



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Caracterización de los residuos de cacao generados con potencial valor, para su uso en la industria alimentaria, en el cantón Santo Domingo, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Trabajo de titulación, Modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención de título de Ingeniería en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

AUTOR: Johanna Pamela Torres Castro

TUTOR: Ing. Ruth Narcisa Pérez Salinas

Ambato- Ecuador

Marzo 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

MSc. Ruth Narcisa Pérez Salinas

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este trabajo de Titulación bajo la modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 30 de enero del 2023

MSc. Ruth Narcisa Pérez Salinas

C.I. 180272662-8

TUTORA

DECLARACIÓN DE AUTENCIDAD

Yo, Johanna Pamela Torres Castro, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación Modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Johanna Pamela Torres Castro

C.I: 1804375754

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad de Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman

Presidente del Tribunal
Ing. Mg. Dolores del Rocío Robalino Martínez

Dr. Esteban Mauricio Fuentes Pérez
C.I: 1803321502

Dra. Liliana Alexandra Cerda Mejía
C.I. 1804148086

Ambato, 22 de febrero del 2023

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación o parte de él, como documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autora.



Johanna Pamela Torres Castro

C.I: 1804375754

AUTORA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, quien me ha dado la salud y vida para culminar este proyecto a pesar de todas las dificultades que se han presentad, ha sido un gran apoyo espiritual.

A mis padres Joselito y Rocío quienes me han inculcado los valores y principios que guían mi vida y a mis padres políticos Enrique y Nancy, quienes me han apoyado incondicionalmente en esta etapa de mi vida.

A los pequeños amores de mi vida Jean, Fernando y Erika, quienes representan mi motivación para ser su ejemplo de perseverancia y constancia a pesar de los obstáculos y a Caro quien es mi ejemplo de una mujer profesional.

A mi amado esposo Carlitos quien ha estado a mi lado y ha sido mi principal apoyo y fortaleza para no rendirme.

A Bryan, Eri y a todos quienes de alguna manera estuvieron presentes en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos primero a Dios quien es mi motivación espiritual en esta vida.

A mis padres y mis suegros que confiaron en mí y me han apoyado en todo lo necesario para poder culminar con esta etapa de mi vida.

Mi amado Carlitos, sin su ayuda y apoyo no lo hubiese logrado.

A mi tutora la Ing. Ruth Pérez por aceptar ser mi guía esta investigación, por su tiempo y paciencia para culminar este proyecto, le estaré siempre agradecida.

A la familia Díaz quienes me acogieron en Santo Domingo, gracias por su amabilidad y hospitalidad.

A todas aquellas personas que ayudaron a que pueda finalizar con este proyecto de investigación.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENCIDAD.....	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPITULO 1.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1 Justificación.....	1
1.1.2 Cacao	3
1.1.2.1 Fruto del árbol de cacao	4
1.1.2.2 Partes del fruto del Cacao	4
1.1.2.3 Composición química y nutricional de los residuos del cacao	4
1.1.2.3.1 Cáscara de cacao	5
1.1.2.3.2 Pulpa del fruto del cacao	6
1.1.2.3.3 Granos del fruto del cacao.....	6
1.1.2.3.4 Cascarilla del grano de cacao.....	7
1.1.2.4 Variedades producidas en el Ecuador	8
1.1.2.4.1 Cacao Sabor Arriba.....	8
1.1.2.4.2 CCN-51	8
1.1.3 Agroindustria del cacao en el Ecuador	9
1.1.3.1 Estimación nacional de residuos de cacao	10
1.1.4 Cantón de Santo Domingo.....	11
1.1.4.1 Actividades económicas.....	12

1.1.4.2 Cacao en la provincia de Santo Domingo	13
1.1.5 Cadena de valor del cacao	13
1.1.6 Producción de granos de cacao	15
1.1.6.1 Cosecha	15
1.1.6.2 Traslado y Recepción de frutos	16
1.1.6.3 Extracción del grano	16
1.1.6.4 Fermentación	16
1.1.6.5 Secado	16
1.1.6.6 Almacenaje, selección y embalaje	17
1.1.6.7 Tostado, descascarado y molienda de los granos de cacao	17
1.1.6.7.1 Tostado	18
1.1.6.7.2 Descascarado	18
1.1.6.7.3 Molienda	18
1.1.7 Usos convencionales de la cascara, mucilago y cascarilla	19
1.1.8 Residuos agroindustriales	20
1.1.9 Valorización de residuos agroindustriales	21
1.1.10 Biotecnología	21
1.1.11 Análisis Bromatológicos de alimentos	22
1.2 Objetivos de la investigación	22
1.2.1 Objetivo General	22
1.2.2 Objetivos específicos	23
CAPITULO 2	24
METODOLOGÍA	24
2.1 Métodos	24
2.1.1 Enfoque de la investigación	24
2.1.2 Tipo de investigación	24
2.1.3 Población	25
2.1.3.1 Muestra	25
2.2 Recolección de la información	26
2.2.1 Exploración en fuentes primarias y secundarias	26
2.2.1.1 Búsqueda de la información	27
2.2.2 Encuesta	27

2.2.2.1 Validación de la encuesta.....	28
2.2.2.2 Análisis de datos	29
2.2.2.2.1 Entrevista complementaria.....	29
2.2.3 Determinación bromatológica de residuos del cacao	30
2.2.4 Análisis de pH y grados Brix en mucílago	31
2.3 Materiales	31
2.3.1 Obtención de material para el análisis	31
CAPITULO 3.....	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
3.1 Composición bromatológica del cacao CCN-51 y sus derivados residuales ...	33
3.2 Empleo de los residuos de cacao en cantón Santo Domingo	36
3.2.1 Estimación de la generación de residuos de cacao	36
3.2.2 Resultados de la encuesta	37
3.2.2.3 Entrevista complementaria.....	47
3.3 Propuesta biotecnológica para la valorización de los residuos del cacao	50
3.3.1 Biotecnología a base de fermentación para la valorización de los residuos del cacao	50
3.3.1.1 Microorganismos en la obtención de compuestos	54
3.3.2 Ventajas de las herramientas biotecnológicas en el uso de residuos ...	57
3.3.2.1 Ventajas económicas.....	57
3.3.2.2 Ventajas industriales	59
3.3.2.3 Ventajas ambientales.....	59
3.3.3 Biocompuestos en los residuos de cacao	59
3.3.4 Obtención de biocompuestos de interés en residuos de cacao.....	61
CAPITULO 4.....	65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
4.1 Conclusiones	65
4.2 Recomendaciones	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	85

Anexo 1. Obtención de muestras de subproductos de cacao	86
Anexo 2. Resultados de análisis bromatológicos de cáscara, mucílago y cascarilla	87
Anexo 3. Listado de Centros de Acopio y Asociaciones de Santo Domingo.....	89
Anexo 4. Validación de encuestas por gente experta en cacao	92
Anexo 5. Encuesta aplicada en google forms	100
Anexo 6. Resumen bibliográfico de los trabajos realizados sobre la aplicación de residuos como el cacao en la industria alimentaria.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>)	3
Figura 2. Fruto del cacao y su composición porcentual.....	4
Figura 3. Variedad de cacao fino y de Aroma.	8
Figura 4. Variedad de cacao CCN-51	9
Figura 5. Principales cultivos agrícolas en el Ecuador por superficies año 2021	9
Figura 6. Distribución geográfica de la producción de cacao.....	10
Figura 7. Estimación de la generación de residuos de cacao a partir de la producción nacional de granos secos de cacao de los últimos años	11
Figura 8. Estimación de los residuos de cacao a partir de la producción de granos secos en las principales provincias.....	11
Figura 9. Geo ubicación del Cantón Santo Domingo. Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas.	12
Figura 10. Rendimiento por provincia del cacao CCN-51 año 2020.....	13
Figura 11. Cadena de comercialización de cacao	14
Figura 12. Proceso de obtención de granos de cacao.....	15
Figura 13. Procesamiento de los granos para la obtención de chocolate.....	18
Figura 14. Obtención de licor, manteca, torta y polvo de cacao.....	19
Figura 15. Usos convencionales de la cáscara, mucilago y cascarilla	20
Figura 16. Estimación de la composición porcentual del cacao	36
Figura 17. Actividad de la persona encuestada.....	37
Figura 18. Tipo de cacao con el que mayormente se comercia	38
Figura 19. Forma frecuente de comercialización del grano.....	38
Figura 20. Estimado de producto generado de granos de cacao	39
Figura 21. Residuos que se genera con frecuencia de la producción y comercialización de granos de cacao	39
Figura 22. Registro de residuos (cáscara de mazorca).....	40
Figura 23. Registro de residuos (mucílago).....	40

Figura 24. Registro de residuos (cascarilla).....	41
Figura 25. Estimación de residuos de cáscara.....	41
Figura 26. Estimación de residuos de mucilago	42
Figura 27. Estimación de residuos de cascarilla.	43
Figura 28. Uso de la cáscara del fruto de cacao.....	43
Figura 29. Uso del mucilago de cacao	44
Figura 30. Uso de la cascarilla del grano de cacao	44
Figura 31. Conocimiento sobre revalorización	45
Figura 32. Importancia de revalorización	45
Figura 33. Conocimiento sobre productos alimenticios en base a los residuos.....	46
Figura 34. Tipos de productos alimenticios a base de los residuos	47
Figura 35. Participación de la cadena de valor en la producción de residuos.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la cáscara de cacao	5
Tabla 2. Composición proximal de pulpa de cacao.	6
Tabla 3. Análisis proximal de granos de cacao frescos.....	7
Tabla 4. Composición porcentual de cascarilla de cacao.....	7
Tabla 5. Aplicaciones de los residuos de cacao	21
Tabla 6. Población y muestra para encuestas	26
Tabla 7. Técnicas y metodologías para cuantificación de teobromina / cafeína.....	30
Tabla 8. Composición bromatológica de la cascara, mucilago y cascarilla.....	33
Tabla 9. Valores de pH y Brix de la muestra de mucilago.....	35
Tabla 10. Contenido de polifenoles (cafeína y teobromina) en cascarilla de cacao .	35
Tabla 11. Estimación de residuos basado en la producción de granos y composición porcentual del fruto de cacao	37
Tabla 12. Entrevistas complementaria a encuestados	47
Tabla 13. Empleo de residuos de cacao como sustratos en la fermentación.....	53
Tabla 14. Microorganismos empleados en la síntesis de compuestos	54
Tabla 15. Microorganismos y sustratos en la producción de SCP	56
Tabla 16. Hongos para la industria alimentaria crecimiento con sustratos de residuos agroindustriales	58
Tabla 17. Métodos modernos de extracción de biocompuestos que se ha empleado en residuos de cacao.....	64

RESUMEN

El cacao es un recurso natural con una alta demanda a nivel mundial, lo que a su vez ha generado una elevada producción de residuos agroindustriales, solo en el año 2022 se procesaron globalmente, más de 5.226 toneladas métricas de cacao para el consumo. La presente investigación tuvo como objetivo general caracterizar los residuos de cacao generados con potencial valor para su uso en la industria alimentaria mediante el uso de herramientas biotecnológicas. La importancia y actualidad del estudio se fundamentó en el aprovechamiento de los restos que se generan al procesar el cacao, así como los resultados del análisis bromatológico y el uso común que las personas le dan a estos residuos. La metodología fue de enfoque cuali-cuantitativo, de tipo descriptiva, se utilizaron como datos, una encuesta que se aplicó a una muestra estratificada de 274 personas del ramo, así como la revisión documental y el análisis de la composición bromatológica de los residuos del cacao. Bajo la línea de investigación producción agroalimentaria y medioambiente. Se concluye que la cascarilla es un potencial antioxidante por su alto contenido de polifenoles que, junto a la cascara son una importante fuente de fibra, y el mucilago de azúcares, también los residuos son empelados como fertilizantes para el campo y convertidos en harina para alimentación animal. Asimismo, la biotecnología brinda alternativas como la fermentación en estado sólido y superficie en donde los residuos se pueden usar como sustratos para microorganismos en la producción de biocompuestos y hongos comestibles.

Palabras clave: Biocompuestos; Biomasa; Biotecnología; Cacao; Gestión ambiental, Gestión de Residuos, Residuos Agroindustriales

ABSTRACT

Cocoa is a natural resource with a high demand worldwide, which in turn has generated a high production of agroindustrial waste, only in the year 2022, more than 5,226 metric tons of cocoa were processed globally for consumption. The general objective of this research was to characterize the cocoa residues generated with potential value for use in the food industry through the use of biotechnological tools. The importance and timeliness of the study was based on the use of the residues generated when processing cocoa, as well as the results of the bromatological analysis and the common use that people give to these residues. The methodology was of a qualitative-quantitative approach and descriptive, using as data a survey applied to a stratified sample of 274 people in the industry, as well as a documentary review and the analysis of the bromatological composition of cocoa waste. Under the research line of agri-food production and environment. It was concluded that the husk is a potential antioxidant due to its high content of polyphenols, which, together with the husk, are an important source of fiber, and the mucilage of sugars; the residues are also used as fertilizers for the field and converted into flour for animal feed. Biotechnology also offers alternatives such as solid and surface fermentation where residues can be used as substrates for microorganisms in the production of biocomposites and edible fungi.

Keywords: Biocomposites; Biomass; Biotechnology; Cocoa; Residues.

CAPITULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Justificación

El cacao (*Theobroma cacao L.*), es un pequeño arbusto de amplias ramas y hoja perenne, nativo de la selva tropical de América Central y América del Sur, cuyo principal producto es el grano de cacao, tiene alta demanda a nivel mundial ya que es la base para la elaboración de diversos productos (**López y Gil, 2017**), entre ellos, el más conocido es el chocolate, que se obtiene del grano de su fruto (**Achaw y Danso-Boateng, 2021**). En el mundo, Europa es el continente que más importa chocolate con el 64% con un consumo per cápita anual de 2,27 kg/por persona, seguido por Asia (20%) y Estados Unidos (16%) (**Sánchez et al., 2019**).

Sin embargo, debido a esto, la producción de granos de cacao genera una importante cantidad de residuos (**Achaw y Danso, 2021**). Estos restos son productos o elementos que han sido descartados, aun cuando cumple con las condiciones para una valorización (**Rosas et al., 2016**). En la etapa de extracción del grano, cuando éste es separado del fruto del cacao, queda la cáscara del fruto y el mucílago, más adelante también se desprende la cascarilla que es la capa del grano seco del cacao después de tostarse (**Riera et al., 2019**).

Por consiguiente, los residuos originados de la extracción del grano, en el fruto del cacao son la cáscara, el mucílago y la cascarilla. La industria del cacao genera grandes cantidades de estos materiales diferenciados, los cuales contienen compuestos de interés para diferentes industrias (**Mendoza et al., 2021**). Así como,

la biomasa residual que representan un riesgo ambiental llegando a afectar la salud humana y animal **(Rosas et al., 2016)**.

En este sentido, los residuos de cacao pueden usarse para obtener productos de alto valor agregado **(Vásquez et al., 2019)**. En la industria alimentaria se ha empleado para la elaboración de productos como harina de la cáscara del cacao en la preparación de salchichas **(Delgado et al., 2021)**, jugo del mucilago para preparación de mermelada **(Anvoh et al., 2009)**, cascarilla de cacao para infusiones tipo té **(Fernández et al., 2019)**, entre otras variedades de productos.

Particularmente, en el Ecuador las plantaciones de cacao son el producto agrícola con mayor superficie cultivada 626.962 hectáreas y 302.094 toneladas métricas de granos de cacao en el año 2021. El país ocupa el tercer lugar de exportación, representando el 7% de granos de cacao a nivel mundial **(ANECACAO, 2019; ESPAC, 2022)**.

