es de 33 714 toneladas al año, disponibles para elaborar bioplástico, concerniente a empaques biodegradables que aporten al campo de acción de ecodiseño de los productos, según la norma NTE INEN-AFNOR XP X30-901.

La matriz de planificación presentada en el anexo 3, sirve como línea base para un estudio posterior más profundo referente a un análisis de pre-factibilidad técnico, ambiental, económico, financiero y de mercado, que permita determinar la viabilidad de ejecución para un proyecto de economía circular.

Obras citadas

- Addosio, R., G. Páez, M. Marín, Z. Mármol, y J. Ferrer. 2005. “Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener)”. *Revista de la Facultad de Agronomía* 22 (3): 5-17. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182005000300004.
- Álava Zambrano, Wiston Adrián. 2020. “Caracterización física-química del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* l.), con énfasis en los azúcares que lo componen”. Tesis de maestría, Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ALAVA%20ZAMBRANO%20WISTON%20ADRIAN.pdf>.
- Alcívar Murillo, Leonardo Lenin, y Wilmer Wagner Alcívar Guadamud. 2020. “Valoración nutricional de la cáscara de cacao y su potencial uso en nutrición de bovinos”. Tesis de maestría, Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/21957/1/T-ESPE-043565.pdf>.
- Almeida-Guzmán Marcia, y César Díaz. 2020. “Economía circular, una estrategia para el desarrollo sostenible. Avances en Ecuador”. *Estudios de la gestión: Revista internacional de administración*, n.º (8): 35-57. doi: <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8>. 10 <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/eg/article/view/2407/2317>.
- Almeida-Guzmán Marcia, Sandra Almeida, Adriana Rodríguez Caguana y Ariruma Kowii. 2023. “Economía comunitaria y circular, conocimiento ancestral andino. Caso Warmikuna NATABUELA”. *Estudios de la gestión: revista internacional de administración*, (14): 128-53. doi: <https://doi.org/10.32719/25506641.2023.14.4>.
- Álvarez Karla, Francisco Quilumba. 2018. “Aprovechamiento de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) para la elaboración de polvo y sus usos culinarios”. Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/35658/1/TESIS%20Gs.%20262%20-%20Aprovechando%20cascarilla%20de%20cacao.pdf>.
- Barazarte Humberto, Elba Sangronis, y Emaldi Unai. 2008. “La cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.): una posible fuente comercial de pectinas”. *Archivos*

Latinoamericanos de Nutrición 58 (1): 64-70.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000100009.

- Beckett, Stephen. 2008. *The Science of Chocolate*, 2.^a ed. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Bedoya, Carlos y Luis Dzul. 2015. “Minería a la inversa: un enfoque para la viabilidad de proyectos e iniciativas de construcción sostenible”. *Revista de Arquitectura e Ingeniería* 9 (3): 1-15.
- Bernardo, Mercedes. 2022. “La integración de los sistemas integrados de gestión como catalizador de la eco-innovación”. Ponencia presentada en el XIV Congreso Internacional de Calidad y V de Calidad Integrada: El arte y la ciencia de la calidad, Quito, 27 de octubre.
- Bogdanoff, Nicolás Mauricio. 2015. “Optimización de los procesos de obtención y concentración de pectina de naranja”. Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/48617/Documento_completo.pdf-f-DFA.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- BS 8001 Norma Inglesa. 2017. The world’s first standard for implementing the principles of the circular economy in organizations.
- Burgo Odalys, Vladimir Gaitán, Janneth Yáñez, Ángel Zambrano, Graciela Castellanos y José Estrada. 2019. “La economía circular una alternativa sostenible para el desarrollo de la agricultura”. *Revista Espacios* 40 (13): 2-6.
<http://bdigital2.ula.ve:8080/xmlui/handle/654321/6527>.
- Cerantola Nicola, y María Ortiz. 2018. “La economía circular en el sector agroalimentario”. ADICAE Asociación de Usuarios de Bancos, Cajas y Seguros. Proyecto: Alimentación sostenible: Consumir para vivir mejor.
<https://www.otroconsumoposible.es/publicacion/economia-circular.pdf>.
- Cramer, Jacqueline. 2022. *Building a Circular Future: Ten Takeaways for Global Changemakers*. Amsterdam: Amsterdam Economic Board.
- Cobeña, María, Azucena Rosillo, Mercy Reyna, Guillermo Hinostroza, y Kerly Cruz. 2013. *Metodología para la elaboración de proyectos de investigación*. New York: Dreams Magnet, LLC.
- Díaz Andrés, Bladimir Ramón y Gonzalo Moreno. 2022. “Caracterización físicoquímica de la cáscara de mazorca de cacao como posible uso en la elaboración de tableros

- aglomerados”. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación* 12 (1): 97-106. doi: <https://doi.org/10.19053/20278306.v12.n1.2022.14211>.
- EC Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. 2021. “Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador”. Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/05/Libro-Blanco-final-web_mayo102021.pdf.
- EC Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. 2022. “Plan nacional de calidad: 2022”. Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/PLAN-NACIONAL-DE-CALIDAD-2022.pdf>.
- EC. 2007. *Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad*. Registro Oficial 26, Suplemento, 22 de febrero.
- EC. 2008. *Constitución de la República del Ecuador*. Registro Oficial 449, 20 de octubre.
- EC. 2021. *Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva*. Registro Oficial 488, Suplemento, 6 de julio.
- Ekos. 2022. “Los 10 países a los que se exporta más cacao desde el Ecuador”. Ekos. 15 de febrero. <https://www.ekosnegocios.com/articulo/los-10-paises-a-los-que-se-exporta-mas-cacao-desde-el-ecuador/>.
- Eldemery, M. 2010. *Effect orange albedo as a new source of dietary fiber on characteristics of beef burger*. Egipto: Mansoura.
- Ellen MacArthur Foundation. 2020. “Circular de economía”. *Ellen MacArthur Foundation*. Accedido 17 de agosto. <https://bit.ly/3cvVaUL>.
- El Universo. 2022. “Ecuador deja huellas con su chocolate y el comercio justo en el mundo cacaotero, que celebra su día mundial”. *El Universo*. 7 de julio. <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/chocolate-ecuador-comercio-justo-dia-mundial-del-cacao-nota/>.
- ENEMDU. 2020. “Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo”. *INEC*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2020/Diciembre-2020/202012_Mercado_Laboral.pdf.
- Estrategia Desarrollo Sostenible. 2023. “Estrategia 2030 Desarrollo Sostenible, objetivo 12: Producción y consumo responsables, garantizar modalidades de consumo y de control sostenibles”. *Estrategia 2030*. Accedido 6 de noviembre. <https://estrategia2030.es/objetivo-12-produccion-y-consumos-responsables/>.

- FAO, OPS, WFP, y UNICEF. 2020. “Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe”. <https://www.fao.org/3/cb2242es/cb2242es.pdf>.
- FAO. 2020. “Cinco razones por las que una bioeconomía mundial sostenible y circular tiene sentido”. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1331255/>.
- Fernández, J., J. Fernández., E. Sayas y J. Pérez. 2005. Meat Products as Functional Foods: A Review. *Journal of Food Science* 70, 37-43 p.
- Fernández, M. (2016). La innovación en la empresa, Recuperado el 22 de septiembre de 2022 de <https://www.bing.com/search?q=Fern%C3%A1ndez+Sacristan%2C+M.+%282016%29+La+innovaci%C3%B3n+en+la+empresa&form=EDGSPH&refig=2e2bc812bb21430984b2e0d8bff159df&mkt=es->.
- Fundación Ellen MacArthur (2022). What is a Circular Economy? Recuperado el 8 de septiembre de 2022 de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto>.
- Global Footprint Network. 2021. Open Data Platform. https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.168301153.1174450424.1615997125-285388748.1615997125#/
- González Letty, Wilson Moreira y Alex Dueñas. 2022. “La cadena de comercialización del cacao fino de aroma, cantón Pichincha, Ecuador”. *ECA Sinergia* 13 (3): 86-95. doi: <https://doi.org/10.33936/ecasinergia.v13i3.4689>.
- Guayza Carpio, Franklin Leonardo y Melyssa Denysse, Valverde Macías. 2021. “Economía Circular: Aprovechamiento de Residuos del Cacao en Fincas de Vinces, uso Potencial como Materia Prima para su Industrialización”. Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/55423/1/ICT%20-%20012-%202020%20-%20T2%20TRABAJO%20DE%20TITULACIÓN%20FINAL.pdf>.
- Gutiérrez-Villach Quim. 2023. “Las 9 R de la Economía Circular”. *Sostenible o Sustentable*. 20 de abril. <https://sostenibleosustentable.com/es/economia-verde/9-r-de-la-economia-circular/>
- INEC. 2014. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria, Superficie, Producción y Ventas Según Región y Provincia Cacao. Quito: Ecuador en cifras.