La región costa es la mayor productora de granos de cacao en el país con el 77% **(ESPAC, 2021)**. El cantón de Santo Domingo capital de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas es uno de los cantones con proyección de crecimiento por su ubicación geográfica entre las Regiones Costa y Sierra **(GAD Municipal Santo Domingo, 2021)**. El cacao CCN-51 es una de las dos variedades que se producen en el país, la cual es preferida en Santo Domingo debido a su rendimiento superior **(Martínez et al., 2010)**.

Sin embargo, en los últimos años se ha identificado una merma en desarrollo tecnológico y bajo rendimiento, por déficit en renovación en las plantaciones de cacao del cantón de Santo Domingo **(Anzules et al., 2018)**. También en los procesos agroindustriales como postcosecha, se ha observado desconocimiento del valor de los residuos, la falta de métodos y de caracterización de los restos, lo que ha provocado que no exista un manejo adecuado de los mismos **(Rosas et al., 2016)**.

Por este motivo, es conveniente investigar los usos actuales que se da a los residuos en la industria del cacao en el cantón Santo Domingo y explorar las posibles opciones de obtener productos y compuestos de mayor valor mediante el uso de la

biotecnología como una herramienta de transformación, y sus aplicaciones en la industria alimentaria.

Esto puede ser una importante ayuda con la aplicación de procesos biotecnológicos para la obtención de compuestos de interés para la industria alimentaria, que contribuiría positivamente a la cadena de valor del cacao con la creación y diversificación de nuevas formas de negocio y productos con el uso de los residuos del cacao.

1.1.2 Cacao

El cacao es un árbol de origen tropical, crece en la naturaleza hasta 20-30 de altura con hojas brillantes, oblongas, caídas y de color verde brillante 4 - 8" de largo, las semillas del árbol son la fuente del cacao, manteca de cacao y chocolate. Es pequeño y fragante, las flores rosa nacen directamente del tronco y las ramas caulifloras, florecen todo el año, las flores son seguidas por grandes vainas de semilla con 10 nervaduras de hasta 12" de largo y 3" de diámetro que maduran a verde, rojo, amarillo o amarillo – marrón (Bekele y Mora, 2019).



Figura 1. Árbol de cacao (*Theobroma cacao L.*)
Fuente: (MAG, 2019)

1.1.2.1 Fruto del árbol de cacao

Cada vaina contiene un pulpa comestible, mucilagosa, agridulce, de color blanco cremoso incrustada con 20 – 50 semillas planas. Los primeros frutos del cacao o vainas suelen florecer después de 3 a 5 años, los cuales crecen de 5 a 6 meses después de polinizadas las flores de cacao (Teneda y Guamán, 2018). El fruto del cacao tiene varios tamaños, formas y colores en cascara y semillas características de cada especie genética (Vega y Uribe, 2012).

1.1.2.2 Partes del fruto del Cacao

Las partes del cacao son la cáscara del fruto. La composición del fruto del cacao se puede observar en la figura 2.

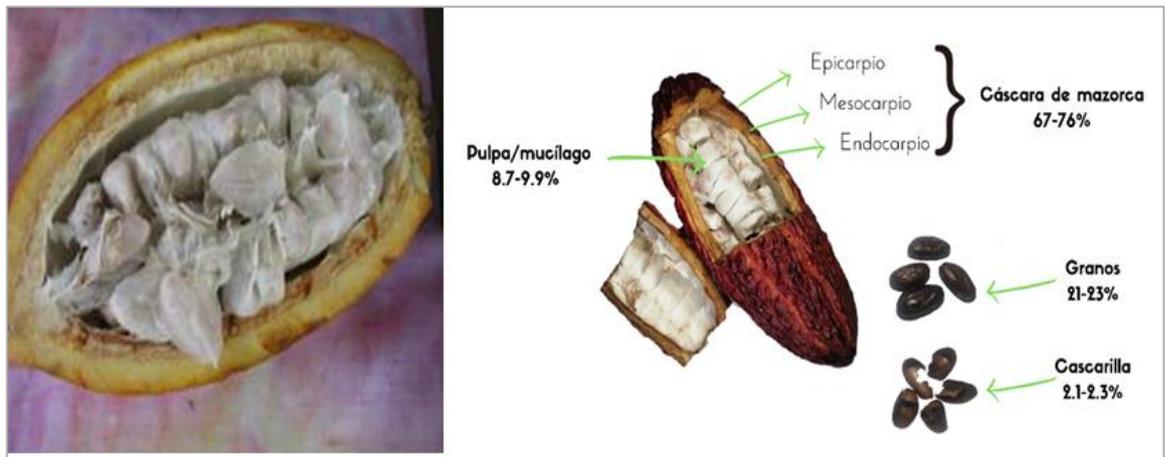


Figura 2. Fruto del cacao y su composición porcentual
Fuente: adaptado por Torres (2023) desde Campos et al., (2018)

1.1.2.3 Composición química y nutricional de los residuos del cacao

El fruto del cacao contiene compuestos importantes que contribuyen en la dieta humana, como por ejemplo fibra, grasas, alcaloides; específicamente cafeína, teobromina y teofilina, cuya presencia en mayor o menor proporción se debe a factores como a la variedad de cacao, la forma de procesamiento de los granos y lugar de origen, llegando a depender también del método de extracción (Lim, 2012).

Los polifenoles responsables del sabor y aroma son compuestos bioactivos presentes en otras frutas, los cuales tienen poder antioxidante debido a sus anillos aromáticos de dobles enlaces. En el cacao destaca el grupo de flavonoides y de estos las catequinas (37%), las antocianinas (4%) y las proantocianidinas (58%). La epicatequina es una catequina que representa al 30% de fenoles de los granos, a la cual se le atribuye beneficios a nivel del sistema cardiovascular (Sotelo et al., 2015).

Los antioxidantes ocupan un importante número de polifenoles, el cual impide, rechaza o desacelera la oxidación evitando la formación de radicales libres causas del estrés oxidativo, cuyo desequilibrio provoca la aparición de enfermedades (Sotelo et al., 2015).

1.1.2.3.1 Cáscara de cacao

La cáscara del fruto del cacao tiene un espesor ancho, para proteger los granos de cacao que se encuentran en su interior. Compuesta principalmente por fibra, el 30% de la fibra soluble es pectina de bajo metoxilo, pero de alto grado de acetilación que le permite formar geles a pH bajo (2,5 a 3,3) y en concentraciones altas de azúcar (sacarosa 60 % (p/p)) (Vriesmann y Petkowicz, 2013). Los minerales que destacan son el potasio (K) (2,8-3,8%), seguido de calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P), sodio (Na) y hierro (Fe) (Lu et al., 2018).

Tabla 1. Composición química de la cáscara de cacao

Componentes	Cantidad % peso/peso
Proteína	7-10
Grasa	1,5-2
Carbohidratos	32-47
Celulosa	19,7-26,1
Hemicelulosa	8,7-12,8
Lignina	14-28
Pectina	6,0-12,6
Cenizas	6.4-8.4
Compuestos fenólicos	4.6-6.9

Fuente: Elaborado por Torres (2023), a partir de (Lu et al., 2018)

1.1.2.3.2 Pulpa del fruto del cacao

La pulpa es la parte comestible del fruto del cacao, coloración blanca y su sabor es ácido-dulce, el cual cubre a los granos de cacao. De la pulpa se desprende un líquido del mismo sabor que se conoce como mucílago o exudado de cacao, el cual representa del 8,7 al 9,9% del fruto (**Campos et al., 2018; De la Cruz et al., 2011**).

El mucilago tiene 86% de humedad y en su composición se encuentra 0,51% de pectina, 0,62% proteínas, siendo los azúcares uno de los compuestos principales con 10,41% de azúcares reductores destacando la glucosa (2,13–21,4 %), la fructosa (1,06–4,42 %) y la sacarosa (2,13–4,06 %) y 18% azúcares totales. Posee minerales importantes como hierro, sodio, calcio, potasio, zinc, pero destaca la presencia de vitamina C (7,64 y 10,9%), sin embargo, su concentración no es comparable al de las frutas cítricas como la naranja (**Guirlanda et al., 2021**).

Tabla 2. Composición proximal de pulpa de cacao.

Componentes	Concentración promedio % peso/peso
Agua	80-85
Lípidos	<0.5
Azúcar (sucrosa, glucosa y fructosa)	10-16
Polisacáridos	1.5-3.0
Pectinas	4-7
Proteínas	0.6
Ácidos orgánicos	1-3
Sales orgánicas	0.5-1.0
Polifenoles	<0.1
Alcaloides (teobromina y cafeína)	<0.1

Fuente: Elaborado por Torres (2023), a partir de (**Vega y Uribe, 2012**)

1.1.2.3.3 Granos del fruto del cacao

Los granos de cacao se encuentran en el interior del fruto, alrededor de 20 a 60 granos dependiendo del tipo de cacao, comprenden del 21 al 23% del fruto (**Campos et al., 2018; De la Cruz et al., 2011**).

Tabla 3. Análisis proximal de granos de cacao frescos

Componentes	Concentración promedio % peso/peso
Agua	35-45
Lípidos	45-55
Azúcar (sucrosa, glucosa y fructosa)	0.5-2
Polisacáridos	14-20
Pectinas	2.0
Proteínas	1.5
Ácidos orgánicos	0.3-0.9
Sales orgánicas	0.5-1.0
Polifenoles	7-10
Alcaloides (teobromina y cafeína)	3.5

Fuente: Elaborado por Torres (2023), a partir de (Vega y Uribe, 2012)

1.1.2.3.4 Cascarilla del grano de cacao

La cascarilla constituye el 2,1 al 2,3% del peso total de cacao, el cual actúa como el recubrimiento de los granos, que una vez tostados se desprende del mismo (Campos et al., 2018; de La Cruz et al., 2011). El potencial de la cascarilla de los granos de cacao es muy prometedor en la industria de alimentos debido a su contenido nutricional, la cual posee un alto contenido en fibra dietética como lignina, celulosa y pectina, proteínas, lípidos, carbohidratos, compuestos bioactivos antioxidantes como epicatequina (1,10 mg) e isoquercetina (1,04 ± 0,09 mg g) (Delgado et al., 2021).

Tabla 4. Composición porcentual de cascarilla de cacao.

Parámetro	Composición
Humedad	4.0-11.0 %
Fibra (cruda)	13.0-19.0%
Grasa	2.0-6.0%
Proteína	13.0-20.0%
Carbohidrato	6.5-9.0%
Ceniza	6.5-20.7%
Teobromina	0.2-1.3%
Cafeína	0.04-0.3%
Antioxidantes (epicatequina e isoquercetina)	1,10 mg 1,04 ± 0,09 mg

Fuente: Elaborado por Torres (2023), a partir de (Achaw y Boateng, 2021)

1.1.2.4 Variedades producidas en el Ecuador

En el Ecuador destacan dos variedades de frutos de cacao: Sabor Arriba y CCN-51.

1.1.2.4.1 Cacao Sabor Arriba

Conocido como cacao fino y de aroma o pepa de oro, el Ecuador genera el 70% de la producción mundial de este cacao de calidad, el cual es empleado en la chocolatería gourmet por sus propiedades organolépticas. Éstas otorgan a los alimentos elaborados con este cacao matices de sabores almendrados, a nueces, frutas y flores (ANECACAO, 2015).



Figura 3. *Variedad de cacao fino y de Aroma.*
Fuente: (ANECACAO, 2015)

1.1.2.4.2 CCN-51

Es una variedad resistente a las enfermedades por lo que es una de las más cultivadas, presenta un color rojo característico y contiene grandes cantidades de grasa. Por esta razón tiene sus propios nichos de mercado ANECACAO, (2015).



Figura 4. Variedad de cacao CCN-51
Fuente: (ANECACAO, 2015)

1.1.3 Agroindustria del cacao en el Ecuador

El cacao se considera el cultivo permanente con mayor superficie de plantaciones en el país, respecto al banano, la caña de azúcar, palma africana, plátano, sin embargo, el volumen de granos de cacao es inferior (ESPAC, 2022).

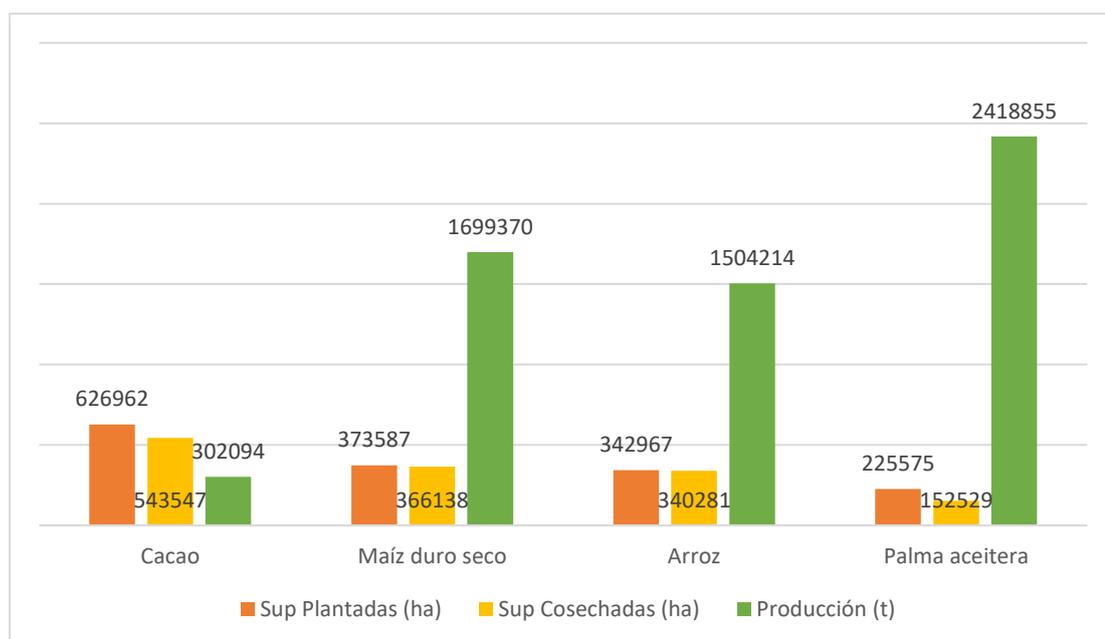


Figura 5. Principales cultivos agrícolas en el Ecuador por superficies año 2021
Fuente: Elaborado por Torres (2023)

Las provincias con mayor producción de granos de cacao de acuerdo con su rendimiento en el año 2020 fueron las de la región costa: Guayas (1,01 t/ha), Los

Ríos (0,97 t/ha), Manabí (0,62 t/ha), Esmeraldas (0,51 t/ha) y Santo Domingo (0,66 t/ha), seguido de la provincia amazónica de Orellana (SIPA, 2021).

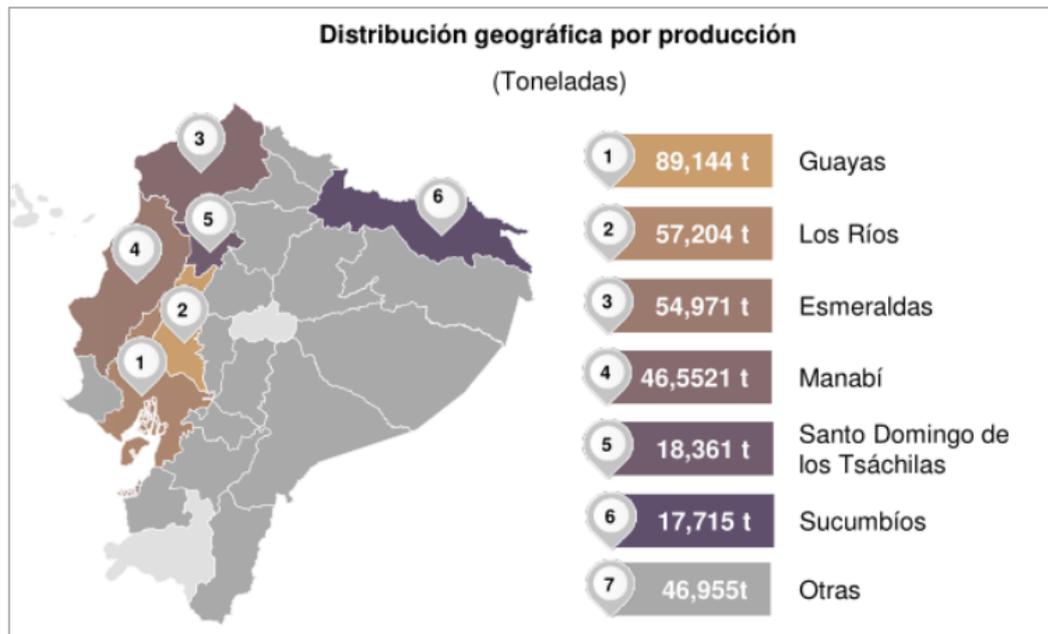


Figura 6. Distribución geográfica de la producción de cacao
Fuente: (SIPA, 2021)

1.1.3.1 Estimación nacional de residuos de cacao

La cantidad de residuos agroindustriales que genera el país no se encuentra registrada, pero un estudio llevado a cabo en el año 2017 determinó los principales cultivos que generan residuos, el cual se basó en las cifras de mayor producción, llegando a la conclusión de que anualmente se generan cerca de 22 millones de material orgánico agroindustrial (Riera et al., 2019).

Las cifras de producción de cacao se han incrementado en los últimos años lo que implica también el incremento de residuos (Figura 7). La producción de granos de cacao reportada en el año 2021 fue de 302.094 (t); si se considera que el 20% del fruto corresponde al grano y el 80% correspondería al resto del fruto como cáscara y el mucilago, se puede estimar que el valor de residuos en ese año fue de 1.208.376 (t).

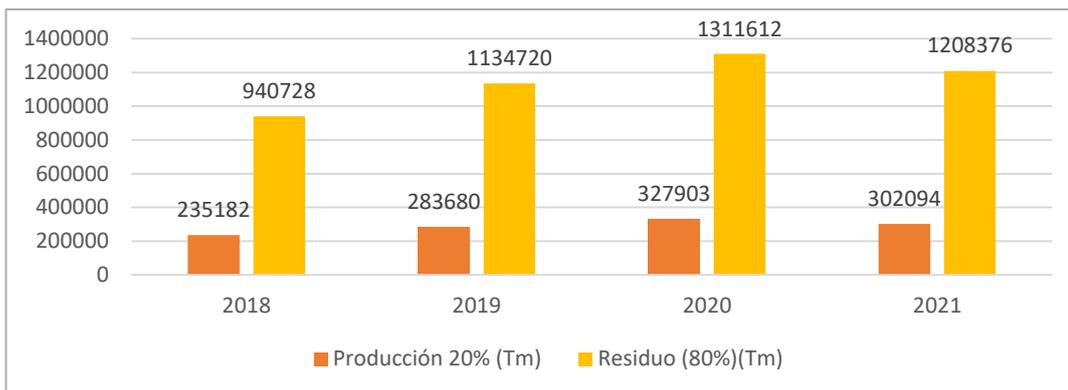


Figura 7. Estimación de la generación de residuos de cacao a partir de la producción nacional de granos secos de cacao de los últimos años

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

De acuerdo con las cifras de producción de cacao por provincias, la región costa produjo cerca del 77% de granos de cacao (SIPA, 2021). En el caso de las provincias se estima que las provincias de la costa generan la mayor cantidad de residuos de cacao respecto al resto del país.

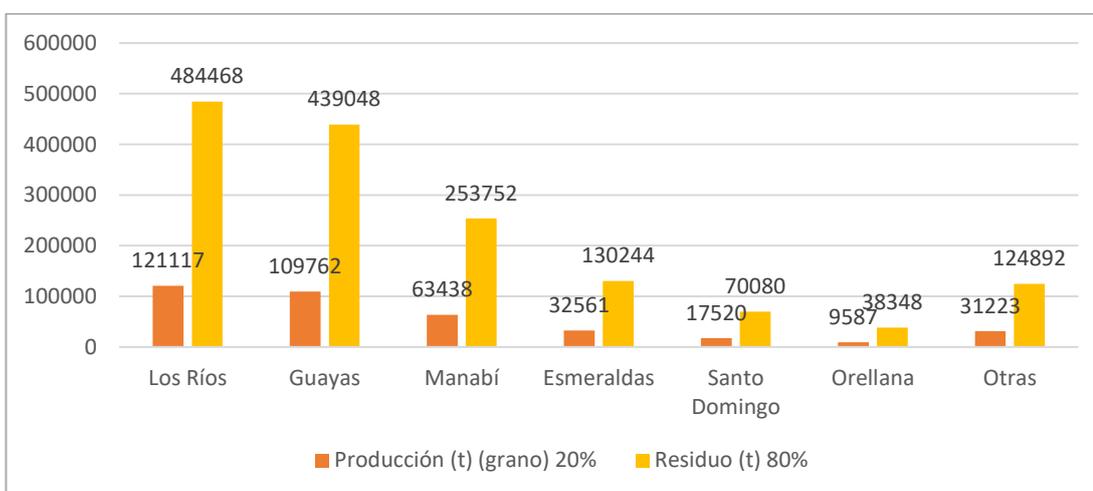


Figura 8. Estimación de los residuos de cacao a partir de la producción de granos secos en las principales provincias.

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

1.1.4 Cantón de Santo Domingo

El cantón de Santo Domingo es la capital de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, la cual se encuentra en la región costa, a 133 Km de la capital Quito a 655 msnm (metros sobre nivel del mar), con una población de 450.000 habitantes. Su temperatura media oscila los 22.9°C, posee un clima tropical húmedo y posee una

diversidad de ecosistemas por encontrarse entre la zona tropical y la cordillera; es una zona muy comercial e importante de intercambio de productos entre regiones **(GAD Municipal Santo Domingo, 2021)**.



Figura 9. Geo ubicación del Cantón Santo Domingo. Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas.

Fuente: Google Earth.

1.1.4.1 Actividades económicas

La población concentra sus actividades en el sector terciario comercial (23,46%), mientras que las actividades agropecuarias representan al sector primario con el 20,77%, según el reporte del último censo del 2010 **(GAD Municipal de Santo Domingo, 2015)**.

El sistema económico del cantón se ha destacado por las exportaciones de productos agrícolas como cultivos tropicales, entre los que se incluye el cacao. Las plantaciones con mayor superficie de cultivo son el cacao (27,26%), el plátano (24,02%), le sigue la palma aceitera (20,62%), cultivo de palmito (7,40%) y la yuca (4,57%) **(GAD Municipal de Santo Domingo, 2015)**.

1.1.4.2 Cacao en la provincia de Santo Domingo

La provincia de Santo Domingo produjo 0,68 t/ha, de acuerdo con los valores de rendimientos por provincias del cacao CCN-51 del año 2020, los cuales son valores referenciales para los rendimientos actuales debido a la emergencia sanitaria que afectó la toma de datos de los últimos dos años según el **MAG (2020)**.



Figura 10. Rendimiento por provincia del cacao CCN-51 año 2020
Fuente: (MAG, 2020)

1.1.5 Cadena de valor del cacao

En la cadena de comercialización de cacao participan alrededor de 600.000 familias en todo el país, quienes realizan diferentes actividades desde la siembra, recolección, comercialización y procesamiento de los granos (**Abad et al., 2020**). Las actividades en la cadena del cacao pueden resumirse en productores, acopiadores, procesadores y exportadores.



Figura 11. Cadena de comercialización de cacao

Fuente: Elaborado por Torres (2023), a partir de **Sánchez et al., (2019)**

- **Productor.** Los agricultores están encargados de las plantaciones de cacao y de todas las operaciones básicas para la obtención del fruto del cacao (**Sánchez y Zambrano, 2019**).
- **Acopio y agentes de comercialización.** Los acopiadores tienen la función de servir como recolectores del grano de cacao, los cuales funcionan como intermediarios en la venta de los granos para centros de procesamiento y los intermediarios pueden realizar las operaciones de transformación de los granos como fermentado, secado, limpiado, seleccionado y empacado para vender los sacos de granos de cacao secos (**Sánchez y Zambrano, 2019**).
- **Exportadores y Procesadores.** Los exportadores inician otra red de comercio de los granos de cacao en el exterior, quienes adquieren los granos de cacao por medio de la compra a los llamados intermediarios o directamente a los agricultores que puedan proveer de suficientes sacos (**Morales et al., 2018**).

Procesadores son quienes realizan procesos de transformación del grano de cacao, como por ejemplo el tostado del cacao o la obtención de semielaborados. Los procesadores pueden adquirir el grano directamente a los agricultores, por medio de

los intermediarios o con los exportadores (procesadoras del exterior) (Morales et al., 2018).

1.1.6 Producción de granos de cacao

El grano de cacao se obtiene mediante una serie de procesos, algunos de ellos realizados por los agricultores (cosecha, fermentación y secado) y otras por las industrias (limpieza, tostado, molienda) (Achaw y Boateng, 2021). La producción de granos de cacao es un proceso que empieza con la recolección o cosecha de los granos de cacao hasta el tostado para el almacenado y Comercialización (Figura 12).

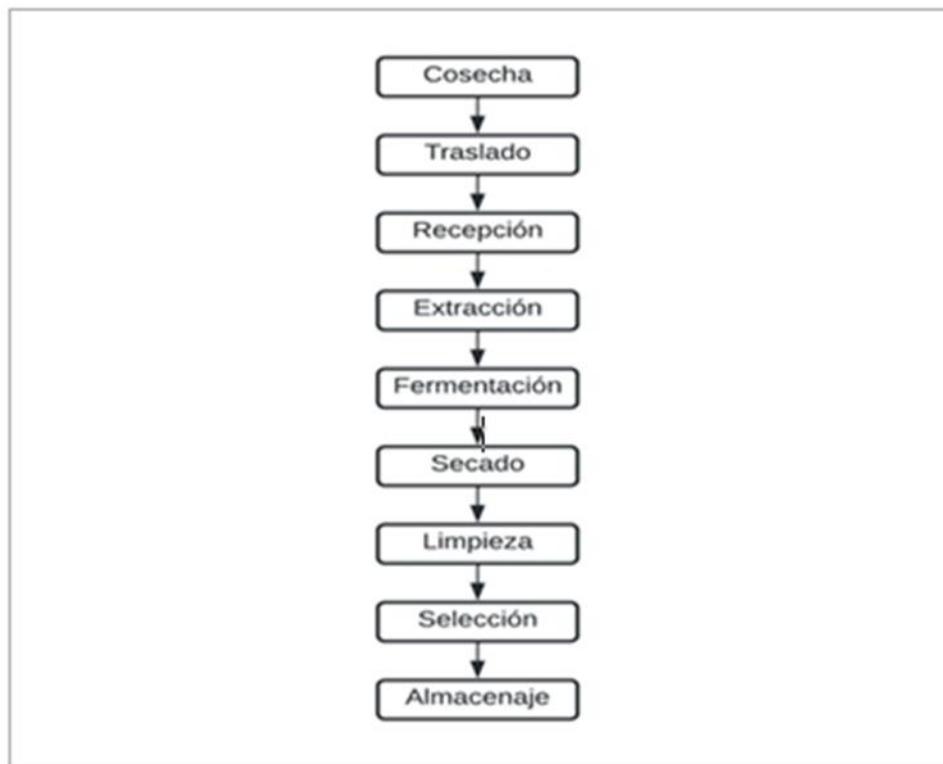


Figura 12. Proceso de obtención de granos de cacao

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

1.1.6.1 Cosecha

Se recolecta el fruto maduro o también llamado pintón, cuyo aspecto es importante ya que es una muestra de contiene el azúcar para el proceso de fermentación de los granos, por el contrario, si es muy maduro los granos podrían haber germinado o estar secos (Vila et al., 2021).

1.1.6.2 Traslado y Recepción de frutos

Los frutos que cumplen con los requerimientos de calidad, es decir que presentan un estado óptimo de maduración, pueden reservarse hasta tres días para la extracción del grano, siempre y cuando se lo haga en condiciones sanitarias adecuadas y con cuidado de no maltratar el fruto; se recomienda que la extracción se lo realice en la misma huerta, separando los frutos en pintones, maduros y dañados para prevenir contaminación (Teneda y Guamán, 2018).

1.1.6.3 Extracción del grano

La herramienta empleada para el corte de la mazorca o de quiebre es un machete con buen filo cuidando de no lastimar los granos, manteniendo la higiene en el proceso al utilizar materiales limpios para garantizar la calidad de los granos. Esta operación generalmente lo realiza el productor en el mismo campo, en donde se desecha la cáscara del fruto del cacao, el cual sirve como fertilizante (Paredes, 2009).

1.1.6.4 Fermentación

La fermentación marca el comienzo de los cambios fisicoquímicos de sabor y aroma del cacao, considerada etapa crítica ya que de ello depende el desarrollo de otros compuestos que le darán las características organolépticas del chocolate por la presencia de azúcares fermentables presentes en la pulpa con la acción de microorganismos. En esta etapa intervienen factores como la variedad del cacao, tiempo de cosecha, método de fermentación y grado de madurez, este último debido a que si esta inmadura los jugos del fruto aún no se han desarrollado y muy madura puede haber signos de deterioro (Chang et al., 2021).

1.1.6.5 Secado

El secado permite pasar de la humedad inicial de 60% hasta un $\pm 7 - 8\%$, favoreciendo a la reducción del contenido de humedad, lo que favorece al siguiente

proceso y también al almacenamiento del grano que no será procesado inmediatamente (**Herman et al., 2018**).

El secado natural emplea el sol para secar las semillas, las cuales generalmente se extienden en el suelo, pero el control de secado es complicado; los granos se deberán colocar sobre materiales que no transmitan olores ni sabores, generalmente lonas de plástico en los terrenos o en el suelo de concreto, pero puede existir contaminación por estar cerca del suelo (**Herman et al., 2018**).

El secado artificial, emplea estufas o secadoras mecánicas, generalmente usando aire caliente hasta llegar a los 8% de humedad, el cual es un proceso rápido para salir a la venta en poco tiempo. Como desventaja, la pérdida de humedad no permite el desarrollo de los aromas y sabores del cacao, además de que puede otorgar un sabor ahumado desagradable (**Herman et al., 2018**).

1.1.6.6 Almacenaje, selección y embalaje

Durante el almacenaje es importante mantener la humedad del 8% del grano de cacao, además de alejar a los granos secos de sitios que puedan transferir olores y sabores extraños. La inspección del estado de los granos de cacao evita perder calidad, eliminando semillas germinadas, sobre fermentadas, rotas y con la cáscara incompleta, las cuales son susceptibles al ataque microbiológico, el cual normalmente se hace con una inspección de una muestra del saco. Los granos secos de cacao deben conservarse en sacos limpios y libres de humedad protegidos del ataque de plagas y lejos de objetos que puedan transmitir olores y sabores (**Teneda y Guamán, 2018**).

1.1.6.7 Tostado, descascarado y molienda de los granos de cacao

El chocolate se obtiene de los granos secos mediante los procesos de tostado, descascarado y molienda (**Hartel et al., 2018**).