- . 2023. “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2022”. *INEC*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/PPT_%20ESPAC_%202022_04.pdf.
- ISO 56002. 2019. ISO 56002:2019 Gestión de la Innovación-Sistema de Gestión de la Innovación-Orientación.
- ISO 59000. 2023. ISO59004: Economía Circular “Terminología, principios y orientación para la implementación”. Norma en proceso. <https://www.wearesustainn.com/iso-standards-implementar-la-economia-circular/>.
- Lee, Y. S., y Wiley R. C. 1970. “Measurement and characterization of pectinesterase in apple fruits”. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 95, 465-8.
- León, Fersenth, Jorge Calderón, y Elsa Mayorga. 2016. “Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador”. *Revista Ciencia UNEMI* 9 (18): 45-55. doi: <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss18.2016pp45-55p>.
- Linder, Marcus, y Mats Williander. 2015. “Circular Business Model Innovation: Inherent Uncertainties”. *Business Strategy and the Environment* 26 (2): 182-96. doi:10.1002/bse.1906.
- López, J., J. Fernández, J. Pérez, y M. Viuda. 2014. “Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var *flavicarpa*) co-products”. *Meat Science* 97: 270-6.
- MAAE. 2016. “Resumen del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Ecuador”. Serie temporal 1994-2012. Quito. <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/ECU/06%20Resumen%20Ejecutivo%20INGEI%20de%20Ecuador.%20Serie%20Temporal%201994-2012.pdf>.
- Mcdonough, Wiliam, y Michael Braungart. 2005. *Cradle to Cradle (De la cuna a la cuna)*. *Rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. McGraw-Hill/Interamericana de España S.A.
- Méndez Jordy, Freddy Zambrano, y Wilmer Ponce. 2021. “Metanización de la biomasa residual de dos variedades de cacao y caracterización nutricional del sustrato biodigerido”. *Biotempo* 18 (2): 167-76. doi:10.31381/biotempo.v18i2.4318.
- Molina Junior, Hugo Martínez, y Margarita Andrade. 2019. “Potencial Agroindustrial del Epicarpio de Maracuyá como Ingrediente Alimenticio Activo”. *Información*

Tecnológica 30 (2): 245-56. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000200245>.

Murillo Silvia, Fortunato Ponce, y María de Jesús Huamán. 2020. “Características físicoquímicas, compuestos bioactivos y contenido de minerales en la harina de cáscara del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.)”. *Manglar: Revista de Investigación Científica* 17 (1): doi:<http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.011>.

Naciones Unidas. 2023. “Objetivos de desarrollo sostenible, la agenda para el desarrollo sostenible”. *Organización de las naciones Unidas*. Accedido 4 de noviembre. [https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/#:~:text=Los%20Objetivos%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20\(ODS\)%20constituyen%20un%20llamamiento%20universal,personas%20en%20todo%20el%20mundo](https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/#:~:text=Los%20Objetivos%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20(ODS)%20constituyen%20un%20llamamiento%20universal,personas%20en%20todo%20el%20mundo).

Nakagawa H., H. Yanagawa, y H. Takehana. 1970. “Studies on pectolytic enzymes. Part V. Some properties of the purified tomato pectinesterase”. *Agricultural and Biological Chemistry* 34, 998-1003.

Nogales, Jairo. 2017. “Rendimiento en la producción y beneficio de cacao”. *Poscosecha Cacao Jairo Nogales*. Accedido 12 de julio. <https://poscosechacacao.blogspot.com/2017/08/constantes-factores-de-correccion-e.html>.

NTE INEN-AFNOR XP X30-901. 2019. Economía circular-Sistemas de gestión de proyectos de economía circular-requisitos y directrices (AFNOR XP X30-901:2018, IDT).

Orozco, Mónica. 2022. “Cacao marca récord de exportaciones por segundo año consecutivo”. *Primicias*. 19 de febrero. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/cacao-marca-record-de-exportaciones-por-segundo-ano-consecutivo/>.

Parlamento Europeo. 2022. “Economía circular: definición, importancia y beneficios”. *Noticias Parlamento Europeo, Artículo*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2015/12/story/20151201STO05603/20151201STO05603_es.pdf.

Peinado, J. 2007. *Gestión de la producción: las operaciones industriales y de servicios*. Curitiba: Unicenp.

- Perera C. O., y A. D. Perera. 2005. "Enzymes as functional ingredients". En *Handbook of food science, technology and engineering*, editado por Hui Y. H. CRC Press.
- Pinargote Vaca, Diego Paolo, y Joseph Henry Ruíz Zambrano. 2020. "Efecto reológico de la pectina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) en la calidad físicoquímica de mermelada de naranja". Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1281/1/TTAI05D.pdf>.
- Ramírez-Romero, César. 2023. *Aprovechamiento del mucílago de cacao en la economía circular*. Quito: Editorial Académica Española / Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.
- Riera María, Silvina Maldonado, y Ricardo Palma. 2018. "Residuos Agroindustriales Generados en Ecuador para la Elaboración de Bioplásticos". *Revista Ingeniería Industrial* 17 (3): Article 3. <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/3924>.
- Stahel, Walter R. 1982. "THE PRODUCT-LIFE FACTOR". An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies: The Role of the Private Sector. Houston area Research Center. <https://www.quebeccirculaire.org/data/sources/users/4/32217.pdf>.
- Suárez, Marlyn, y Rosa Marín. 2019. "Rendimiento de la pectina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) como estabilizante en mermelada de naranja". *Revista Cien. Tecn. Agrollanía* 18 (3): 29-34. <http://www.postgradovipi.50webs.com/archivos/agrollania/VOL18/ARTICULO4.pdf>.
- Ugalde, Oscar. 2021. "Evolución histórica-epistemológica de la economía circular: ¿Hacia un nuevo paradigma del desarrollo?". *Economía y Sociedad* 26 (59): 1-13. doi: <https://doi.org/10.15359/ey.s.26-59.5>.
- Valdez, Francisco. 2019. "Evidencias arqueológicas del uso social del cacao en la Alta Amazonía". *Revista de historia, Patrimonio, Arqueología y Antropología Americana* (1): 117-34. <http://www.rehpa.net/ojs/index.php/rehpa/article/view/10>.
- Versteeg, C., F. M. Rombouts, Spaansen, y W. Pilnik. 1980. "Thermostability and orange juice cloud-destabilizing properties of multiple pectinesterases from orange". *Journal of Food Science* 45, 969972.
- Volker, Raúl, Ezequiel Bessouat, y Débora Sauco. 2021. "Las pymes argentinas en desarrollo de economía circular, Un estudio de casos en la Región Metropolitana

en el periodo 2007-2016”. Buenos Aires: Universidad Abierta Interamericana.
<https://www.teseopress.com/laspymesargentinasendesarrollodeeconomiacircular/chapter/de-negocios-circulares/>.

World Economic Forum. 2019. “Economía Circular: Estas 11 empresas están liderando el camino de la economía circular”. *WeForum*. 11 de marzo.
<https://es.weforum.org/agenda/2019/03/estas-11-empresas-estan-liderando-el-camino-de-la-economia-circular/>.

Zegada, Vanesa. 2015. “Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO)”. *Investigación y Desarrollo* 1 (15): 65-76. http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v1n15/v1n15_a07.pdf.

Anexos

Anexo 1: Propuesta de modelo de negocio según las tres dimensiones de desarrollo sostenible

Dimensiones del desarrollo sostenible	Aplicación de la economía circular
<p>Ambiental: Disminuir el impacto ambiental</p>	<p>Reducir el desperdicio de 3 371 490 toneladas de cáscaras de mazorca de cacao al año. Reducir la diseminación de enfermedades y plagas por descomposición de cáscaras de mazorca de cacao. Preservar la calidad de los suelos cultivables. Preservar los nutrientes de la capa arable. Reducir la emisión de gases de efecto invernadero por descomposición de materia orgánica (cáscaras de mazorca de cacao). Preservar la calidad del agua y de los suelos.</p>
<p>Económica: Aumentar la eficacia en el uso de los recursos</p>	<p>Transformar desechos orgánicos en producto aprovechable (pectina) que se vende a 30\$ por cada kilogramo. Optimizar y aprovechar recursos procedentes del agro mediante el procesamiento industrial a través del diseño de una planta agroindustrial de producción de pectina. Investigación, innovación y desarrollo de nuevo proceso y producto</p>
<p>Social: Mejorar el bienestar de las partes interesadas internas y externas</p>	<p>Debido a que el sector cacaoero agrupa aproximadamente 700 000 personas que están involucradas directamente en la actividad productiva y que podrían beneficiarse del potencial proyecto de prefactibilidad técnica, económica, financiera y de mercado. Incremento de plazas de trabajo en el campo agroindustrial para el sector rural.</p>

Fuente: AFNOR XP X30-901 (INEN 2020); Almeida-Guzmán, Almeida, Rodríguez Caguana y Kowii (2023).