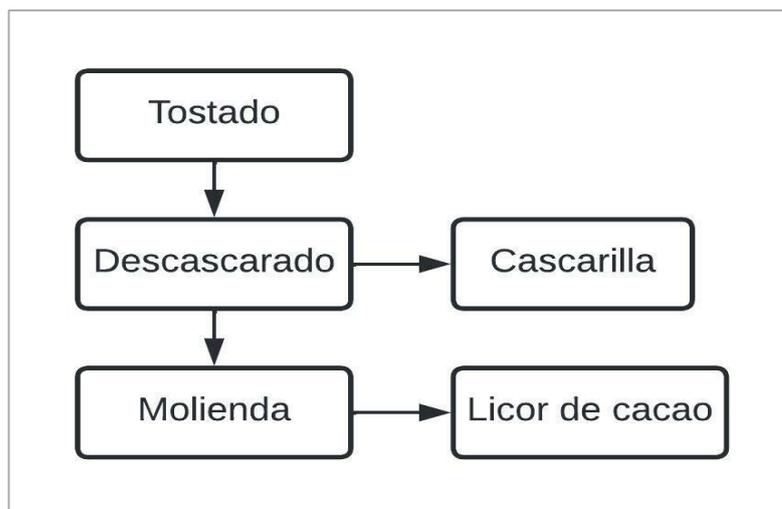


Figura 13. *Procesamiento de los granos para la obtención de chocolate*
Fuente: Elaborado por Torres (2023)

1.1.6.7.1 Tostado

El tostado o torrefacción consiste en la aplicación de calor a los granos secos de cacao, permitiendo una serie de reacciones químicas como la de Maillard, las cuales otorgan el sabor y aroma a chocolate a partir de los azúcares y aminoácidos, productos de la fermentación. La combinación de tiempo y temperatura es importante en el tostado, cerca de los $100\pm^{\circ}\text{C}$, todo depende de la técnica o maquinaria empleada y del volumen a tostar (Hartel et al., 2018).

1.1.6.7.2 Descascarado

La separación de la cáscara que cubre a los granos de cacao se conoce como descascarado, el cual se lo realiza después del tostado, debido a que una vez fríos permite la remoción de forma fácil, para lo cual se usa una serie de tamices para obtener el grano limpio o también se puede emplear aire y agitación para completar la operación (Achaw y Boateng, 2021).

1.1.6.7.3 Molienda

La molienda es el proceso por el cual los granos de cacao pasan a licor de cacao, para lo cual existen diferentes métodos con la fuerza necesaria para triturar los granos y obtener tamaños de partícula pequeños, controlando los parámetros de humedad del 2% y temperatura cálida para un proceso de molienda óptima (Hartel et al., 2018).

- **Licor de cacao.** El licor de cacao o pasta es el producto de la molienda de los granos tostados y descascarados del cacao, el cual adquiere su estado líquido debido a la fricción por la molienda por la presencia de materia grasa, el cual posee una textura granulada y poco refinada (Hartel et al., 2018).
- **Manteca, torta y polvo.** Del licor de cacao se deriva la manteca, la torta y el polvo. La manteca se obtiene del prensado del licor de cacao, separando la parte grasa (manteca) quedando únicamente la torta (residuo seco) y del extracto seco se obtiene el polvo, cuyo tamaño de partícula puede reducirse conforme se realicen más de moliendas (Achaw y Boateng, 2021).



Figura 14. Obtención de licor, manteca, torta y polvo de cacao.

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

1.1.7 Usos convencionales de la cascara, mucilago y cascarilla

Los usos habituales de estos residuos se resumen en la figura 15., en los que destacan la alimentación de ganado o simplemente desechado en el campo ya sea de forma premeditada o inconsciente por su papel fertilizante.

La cáscara del cacao suele ser abandonada en el mismo sitio de recolección como fertilizante (Lu et al., 2018), al igual que la cascarilla separada de los granos

tostados, sin embargo, el ganado puede llegar a consumirlos frescos, pero esto puede llegar a causar intoxicación en los animales que los ingieran. **(Dolder, 2012)**. Una forma de consumo seguro es en forma de harina, obtenida de la mazorca deshidratada y molida, la cual ha sido proporcionada a ganado bovino en porciones de 7kg al día sin consecuencias tóxicas **(Zambrano, 2022)**.

La pulpa que cubre a los granos es suficiente para empezar el proceso de fermentación por lo que es posible aprovechar el líquido que cae de los granos; además, **Guirlanda et al., (2021)** aclara que pocos son los productores que recogen este líquido para comercializarlo como una bebida y obtener un valor agregado.



Figura 15. Usos convencionales de la cáscara, mucilago y cascarilla

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

1.1.8 Residuos agroindustriales

El procesamiento de materias primas tiene como resultado residuos o subproductos, sin ningún uso aparente dentro de una actividad productiva, siendo su destino tiraderos ilegales, redes de alcantarillado y en el mejor caso como abono o alimento animal **(Rosas et al., 2016)**.

La importancia de estos materiales es que tienen la capacidad de servir como materia prima para nuevos productos debido a su alta composición en material

lignocelulósico y almidones (**Riera et al., 2018**). Los residuos tienen una composición alta en fibra de las cáscaras, proteínas y lípidos, sin embargo, los nuevos estudios se enfocan en obtener biocompuestos (moléculas antioxidantes) con potencial uso en las industrias como la alimentaria (**Delgado et al., 2021**).

Tabla 5. Aplicaciones de los residuos de cacao

Materia	Aplicación
Cáscara de cacao	Alimento animal, jabón, carbón activado, fertilizador, papel, biocombustibles, gomas
Cascarilla	Pigmentos, alimentos para animales, compostaje, productos alimenticios, snacks
Mucilago	Jugo de cacao, productos alcohólicos, pectina, Mermelada, Gelatina

Fuente: Elaborado por Torres (2023), a partir de **Campos et al., (2018)**.

1.1.9 Valorización de residuos agroindustriales

El termino valorización se emplea para detallar o establecer un proceso en la que un material agroindustrial vuelve a ser utilizado en la producción como materia prima, cuya cantidad, caracterización y composición dependerá del proceso y producto (**Senthilkumar et al., 2020**).

Los residuos agroindustriales como hojas, raíces, cáscaras, etc., actualmente son considerados como una fuente de compuestos orgánicos debido a su composición en proteínas, carbohidratos, ácidos orgánicos y lignocelulósicos (**Rosas et al., 2016**).

1.1.10 Biotecnología

El empleo de los organismos vivos o de sus productos para beneficio de los seres humanos o del ambiente que lo rodea se define como biotecnología, cuyo objetivo es obtener algún producto o su vez resolver problemas (**Thieman y Palladino, 2010**). La biotecnología brinda una serie de alternativas para poder obtener los compuestos de interés y que sean empleados como materias primas, proceso en el que

contribuyen los microorganismos como hongos y levaduras (**Aggelopoulos et al., 2014**).

Entre los compuestos de interés que se puede obtener están metabolitos de energía, compuestos aromáticos y volátiles, metabolitos secundarios como vitaminas, concentrados para enriquecer alimentos y balanceado animal, colorantes, abonos, biocombustibles, fertilizantes, etc., (**Aggelopoulos et al., 2014**). Las aplicaciones biotecnológicas son amplias por lo que se ha dividido en siete áreas: Biotecnología Industrial, Biotecnología Animal, Biotecnología Vegetal, Biotecnología en Salud Humana o Médica, Biotecnología de los Alimentos, Biotecnología Ambiental, Biotecnología Marina la cual incluye Biotecnología Animal (**Ortega, 2020**).

Los alimentos en su mayoría han pasado por procesos biotecnológicos con la intervención de microorganismos, los cuales usan la fermentación para transformar la materia prima, actualmente se tiene nuevas especies ganaderas y agrícolas que la humanidad ha modificado que son también procesos biotecnológicos (**Morcillo et al., 2013**).

1.1.11 Análisis Bromatológicos de alimentos

El análisis bromatológico en alimentos permite determinar principalmente el contenido proximal o de macro componentes (agua, materia seca, proteína, grasa, fibra, carbohidratos, minerales y vitaminas) entre otras características

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo General

Caracterizar los residuos de cacao generados con potencial valor para su uso en la industria alimentaria mediante el uso de herramientas biotecnológicas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la composición bromatológica de los residuos del cacao del tipo CCN-51 en el cantón Santo Domingo.
- Identificar las aplicaciones actuales que se les da a los residuos de la industria chocolatera en el cantón Santo Domingo.
- Realizar una búsqueda bibliográfica sobre el empleo de los residuos del cacao en la industria alimentaria en donde se aplique herramientas biotecnológicas.

CAPITULO 2

METODOLOGÍA

2.1 Métodos

2.1.1 Enfoque de la investigación

La investigación fue de tipo mixta o cuali-cuantitativa, ya que, se procesaron los datos mediante una combinación y conjunto de estrategias y técnicas a través de la exploración numérica por escala o variedad de datos numéricos y también mediante datos documentales y bibliográficos de relevancia. Con la finalidad de generar conocimiento sobre las variables involucradas en el estudio (**Allen, 2017**).

Para alcanzar el objetivo general de caracterizar los residuos de cacao generados con potencial valor para su uso en la industria alimentaria mediante el uso de herramientas biotecnológicas, fue necesario cuantificar y cualificar el problema mediante datos transformados en estadísticas que puedan interpretarse y/o analizarse (**De Franzo, 2022**).

2.1.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación fue descriptiva, debido a que solo se caracterizó, sin intervenir en las variables. Se presenta la información tal como se observa en la realidad con su respectivo análisis e interpretación (**Allen, 2017**). Para ello fue

necesario diseñar instrumentos que permitieran obtener toda la información y los datos requeridos.

2.1.3 Población

La población de estudio estuvo conformada por todas las personas que son parte de la cadena productiva del cacao en el cantón de Santo Domingo. Para determinar los residuos orgánicos del fruto de cacao se consideraron a los productores, acopiadores de granos de cacao, comerciantes y mayoristas exportadores. Conformada por una población de 951 agricultores, 49 asociaciones y 15 centros de acopio en Santo Domingo (*Ver Anexo 3*).

2.1.3.1 Muestra

Dado que la población era muy amplia, fue necesario obtener el número de personas a encuestar a partir de la siguiente ecuación para población finita:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

$$= 273,83$$

En donde:

N= población total

Z= 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)

p= proporción esperada (5%= 0.05)

q= 1 – p (1-0.5) = 0.95

d= precisión (5%)

Luego se realizó un muestreo probabilístico estratificado, en el cual todos los individuos de la porción de la muestra obtenida tuvieron la misma probabilidad de ser seleccionados siempre y cuando cumplieran con las especificaciones, y fueron subdivididos por estratos (López y Fachelli, 2015) que se determinaron para productores, acopiadores comerciantes y exportadores (*Ver Tabla 6*).

Tabla 6. Población y muestra para encuestas

Unidad de estudio	Población	Muestra
Productores	906	262
Acopiadores/Comerciantes	34	10
Exportadores	4	2
Total	944	274

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

2.2 Recolección de la información

2.2.1 Exploración en fuentes primarias y secundarias

Los datos recolectados relacionados con la producción anual de cacao en Ecuador en los últimos 5 años se realizaron mediante la búsqueda en las bases de datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Encuesta de Superficie y Producción Agrícola (ESPA), Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA) y Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Santo Domingo.

La mejor forma de estimar los residuos del cacao es de forma manual en donde se determina el peso de la mazorca y la composición porcentual de las fracciones del cacao **Delgado (2018)**. A partir de la producción de granos de cacao publicada en portales y medios gubernamentales, se hace una relación del porcentaje de residuos

producidos para esa cantidad de granos, permitiendo estimar la cantidad de residuos de cacao CCN-51.

2.2.1.1 Búsqueda de la información

La revisión sistemática tipo Prisma constituye una serie de pasos para llevar a cabo una revisión adecuada cumpliendo fases que garantizan la identificación de la información relevante. el cual se establece los sitios de búsqueda, palabras claves, criterios de inclusión y exclusión (Yépez et al., 2021). La revisión de la literatura se basó en la búsqueda de en artículos, libros y revistas debidamente organizadas y analizadas en las bases de datos como: SCOPUS, SCIELO, E-Libro, Web of Science, Springer, Redalyc, entre otras (Ver Anexo 6).

Los criterios empleados para la revisión sistemática fueron las fechas de publicación de hace cinco años atrás en un 80% y un 20% a publicaciones de años anteriores. Asimismo, documentos en idioma inglés o español y el empleo de palabras clave que englobaron los términos de interés; cacao, subproductos, valorización, residuos, cáscara, cascarilla, mucílago, biocompuestos, biotecnología, bioprocesos.

2.2.2 Encuesta

La recolección de datos en el campo se obtuvo mediante la aplicación de encuesta a una muestra de los productores, acopiadores, comercializadores y exportadores de la cadena productiva del cacao en el cantón Santo Domingo, para determinar principalmente el nivel de producción de residuos del cacao, el tipo de residuos generado y su utilidad.

El cuestionario se realizó mediante la aplicación Google forms (Ver Anexo 5), la cual facilitó la interacción y respuestas de los participantes, esta herramienta permitió presentar los datos de forma inmediata, y exportarlos a otros programas de procesamiento de datos como Microsoft Excel, para una mejor configuración de las tablas y gráficos.

2.2.2.1 Validación de la encuesta

La validación del cuestionario permitió obtener mayor fiabilidad sobre el instrumento aplicado, verificando la consistencia de las preguntas y respuestas realizadas, **(Hernández y Pascual, 2018)**. Para la selección de los validadores se tomaron 7 profesionales con conocimiento del tema **(Fernández y López, 2013)**.

En este sentido, los expertos del ramo: 1. Ing. María Dolores Guamán (Docente investigadora); 2. Ing. Diego Salazar (Esp. Alimentos / Docente investigador); 3. Ing. Alexandra Sánchez (Esp. Biotecnología); 4. Ing. Guido Díaz (Alimentos); 5 Dra. Jackeline Ortiz (Esp. Alimentos); 6. Carlos Arcos (Comerciante productos de cacao); 7. Ing. Alexandra Guerrero (Alimentos/ Procesadora de cacao). Quienes dieron su apreciación de las 12 preguntas diseñadas en el cuestionario, para mejorar y obtener la información requerida (*Ver Anexo 4*).

La medición de la confiabilidad puede realizarse empleando el alfa de Cronbach por medio de la escala tipo Likert (Hernández y Pascual, 2018). La validación se realizó con 7 personas con conocimiento en la temática de esta investigación.

La aplicación del coeficiente Alfa de Cronbach permite eliminar el margen de error durante la tabulación de datos, incrementando la confiabilidad de las encuestas **(da Silva et al., 2015)**. Permite eliminar un margen de error durante la tabulación de datos, incrementando la confiabilidad de las encuestas, cuya fórmula es la siguiente:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right]$$

Donde:

α = Alfa de Cronbrach

K= Número de ítems en la escala

$\sum Vi$ = sumatoria de la varianza de los ítems

Vt = Varianza de las sumas de los ítems.

La interpretación del coeficiente se determina cuando el α mayor a 0,9 es excelente, mayor a 0,8 bueno, mayor a 0,7 aceptable, mayor a 0,6 es cuestionable y mayor a 0,5 es pobre, por lo tanto, menor a 0,5 es inaceptable (**Hernández y Pascual, 2018**). En el caso particular de este estudio el resultado arrojó 0,87, que en la escala del coeficiente indicó buena confiabilidad del instrumento aplicado.

2.2.2.2 Análisis de datos

Los resultados de las encuestas se analizaron mediante herramientas de estadística descriptiva. La estadística descriptiva permitió evidenciar la característica más importante del grupo de análisis por medio del empleo de cuadros, promedios, gráficos y proporciones (**Martínez, 2012**).

La aplicación de *Google Forms* permitió la ventaja de proporcionar los datos tabulados conforme al porcentaje de las respuestas más seleccionadas de cada pregunta. Además, se pudo exportar los datos por preguntas para procesarlos de acuerdo con las necesidades.

2.2.2.2.1 Entrevista complementaria

También se realizó una entrevista complementaria, donde se realizó una selección aleatoria entre los encuestados y se formularon preguntas para complementar los resultados de la encuesta, esto con la intención de recopilar opiniones, percepciones y conocimientos relacionados con las variables del estudio que permitieran confirmar los datos recopilados y medir la congruencia de las respuestas para facilitar el análisis del mismo.

Los resultados de esta entrevista se mostraron en una tabla (*Ver Tabla 12*), para visibilizar las respuestas de cada entrevistado, de forma que se pudieran contrastar con los resultados de los análisis de los resultados de las preguntas de la encuesta, esto permitió tener más claridad acerca del conocimiento general sobre los residuos del cacao y su utilidad.

2.2.3 Determinación bromatológica de residuos del cacao

La composición bromatológica de las muestras de cáscara de cacao, mucílago y cascarilla abarcó análisis de materia: cenizas, proteína, humedad, fibra cruda, grasa, carbohidratos totales, azúcares totales, azúcares reductores. Las muestras de cacao fueron llevadas a los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB), se limpiaron con agua corriente, se cortaron de forma transversal, se extrajeron los granos y se recolectó el mucilago de los granos.

Las muestras fueron llevadas para el análisis bromatológico acorde a las especificaciones del laboratorio externo LACONAL, se solicitaron 2 muestras húmedas de 200 gramos de cada residuo (cáscara, cascarilla y mucilago del cacao) (Ver Anexo 2).

Tabla 7. Técnicas y metodologías para cuantificación de teobromina / cafeína

Muestra	Ensayo/Técnica	Método empleado
Cáscara	Cenizas / Gravimetría	PE05-7.2-F.Q. AOAC Ed. 21,2019 930 30
	Proteína / Kjendhal	AOAC 970.22. Ed Ed. 21, 2019
	Humedad / Gravimetría	INEN 1676
	Fibra cruda / Gravimetría	INEN 534
	Grasa (extracción directa) / Gravimetría	AOAC Ed. 21, 2019 2003.06
	Carbohidratos totales / Cálculo	Cálculo
	Mucílago	Cenizas / Gravimetría
Proteína / Kjendhal		AOAC 970.22. Ed Ed. 21, 2019
Humedad / Gravimetría		INEN 1676
Fibra cruda / Gravimetría		INEN 534
Grasa (hidrólisis ácida) / Gravimetría		PE08-7.2-F.Q. AOAC Ed. 21,2019 2003.06
Azúcares totales / Gravimetría		AOAC 923.09
Azúcares reductores / Gravimetría		AOAC 923.09
Carbohidratos totales / Cálculo		Cálculo
Cascarilla	Cenizas / Gravimetría	PE05-7.2-F.Q. AOAC Ed. 21,2019 930 30
	Proteína / Kjendhal	AOAC 970.22. Ed Ed. 21, 2019
	Humedad / Gravimetría	INEN 1676
	Fibra cruda / Gravimetría	INEN 534
	Grasa (extracción directa) / Gravimetría	AOAC Ed. 21, 2019 2003.06
	Carbohidratos totales / Cálculo	Cálculo

Fuente: Elaborado por Torres (2023), a partir de análisis de laboratorio

La cuantificación de polifenoles y alcaloides (teobromina/cafeína) en la cascarilla se enviaron para su análisis al laboratorio de INIAP en la ciudad de Quito en la estación experimental de Santa Catalina, para lo cual el laboratorio solicitó un kilogramo de muestra húmeda (*Ver Tabla 7*), se usaron las técnicas y metodologías expresadas en la tabla.

2.2.4 Análisis de pH y grados Brix en mucílago

El pH, la acidez y sólidos solubles (°Brix) son indicadores de la calidad de un fruto; para su determinación se aplicó la metodología de **Balladares et al. (2016)**, quienes utilizaron un medidor de pH y un refractómetro de °Brix. Parte de la muestra de mucílago recolectado en los laboratorios de la FCIAB se analizó mediante un pH metro digital y un brixómetro digital, y el resto fue enviado para ser analizado por el laboratorio externo.

2.3 Materiales

2.3.1 Obtención de material para el análisis

Los frutos de cacao se adquirieron en las fincas del cantón Santo Domingo, un total de 30 frutos, una muestra representativa homogénea del cacao CCN-51 en un estado óptimo de maduración. Una muestra es representativa cuando una muestra pequeña tiene las mismas características que la población mayor (**García et al., 2013**). La cascarilla se obtuvo del Centro de Acopio de cacao Puerto Limón, en la vía Puerto Limón con el Señor Patricio Albarracín, cuya cantidad se determinó en base a la fracción correspondiente a la cantidad de granos de cacao.

- **Materiales para la determinación de pH**

- Muestra de mucilago
- Agua destilada
- 2 vasos de precipitación de 100 ml
- pH metro

- **Materiales para determinación de °Brix**
 - Muestra de mucílago
 - Agua destilada
 - Gotero
 - 2 vasos de precipitación 100 ml
 - Brixómetro digital

- **Materiales para procesar la información y los datos**

Se requirió de un computador, acceso a internet y de la aplicación para realizar encuestas online, en este caso se usó *Google Forms*, el cual forma parte del paquete de herramientas gratuitos de Google. Asimismo, el Software Microsoft Excel 2019 para procesamiento de datos. Además del apoyo del gestor de citas bibliográficas Mendeley.

CAPITULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Composición bromatológica del cacao CCN-51 y sus derivados residuales

La determinación de los principales componentes nutricionales como fibra, proteínas, grasas, cenizas y carbohidratos en cáscara, cascarilla y mucílago (*Ver Tabla 8*), reportados en base húmeda. Se considera biomasa húmeda cuando su valor es superior al 60% y seca cuando es menor (**Tauro et al., 2021**).

Tabla 8. Composición bromatológica de la cascara, mucilago y cascarilla.

Compuesto %	Muestra		
	Cáscara	Mucílago	Cascarilla
Cenizas%	1,33	0,405	5,88
Proteína %	1,09	0,658	14,7
Humedad %	85,2	83,5	6,62
Fibra cruda %	2,58	0,0294	21,1
Grasa %	0,368	0,133	13,9
Carbohidratos totales %	9	15	38
Azúcares totales mg/100g	ND	1,31	ND
Azucars reductores mg/100g	ND	0,644	ND

Fuente: Elaborado por Torres (2023), a partir de análisis de laboratorio

En vista de los resultados de la composición bromatológica de la cascara, mucilago y cascarilla. La cáscara del cacao fresca suele presentar altos valores de humedad inicial >85%, en el cual **Villamizar et al. (2016)** reportó 82,39%, valor similar al 85,2% de humedad obtenido de la muestra de la cáscara. La fracción de carbohidratos respecto al resto de componentes de la cáscara estuvo en mayor proporción, seguido de la fibra, cenizas, proteínas y grasa.

La misma relación entre componentes se ha reportado en otros estudios, donde los carbohidratos son el componente mayoritario en la cáscara. Las fracciones de carbohidratos superan el 40% la fibra 20-30% y cenizas 7-12% (**Murillo et al., 2020; Villamizar et al., 2017**).

En general, el contenido de grasa es bajo en la cáscara de cacao, lo que permitiría el desarrollo de alimentos bajos en grasa, además de que presentan un importante contenido de minerales, aun mayor al de los granos de cacao. El contenido de los componentes de la cascara, en especial de los minerales se deberían a la calidad del suelo y de los nutrientes presentes (**Murillo et al., 2020**).

Otro hallazgo de importancia es que, la cáscara analizada contiene una fracción importante de cenizas, así como de fibra, la cual indica que es una importante fuente de pectina (**Valladares et al., 2022**). La composición del mucilago se determinó 83,5% de humedad, superior al reportado por **Arteaga (2013)** de 77,34% y de **Vallejo et al., (2016)** el 80,5%, quienes realizaron los análisis del mucílago de cacao CCN-51.

La muestra de mucilago presentó una fracción de fibra inferior a los valores respecto a los de proteínas y cenizas. Los azúcares constituyen una importante fracción en el mucilago, en bajas proporciones se encontró proteína y grasas. En otros estudios los valores de fibra (8,22%) se mostraron superiores a los de proteína (5,41%), seguidos a los de ceniza (2,91%) (**Arteaga, 2013**).

Tabla 9. Valores de pH y Brix de la muestra de mucilago

Muestra	
Sólidos solubles °Brix	17,6
pH	4,4

Fuente: Elaborado por Torres (2023), a partir de pruebas en laboratorio

La determinación de pH y °Brix son propiedades importantes en el mucilago. Los valores de el pH fueron de 3,87 y sólidos solubles de 16° Brix. Los parámetros de pH reportados fueron entre 3-4 y sólidos solubles entre 16-17, pero **Sánchez et al. (2019)** obtuvo un valor más bajo de 14 °Brix. La composición del mucilago sería responsable del valor de pH (**Vázquez et al., 2016**).

En la cascarilla de los granos de cacao la humedad fue de 6,62%. Los carbohidratos y la fibra fueron los elementos que se encontraron en mayor concentración. Los valores reportados por **Vivanco et al. (2017)** muestran un mayor contenido de fibra (40,14%) con respecto al de la muestra analizada de 21,1%. Las proteínas determinadas en la cascarilla pueden llegar a los 15%, similar al analizado en la muestra (14%). El contenido de grasa fue 13,9%, cuyos valores no se acercan a los obtenidos en otros reportes.

Tabla 10. Contenido de polifenoles (cafeína y teobromina) en cascarilla de cacao

Compuesto	Polifenoles	Cafeína	Teobromina
%	31,64	0,39	0,81

Fuente: Elaborado por Torres (2023), a partir de pruebas en laboratorio

El contenido de polifenoles es alto en el grano de cacao (15%) y en alcaloides (4%) del cual el más importante es la teobromina (0,61%), los cuales contribuyen de forma importante con el sabor y aroma del cacao. Los polifenoles fueron 31, 64%, de los cuales 0,39% fue para la cafeína y 0,81% de teobromina en la muestra de cacao, similares a los valores reportados por **González et al. (2019)** mencionando 0,9% de teobromina y de cafeína 0.3 %.

3.2 Empleo de los residuos de cacao en cantón Santo Domingo

3.2.1 Estimación de la generación de residuos de cacao

La estimación de los residuos generados del cacao en Santo Domingo se realizó a partir de los datos de producción y empleando los porcentajes de los componentes de las muestras de cacao (*Ver Figura 16*). Para la determinación de la cascara se consideró que su fracción es el 10% del peso del grano del cacao CCN-51 producido (**Campos et al., 2018**).

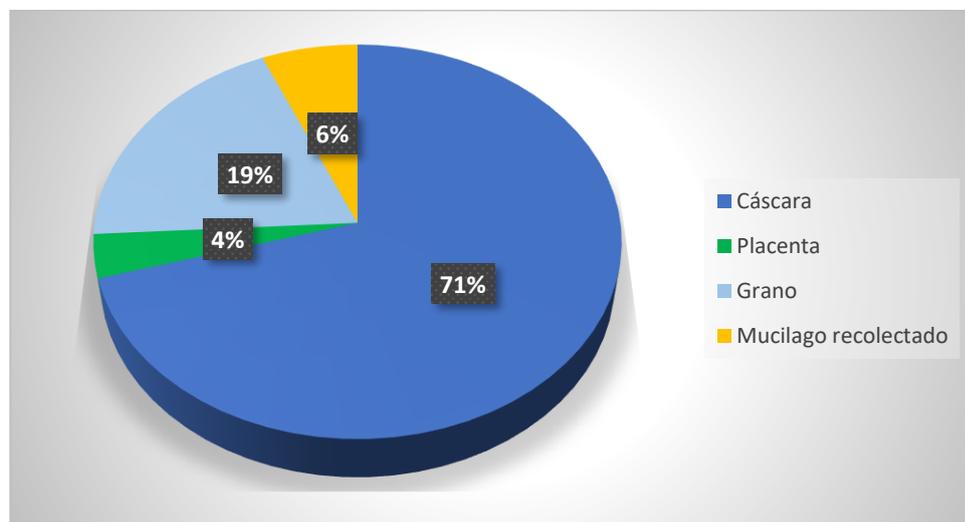


Figura 16. Estimación de la composición porcentual del cacao
Fuente: Elaborado por Torres (2023)

La producción total de granos de cacao en la provincia de Santo Domingo según el último reporte ministerial habría sido de 18.361 Tn (**MAG, 2022**). Según **Anzules et al., (2018)** el porcentaje de producción de cacao en las fincas del tipo Nacional o fino de aroma es 13,6% y para cacao tipo CCN-51 corresponde al 74,1% equivalente a 13.606 Tn.

Respecto a la caracterización manual de los residuos o componentes del cacao, se separaron los componentes del fruto de cacao para determinar las medias de cada elemento. La media en peso de la mazorca fue 941g, para la cáscara (663,78g) lo que

corresponde al 71% de este componente, para los granos (183,23g) el 19% y mucilago (60,49g) el 6%.

Tabla 11. Estimación de residuos basado en la producción de granos y composición porcentual del fruto de cacao

Cacao CCN-51 (mazorca) (Tn)	Cáscara (Tn)	Producción de granos CCN-51 (Tn)	Mucilago (Tn)	Placenta (Tn)	Cascarilla (Tn)
71.610	50.843	13.606	4.297	2.864	1.361

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

En la Tabla 11, se puede observar la estimación para las 13.606 Tn de granos de cacao correspondiente al 19% de la mazorca, la cascara (71%) producida fue 50.853 Tn, para el mucilago (6%) 4.297 Tn y la cascarilla (10% del grano) 1.361 Tn.

3.2.2 Resultados de la encuesta

La encuesta realizada a las personas implicadas en la producción y comercialización de granos de cacao en Santo Domingo brindaron un panorama más claro entorno a lo que hacen con los residuos de su actividad y finalmente brindar alternativas factibles en donde sea aplicable la biotecnología. Los resultados obtenidos de la encuesta realizada a 274 personas vinculadas en la producción de grano de cacao para la obtención de chocolate fueron:

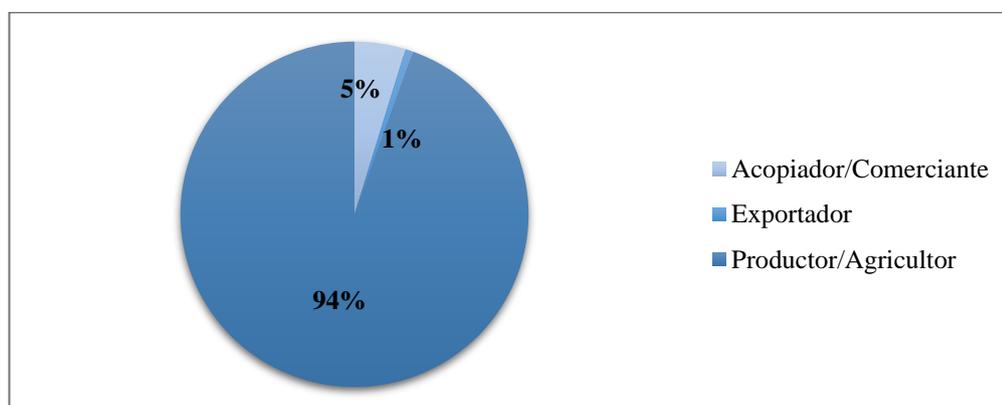


Figura 17. Actividad de la persona encuestada.