Elaboración propia

Anexo 2: Indicadores de negocio según las tres dimensiones de desarrollo sostenible (económico, social y ambiental)

Dimensiones del desarrollo sostenible	Indicadores de negocio
Ambiental: Disminuir el impacto ambiental	$Eficacia = \frac{Residuos\ transformados}{Residuos\ acopiados}$
Económica: Aumentar la eficacia en el uso de los recursos	$Eficacia = \frac{Pectina\ producida}{Residuos\ programados}$ $Eficiencia = \frac{Recursos\ presupuestados}{Recursos\ utilizados}$ $Productividad = \frac{Resultados\ obtenidos}{Recursos\ utilizados}$
Social: Mejorar el bienestar de las partes interesadas internas y externas	$Eficiencia = \frac{Operadores\ programados}{Operadores\ utilizados}$ $Productividad = \frac{Resultados\ obtenidos}{Trabajadores\ utilizados}$ $Eficacia = \frac{Personal\ en\ industria(pectina)}{Personal\ del\ sector\ cacaotero}$

Fuente: AFNOR XP X30-901 (INEN 2020). EC Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca (2022).
Elaboración propia

Anexo 3: Matriz de planificación 5W2H para la implementación del proyecto

¿Qué?	Enunciado claro	Nombre del proyecto	Implementación de una planta agroindustrial para la obtención de pectina de albedo de la mazorca de cacao como subproducto del proceso de cosecha: una propuesta práctica de economía circular
	Forma de medir, cuantificar, verificar	Meta del proyecto	Realizar un estudio de pre-factibilidad técnico, económico, financiero y de mercado para evaluar la implementación de una planta agroindustrial, para obtener pectina de albedo de mazorca de cacao en un periodo de un año. Se cuantificará el volumen de producción de acuerdo con la materia prima disponible y la demanda del mercado. Además, se verificará y monitoreará su proceso de ejecución.
¿Por qué?	Que tan impactante es para la organización o para el proceso	Razones del proyecto	El proyecto tiene un alto impacto a nivel organizacional y externo ya que se alinea con el objetivo 12 de los ODS de Producción y Consumo Responsable, ligado a la Economía Circular
	Mejoras que se esperan conseguir al finalizar el proyecto	Mejoras por alcanzar	Se espera tener una planta de producción de pectina ligada al modelo de economía circular que permite generar recursos a partir de un subproducto o desecho orgánico del agro. Se aspira generar una nueva fuente de ingresos para el sector cacaotero.
¿Dónde?	Lugar donde se realizará el proyecto	Ventajas del lugar donde se edificará el proyecto	Noroccidente de Pichincha, Asociación de Productores Nueva Aurora. Pedro Vicente Maldonado. El lugar es estratégico por su cercanía a las fincas productoras de cacao, esto facilita el tema logístico de transporte de materia prima, además que tiene servicios básicos de energía eléctrica, agua, internet, fácil acceso y vías de primer y segundo orden en buenas condiciones, además está solo a dos horas de la ciudad de Quito.
¿Cuándo?	Fecha de inicio y finalización del proyecto	Periodo de realización	Se planifica iniciar el estudio del proyecto a mediados de junio de 2024 y concluirlo hasta junio del 2025 Una vez finalizado el estudio de pre-factibilidad, y después de realizar los ajustes pertinentes, se iniciará la ejecución del proyecto a finales del año 2025.

¿Quién?	Defina el /los responsables del proyecto	Nombre del Líder del proyecto	César Ramírez Responsable de proyecto
¿Cómo?	Metodología por seguir o técnica de implementación	Descripción del plan de ejecución	<p>Mediante un plan, a través de un cronograma de proyecto y una metodología de diseño, dimensionamiento de equipos, maquinaria y espacio físico de la planta agroindustrial (Lay out). Basado en las normas NTE INEN-AFNOR XP X30-901 de Economía Circular y Calidad integrada.</p> <p>A través de un estudio de pre-factibilidad, y factibilidad técnico, económico, financiero, ambiental y de mercado, que analice, evalúe y desarrolle este proyecto de innovación.</p> <p>Una vez validado y aprobado el estudio de factibilidad, se iniciará la puesta en marcha del proyecto de obtención de pectina de albedo de la mazorca de cacao como subproducto del proceso de cosecha: una propuesta práctica de economía circular. Se debe realizar el monitoreo y evaluación de desempeño del proyecto</p>
¿Cuánto cuesta?	Costos de ejecución del proyecto	Metodología para determinar los costos del proyecto	Para determinar los costos tanto del estudio de pre-factibilidad como de implementación del proyecto se realizará un análisis financiero. En la metodología para el análisis se utilizarán indicadores como la tasa interna de retorno (TIR), indicador que permite conocer la rentabilidad de un proyecto; el valor actual neto (VAN) y el punto de equilibrio (PE), que es el volumen de producción y ventas con el cual el ingreso total compensa exactamente los costos totales.

Fuente: Peinado, J (2007).

Elaboración propia