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

Respecto a la pregunta 1, que fue indicar la actividad que realiza en la cadena de cacao. El 94% de los encuestados fueron productores, seguido del 5% Acopiadores y comerciantes que se dedican al comercio del cacao y por último a los exportadores que correspondió al 1%.

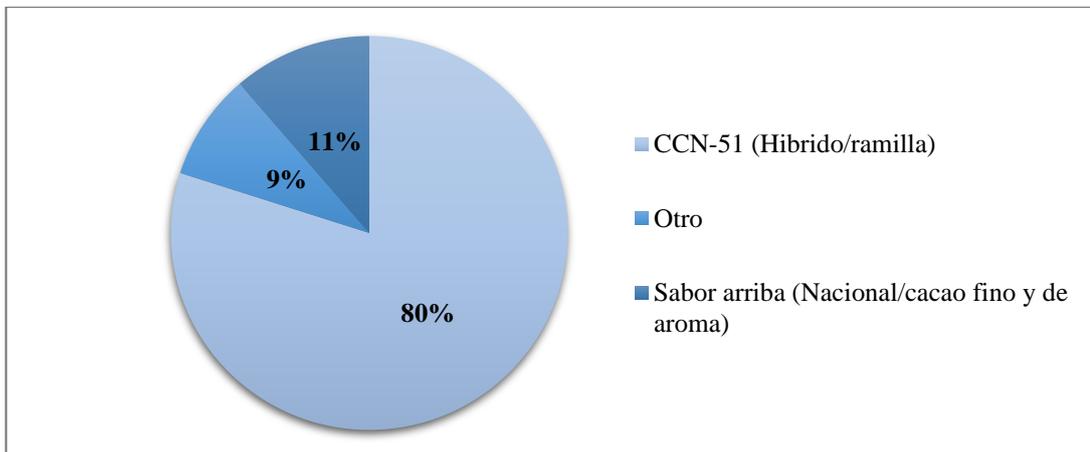


Figura 18. Tipo de cacao con el que mayormente se comercia

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

Con respecto a la pregunta 2 sobre la variedad de cacao que realiza su actividad mayoritariamente. El 80% de las personas encuestadas aseguraron trabajar más con el cacao conocido como CCN-51, el 11% trabaja en su mayoría con el cacao sabor a arriba o nacional y el 9% con otros tipos de cacao. Esto fue un indicador de que la mayor tasa de producción de cacao se realiza con el tipo CCN-51.

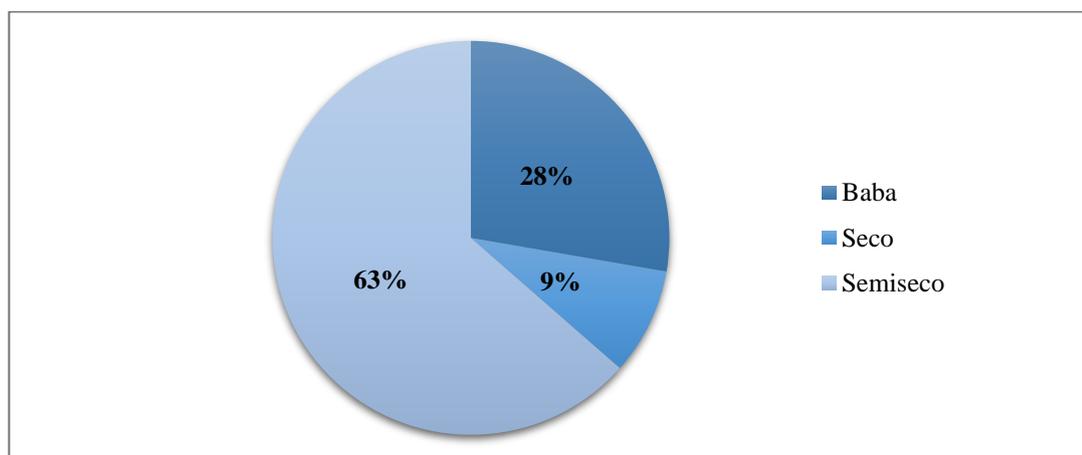


Figura 19. Forma frecuente de comercialización del grano

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

Respecto a la pregunta 3 sobre la forma más frecuente de la comercialización del grano de cacao. El 63% de las personas encuestadas afirmó que es más común comercializar el grano semiseco, el 28% dijo que en baba y el 9% en seco. El grano de cacao seco tiene más valor comercial respecto a las otras formas de comercialización del grano.

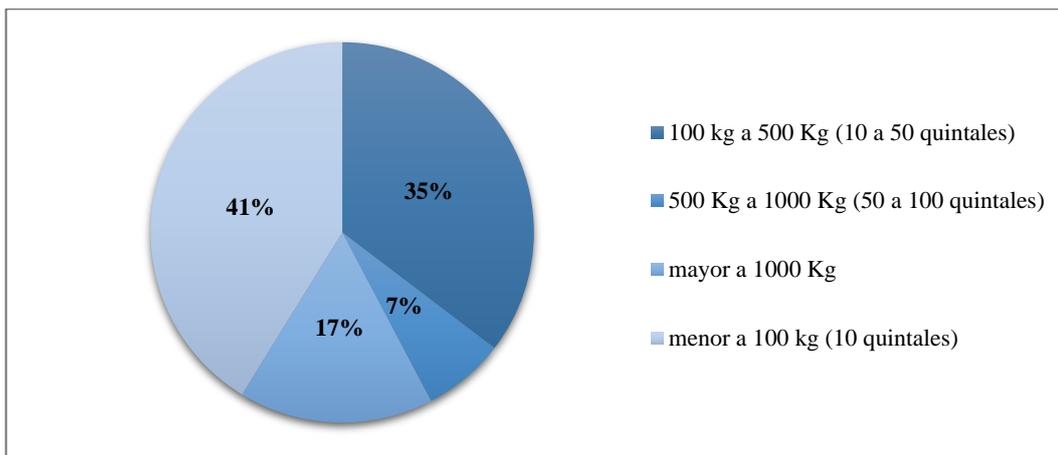


Figura 20. *Estimado de producto generado de granos de cacao*
Fuente: Elaborado por Torres (2023)

La figura 20, son los resultados de la pregunta 4, donde se solicita señalar un estimado de la cantidad de producto que genera mensualmente en los meses de mayor actividad. De los encuestados el 41% afirma que la producción de granos de cacao es menor a 100 kg (10 qq) en la producción, el 35% más de 100kg a 500 kg (10 a 50 qq), el 17% entre 500 kg a 1000 kg (50 a 100 qq) y solo el 7% generarían más de 1000 kg de granos de cacao en un mes de los meses de mayor actividad.

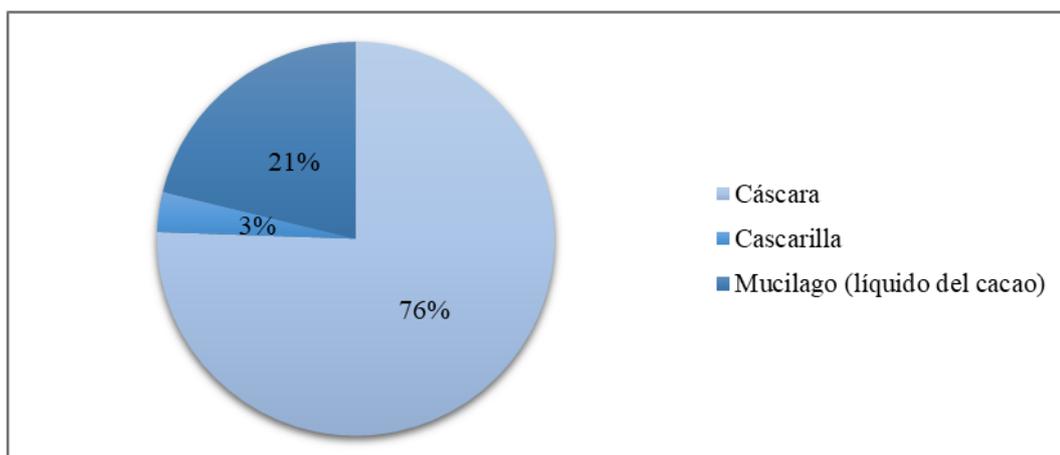


Figura 21. *Residuos que se genera con frecuencia de la producción y comercialización de granos de cacao*

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

En la Figura 21, se muestran los resultados de la pregunta 5, donde se solicita señalar el residuo que más se genera en su actividad. El 76% mencionó que su mayor residuo es la cáscara del fruto de cacao, el 21% consideró que es el mucílago y solo el 3% que su residuo sería la cascarilla.

Para la caracterización del residuo en la encuesta, las preguntas 6, 7 y 8 se las realizó en función a la respuesta de la pregunta 5.

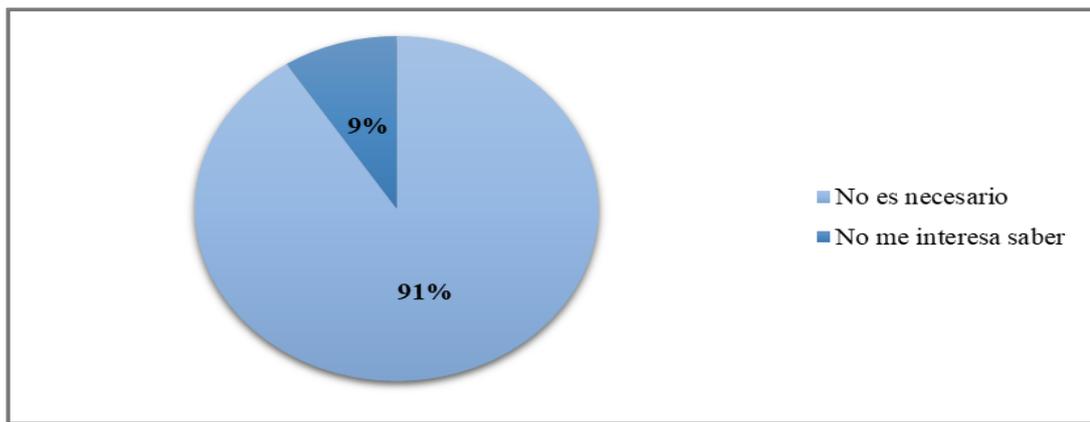


Figura 22. Registro de residuos (cáscara de mazorca)

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

Los resultados de la pregunta 6, donde se solicita indicar la cantidad de residuos que genera su actividad. Quienes seleccionaron la cascara como residuo el 91% consideró innecesario saber la cantidad de residuo general y el 9% no le interesa saber. Las siguientes opciones no fueron seleccionadas.

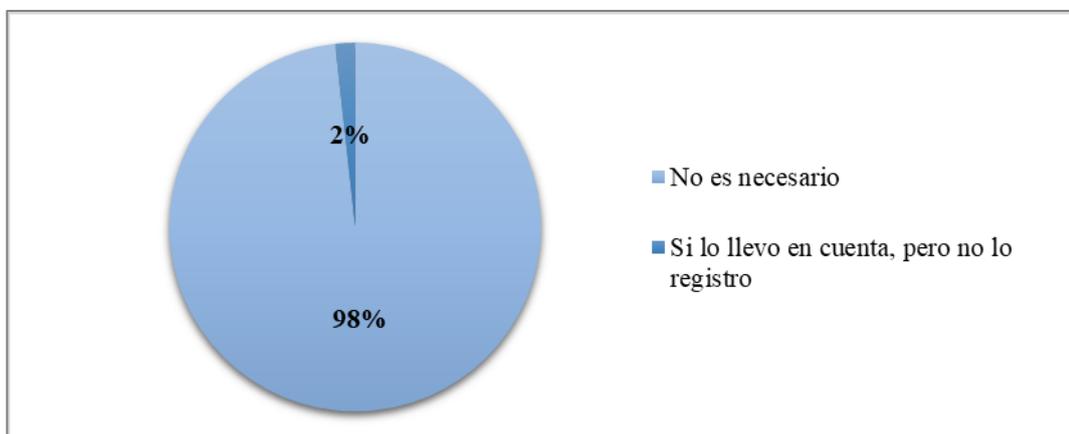


Figura 23. Registro de residuos (mucílago)

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

De la opción de mucilago, el 98% cree que no es necesario conocer la cantidad del mucilago que se genera, mientras que el 2% menciona que lo lleva en cuenta, pero no lleva ningún registro de aquello.

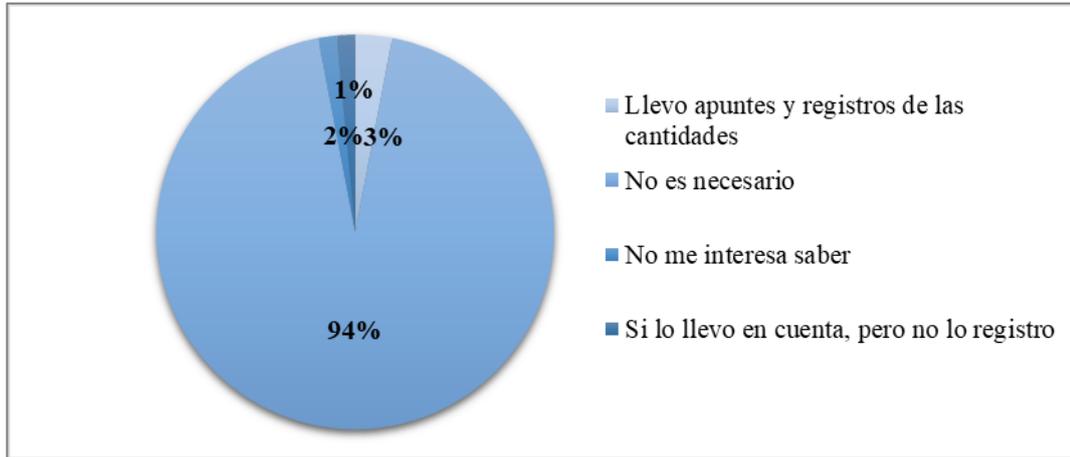


Figura 24. Registro de residuos (cascarilla)

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

De las personas que escogieron a la cascarilla como el residuo que más generan en su actividad, el 94% aseguraron que no era necesario llevar un registro, el 3% apunta y registra la cantidad de residuo, el 2% menciona que no le interesaba saber cuánto era residuo, el 1% lo tiene en cuenta, pero no lleva ningún registro.

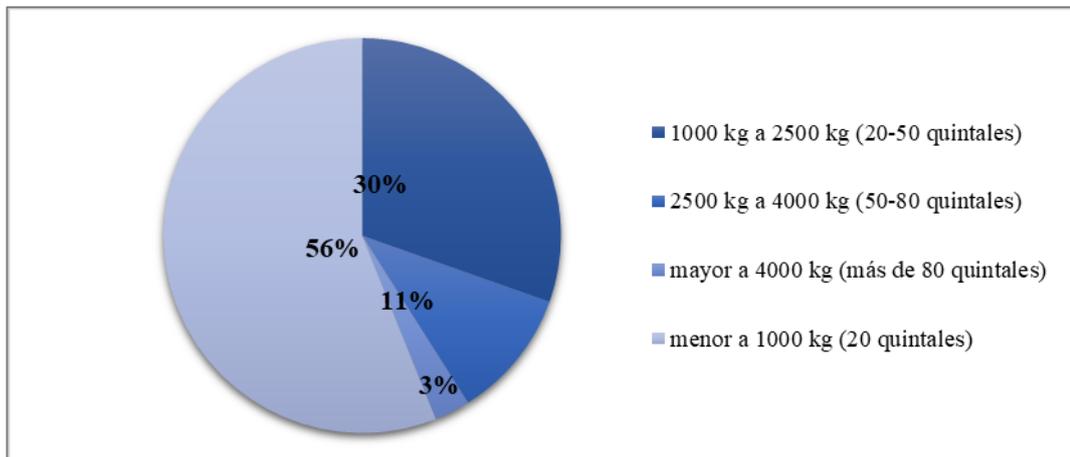


Figura 25. Estimación de residuos de cáscara

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

En la pregunta 7 se solicitó señalar un estimado de la cantidad de residuos que genera mensualmente en los meses de mayor actividad. Quienes eligieron la cascarilla como

su residuo principal, el 56% mencionó que el residuo era 1000 kg (20qq), el 30% escogió 1000 kg-2500 kg (20-50 qq), el 11% 2500kg-4000 kg (50-80 qq) y el 3% que era mayor a 4000 kg (más de 80 quintales).

Estos valores estimados no reflejarían la cantidad de residuos generados, justamente porque en la pregunta 6 para el registro de la cascara como residuo (*Ver Figura 22*), los encuestados aseguraron que no les interesaba saber y que no lo consideraba necesario la cantidad de residuo generado dado que la mayor parte de los encuestados no lleva ningún registro físico que respalde sus respuestas.

Con estos resultados se pretendía establecer un estimado de la cantidad producida de cada residuo del cacao, a fin de que los encuestados pudieran relacionar y dimensionar las cantidades de residuo en la cáscara y cascarilla las opciones se colocaron en rangos en Kg y en quintales, en la que el quintal o saco es una medida de masa antigua equivalente aproximadamente a 50 kilogramos y el mucilago en litros o tachos, cuyo valor del tacho fue de 60 litros. Pese a ello a la mayor parte de los encuestados le fue complicado determinar un rango de las cantidades generadas.

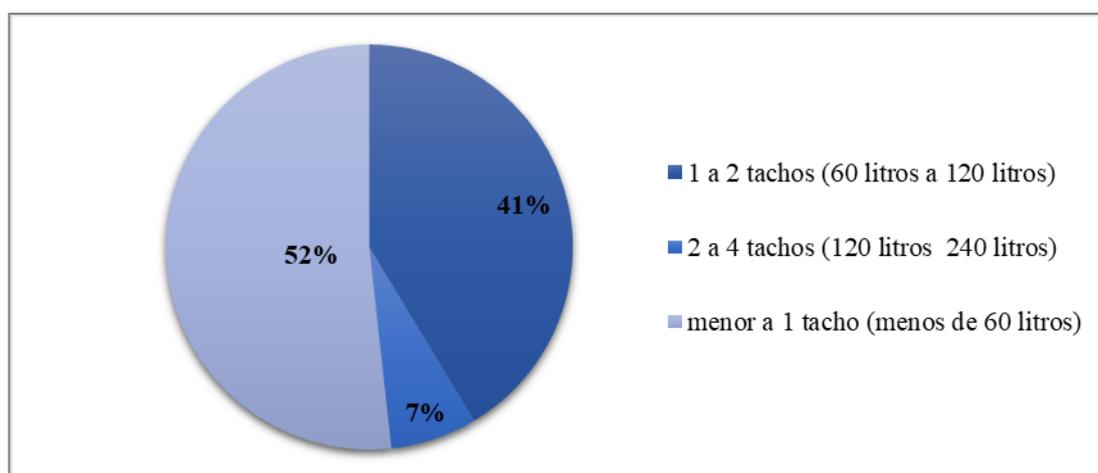


Figura 26. Estimación de residuos de mucilago

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

La Figura 26 representa la estimación de los residuos de mucilago. Los encuestados aseguraron que era muy poco y en la mayoría de los casos se dejaba escurrir por lo que fue complicado establecer la cantidad de mucilago generado en la actividad que desempeñan. El 52% mencionó que sería menos de un tacho (60 litros), el 41% de 1

a 2 tachos (60 litros a 120 litros) y el 7% produciría de 2 a 4 tachos (120-240 litros), la cuarta opción era mayor a 4 tachos (240 litros). Al igual que con la cascara, la gente no lleva ningún registro, siendo el menos valorado y el que menos se usa.

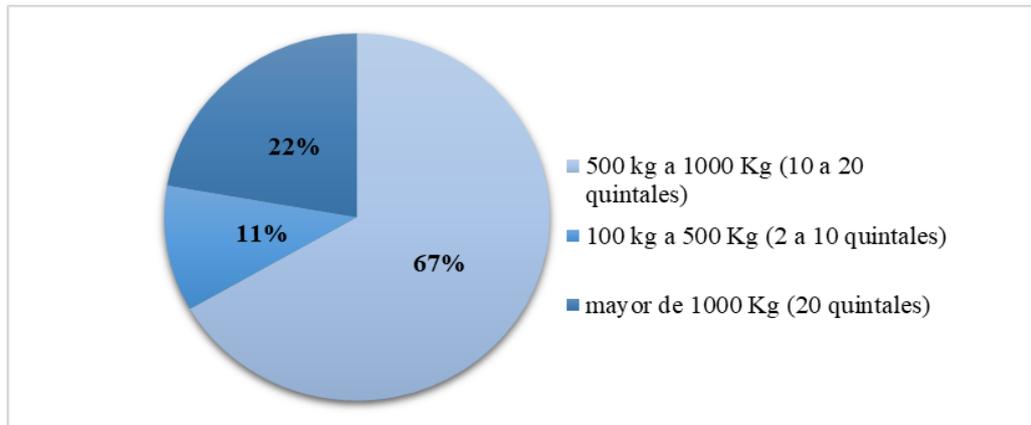


Figura 27. Estimación de residuos de cascara.

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

En la pregunta 7, se estableció señalar un estimado de la cantidad de residuos que generan mensualmente en los meses de mayor actividad. Quienes seleccionaron la cascara como residuo, el 67% mencionó que su generación es de (10-20 quintales), el 22% que generaban más de 1000 kg (20 quintales) y el 11% que su residuo es 100 kg a 500 kg (2 a 10 quintales). El valor fue estimado debido a que como se mencionó en la pregunta 6 conocer la cantidad de cascara no es del interés de la gente.

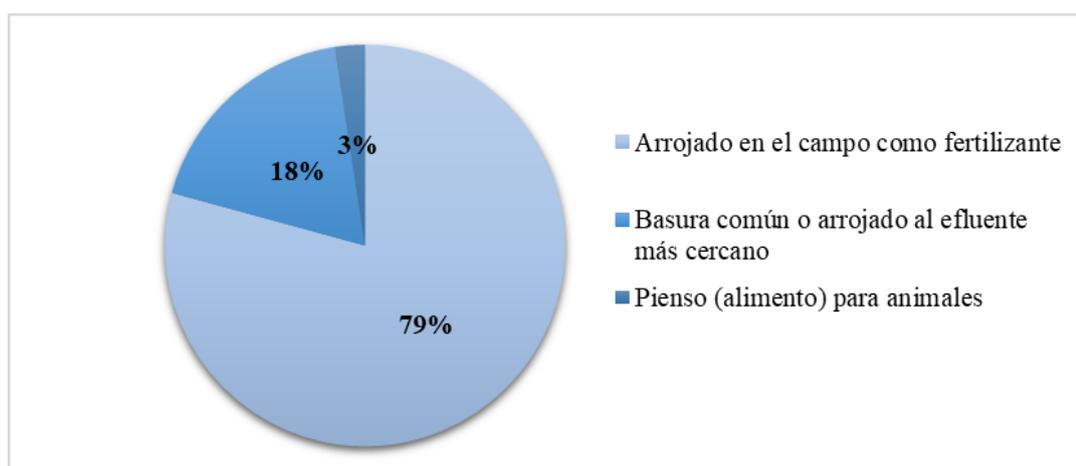


Figura 28. Uso de la cáscara del fruto de cacao

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

En la pregunta 8 se solicita señalar el destino que tienen generalmente los residuos de cacao de su actividad. Los encuestados que escogieron la opción de cáscara como su principal residuo (*Ver Figura 22*), el 79% de los encuestados respondieron que la cáscara del fruto del cacao se deja en el campo como fertilizante, el 18% mencionó que eso se destinaba para alimento de ganado y un 3% lo consideraba como basura de desecho orgánico como se muestra en la (*Ver Figura 28*).

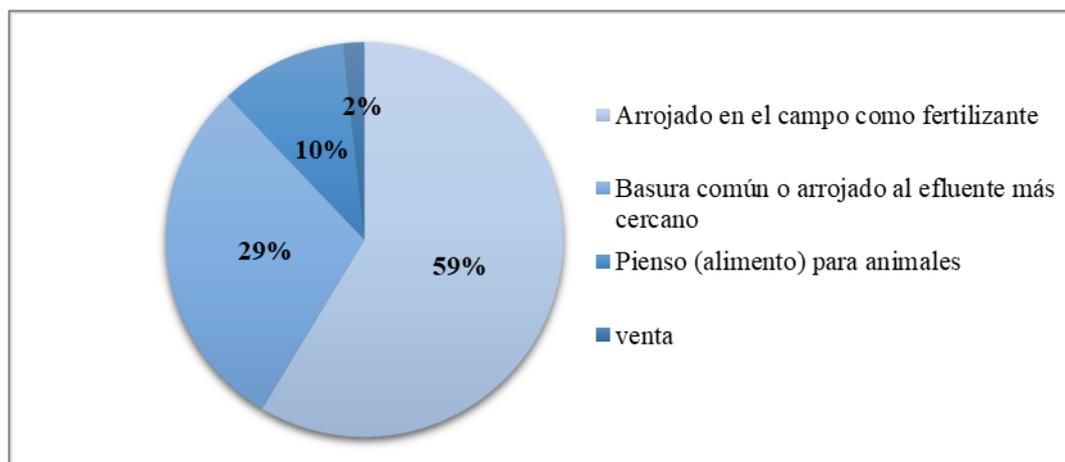


Figura 29. *Uso del mucilago de cacao*
Fuente: Elaborado por Torres (2023)

Respecto a la pregunta 9, donde se plantea saber el uso del mucilago de cacao. Quienes escogieron la opción de mucilago como residuo (*Ver Figura 22*), el 59% dijo que se arrojaba en el campo, el 29% asegura arrojarlo al efluente más cercano, el 10% lo combina para alimento del ganado y solo el 2% asegura que lo vende (*Ver figura 29*).

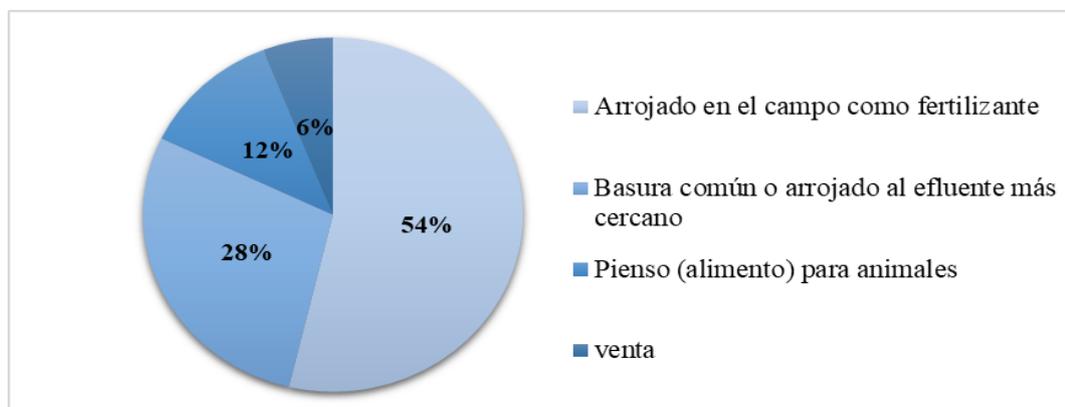


Figura 30. *Uso de la cascarilla del grano de cacao*
Fuente: Elaborado por Torres (2023)

La opción de cascarilla como mayor residuo (Ver Figura 22), el 54% de los encuestados mencionaron que se lo deja en el campo como fertilizante, el 28% ha mencionado haberlo desechado como basura, el 12% lo ha empleado como alimento para ganado y apenas el 6% han mencionado la venta (Ver Figura 30).

A partir de la pregunta 9 se indagó sobre el interés de las personas encuestadas en emplear los residuos con otros fines.

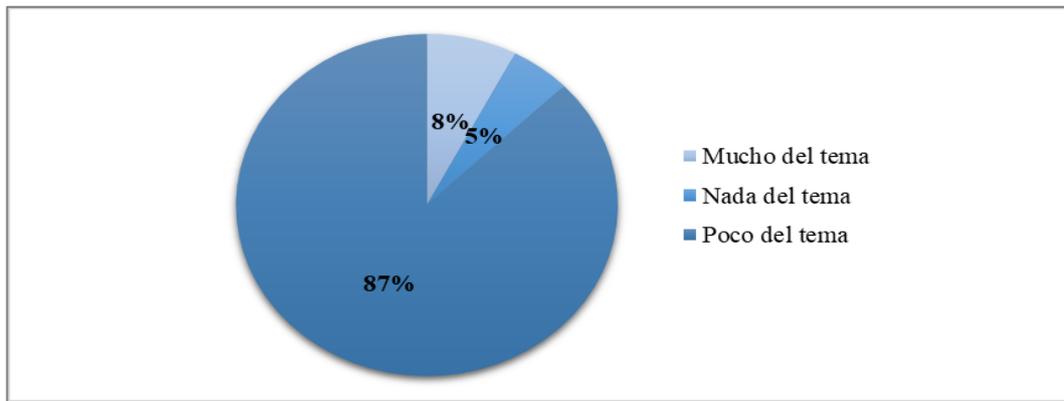


Figura 31. Conocimiento sobre revalorización
Fuente: Elaborado por Torres (2023)

Respecto a la pregunta 9 sobre el conocimiento de los encuestados del potencial de los residuos del cacao para obtener una revalorización como materia prima. La gran mayoría tiene poca información sobre el tema de la valorización de los residuos (87%). El 8% sabe que se puede emplear como materia prima para otros procesos y el 5% aseguran nunca haber escuchado del tema.

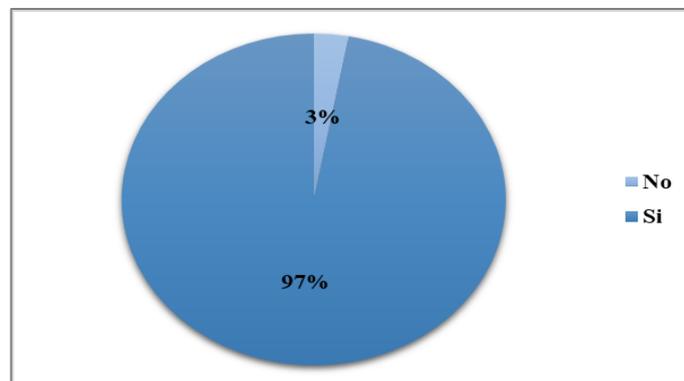


Figura 32. Importancia de revalorización
Fuente: Elaborado por Torres (2023)

En los resultados de la pregunta 10, donde se estimaba conocer si era importante dar un uso a los residuos de cacao en la industria de alimentos, frente al desperdicio de los materiales orgánicos (residuos de las plantas) considerados como desecho. El interés de la gente por nuevos usos a los residuos en el campo alimentario se mostró con el 97% de personas con afirmación positiva, debido a que es una oportunidad para dar valor a algo que aparentemente no tenía otra utilidad.

También se observó que este interés por la valorización de los residuos fue evidentemente económico, aunque la mayoría de la gente desconocía exactamente de qué se trataba, lo vieron como una opción para generar una entrada económica.

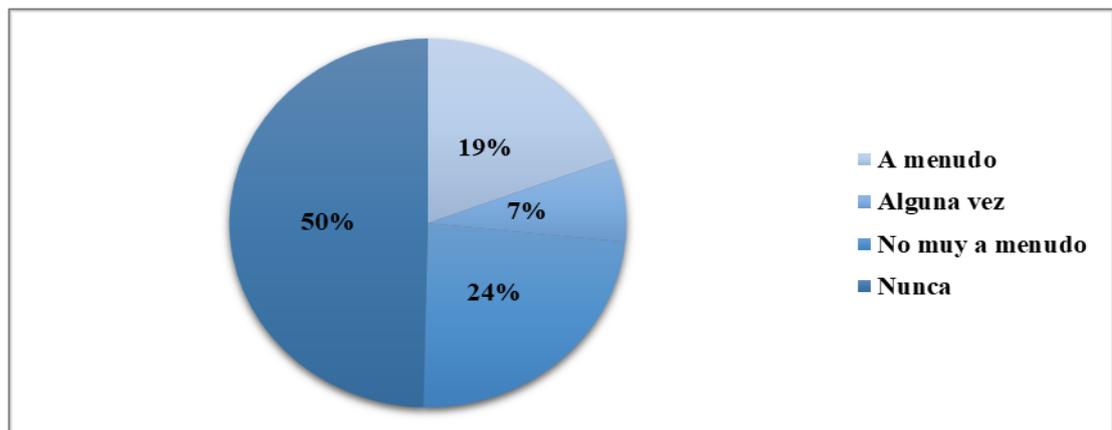


Figura 33. Conocimiento sobre productos alimenticios en base a los residuos

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

La Figura 33, representa la pregunta 11, donde se los encuestados manifiestan su apreciación sobre la elaboración de algún producto alimenticio usando los residuos del cacao. El 50% de personas encuestadas mencionaron no saber de alimentos elaborados con los residuos de cacao, mientras que el 24% mencionó haberlo escuchado en algunas ocasiones, el 19% menciona que han escuchado a menudo que se están elaborando alimentos y el 7% mencionan haberlo escuchado alguna vez.

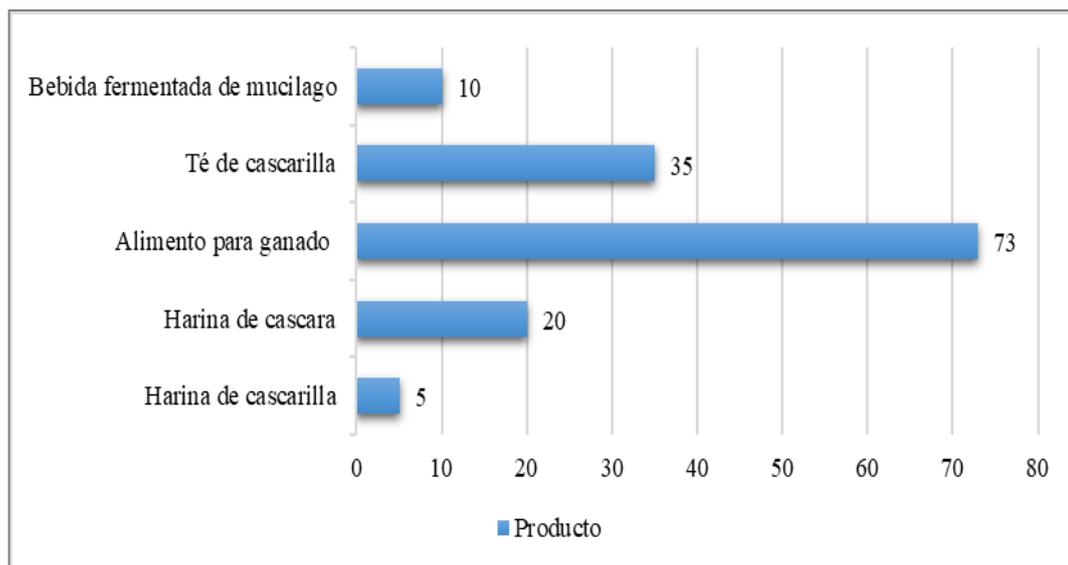


Figura 34. Tipos de productos alimenticios a base de los residuos
Fuente: Elaborado por Torres (2023)

Con respecto a los resultados de la pregunta 12. El 50% del total de encuestados, han escuchado de alimentos que se han elaborado con los residuos del cacao como bebidas de mucilago, el té de cascarilla, harinas a partir de cascara y cascarilla de cacao, pero la mayoría reconoce que se emplea para elaborar alimentos para animales. La gente mencionó los productos a ase de los residuos del cacao, sin embargo, algunos no se encontraron seguros de que en verdad esos productos se realicen.

3.2.2.3 Entrevista complementaria

A fin de recabar más información sobre el uso de los residuos en el cantón, se realizó la entrevista personal con algunos de los encuestados (*Ver Tabla 12*).

Tabla 12. Entrevista complementaria a encuestados

Entrevistado	Comentario
Martha Aguavil	La producción de cacao es baja, por la enfermedad de la monilla en épocas de invierno. La mazorca se deja en el campo. El precio de los granos que se venden es de acuerdo con la presentación del grano que debe estar

	sano.
Patricio Alvarracín	La cáscara se deja en el campo como abono y la cascarilla se vende y eso se usa para hacer harina para alimento del ganado. La baba se deja escurrir de las cajas para fermentación.
Joe Agualsaca	La finca produce plátano, piña y cacao. En general, los residuos orgánicos son una fuente de material nutritivo, por tal razón ha trabajado en mezclas de hoja de plátano y cáscara de cacao para realizar un compost para producir humus con muy buenos resultados. En cuanto al mucilago, ha desarrollado insecticidas resultando ser un buen controlador de plagas.
Enrique Gualzar	En verano es la época con más rendimiento, llegando a tener más quintales. Menciona que definitivamente vender el grano semi seco es mejor debido a que así pagan más. La cáscara la deja en el campo en el mismo lugar de cosecha, ya que lo que vale es el grano, a pesar de que no es su principal cultivo y vende el poco cacao se da en sus terrenos.
Luis Guerrero	Menciona no generar ningún residuo debido a que compra los granos de cacao en seco y semi seco, además de que se examina los granos y se revisa de que no haya grano dañado o conocido como “monilla”, ya que su presencia baja la calidad y por lo tanto su valor económico.
Lorenzo Jum	Trabaja en un importante centro de acopio. Los granos que se reciben se envían a Guayaquil. Los granos lo reciben semiseco, pero también en baba. El cacao se deja escurrir y lo que se recoge se riega en el campo. En ocasiones lo regalan cuando se lo piden. (El día de la entrevista se observó que regalaron un tacho con mucilago a un joven de Quito, quien se encontraba

	desarrollando una bebida a base de este).
Iliana Bosques	El cacao que más se comercializa es el CCN-51. El grano seco es de mayor comercio, aunque los productores lo traen en semiseco o en baba. La cascarilla a veces se regala o se vende cuando lo piden, pero generalmente se hecha en el campo.
Nelson coronel (San Jacinto)	Generalmente compra cacao en baba y seco. Los residuos de cascarilla los regala para realizar bolsas de té a un conocido y a otro para alimento de ganado. El mucilago lo desecha en un terreno que tiene cerca
Comercial Pacheco	Comercializa en su mayoría los granos de cacao CCN-51. En general el residuo que produce es la cascarilla de los granos tostados, el cual lo vende y desconoce su utilidad.
Hermanos Ruiz	Los granos se reciben en baba, secos y semi secos. Para comercializar los granos se lo hace en secos.
Comercial Jiménez	El residuo que se genera es la monilla (grano dañado). La cascarilla se usa para balanceado o se hecha al campo.
Nicson Villavicencio (Puerto Cao)	La época de invierno es la época que menos producción de grano existe debido a las lluvias, en verano es la época que más rendimiento de granos de cacao.

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

Los comentarios de la entrevista complementaria confirmaron los resultados de la encuesta, donde la mayoría de los residuos, en particular las cáscaras del fruto de cacao son abandonadas en el campo una vez recolectado los granos. El mucilago fue el residuo más infravalorado debido a que no existe interés en su recolección.

Los granos son el producto más valioso y su valor económico lo determina la presentación en baba o con mucilago, semiseco o seco. Los acopiadores y comerciantes que compran el cacao en baba y semi seco, suelen terminar de realizar el secado, aunque no mucho hacen ese proceso (*Ver Figura 35*).

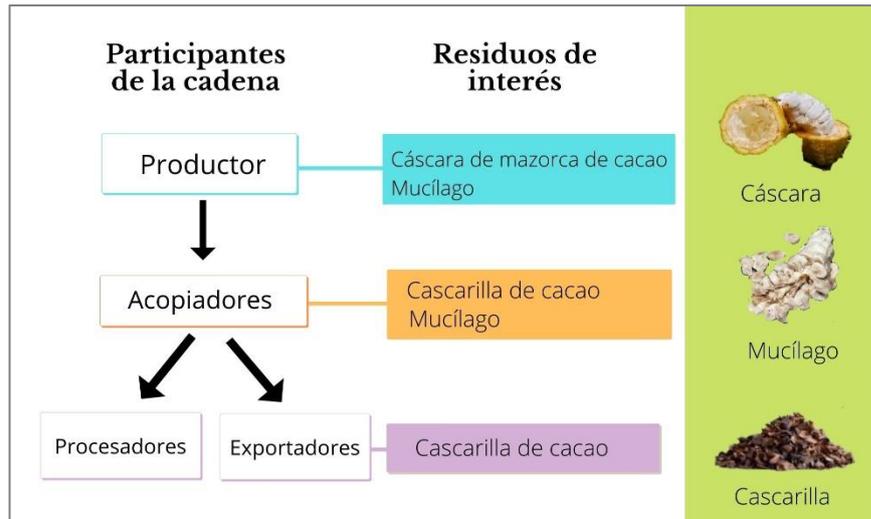


Figura 35. Participación de la cadena de valor en la producción de residuos
Fuente: Elaborado por Torres (2023)

El proceso de tostado generalmente lo hacen quienes compran granos secos de cacao bajo, los cuales se realizan bajo sus parámetros específicos generándose la cascarilla de cacao. La cascarilla se deja en los terrenos como fertilizante para la agricultura y para la elaboración de otros productos como harina para la alimentación animal

3.3 Propuesta biotecnológica para la valorización de los residuos del cacao

Se realizó una búsqueda en bases de información científica sobre herramientas biotecnológicas y sus aplicaciones en la industria alimentaria, las ventajas de empleo de la biotecnología, los biocompuestos de interés en cascara, mucilago y cascarilla como sus métodos de extracción. La biomasa residual puede ser gestionada por medio de la biotransformación de forma adecuada (Vásquez et al., 2019). La biotecnología se plantea como una parte integral en el futuro de la producción del cacao (Wickramasuriya y Dunwell, 2018).

3.3.1 Biotecnología a base de fermentación para la valorización de los residuos del cacao

La biotecnología se desarrolló de la biología molecular con la tecnología de la fermentación, y a la vez la fermentación corresponde a un área de la biotecnología,

por lo que ambos términos están muy ligados (**Bárcena et al., 2004; Joshi et al., 2018b**).

La fermentación es un proceso espontáneo de reacciones químicas de la cual se generan compuestos de sabor (alcoholes, aldehídos, ácido orgánicos, ésteres), alcohol a partir del azúcar presente debido a la acción de microorganismos como levaduras, bacterias ácido-lácticas y bacterias ácido-acéticas (**De Vuyst y Leroy, 2020**).

La Fermentación en Sólido (FES), la más antigua de las fermentaciones emplea una matriz sólida como sustrato, mientras que la fermentación sumergida (FS) puede emplear biorreactores para lograr alta calidad y rendimiento (**Kuila y Sharma, 2018**). El cultivo por lotes puede ser cerrado cuyo sustrato se mantiene aséptico con volumen constante y por lotes semi abierto o con alimentación, el cual se inyecta el cultivo aumentando el volumen del medio (**Joshi et al., 2018b**).

El sustrato es importante en la fermentación, de ello depende la tasa de consumo como el rendimiento. En FES se usa residuos de frutas y vegetales, salvado de trigo, pulpa de papel y en FS medios líquidos ricos en azúcares, jugos, aguas residuales, permitiendo la extracción de una variedad de compuestos como enzimas, antioxidantes y pigmentos (**Joshi et al., 2018b**). En el caso de la cascara y cascarilla resultan adecuados como sustrato para el proceso de fermentación en sólido (FES), mientras que el mucilago se emplearía para la fermentación sumergida (FS).

El empleo de la cascara de cacao en la fermentación en sólido ha permitido obtener diferentes productos como ácido cítrico a partir de *Aspergillus niger* (**De Oliveira et al., 2022**), mejorar los componentes nutricionales de harinas mediante *Rhizopus stolonifer* para el incremento de proteínas y antioxidantes (**Olugosi et al., 2019**) y la obtención de ácido propiónico (*Ver Tabla 13*), el cual es empleado como conservante alimentario (**CODEX Alimentarius, s.f.**) a partir de *Propionibacterium jensenii* (**Sarmiento et al., 2021**).

Para la cascarilla se ha empleado la fermentación en estado sólido para el incremento de fenoles y carotenoides empleando *Penicillium roqueforti*; además se registró el

aumento de saponinas junto con la actividad antioxidante, mejorando los niveles de ácidos grasos como oleico, linolénico (**Lessa et al., 2017**).

Tabla 13. Empleo de residuos de cacao como sustratos en la fermentación

Material	Forma	Microrganismo	Producto	Referencia
Cáscara	Sustrato para Fermentación líquida (hidrolizado enzimático)	<i>Candida tropicalis</i> ; <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Bioetanol 30,9 g y 45,2 g de bioetanol por kg de CPH	(Kley Valladares-Diestra et al., 2022)
Cáscara	Fermentación en estado sólido	<i>Aspergillus niger</i>	Obtención de ácido cítrico	(De Oliveira et al., 2022)
Cáscara	Fermentación en estado sólido	<i>Rhizopus stolonifer</i>	Harinas ricas mejoradas con proteína cruda y antioxidantes	(Olugosi et al., 2019)
Cáscara	Fermentación del hidrolizado de la cascara	<i>Propionibacterium jensenii</i>	Ácido Propiónico	(Sarmiento-Vásquez et al., 2021)
Cascarilla	Fermentación en estado sólido	<i>Penicillium roqueforti</i>	Incremento de fenoles y carotenoides	(Lessa et al., 2017).
Cascarilla	Fermentación estado sólido	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Obtención de etanol	(Awolu y Oyeyemi, 2015)
Cascarilla	Fermentación estado sólido	<i>Penicillium roqueforti</i>	Proteasa similar a la tripsina	Nogueira et al., 2022)
Mucilago	Fermentación	<i>Gluconacetobacter xylinus</i>	Obtención de celulosa	(Saavedra-Sanabria et al., 2021)
Mucilago	Fermentación	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Bioetanol	(Delgado, Bernal, et al., 2021)
Mucilago	Fermentación	Bacterias Ácido-Lácticas	Elaboración de queso semi maduro	(Tuárez et al., 2021)
Mucilago	Fermentación	Granos de Kéfir	Bebida alcohólica	(Puerari et al., 2012)

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

La obtención de bioetanol con *Saccharomyces cerevisiae* a partir de la cascarilla hidrolizada produjo 8,46% de bioetanol (Awolu y Oyeyemi, 2015) y obtención de proteasa similar a la tripsina para ser empleado como una alternativa al cuajo en lácteos con el uso de *Penicillium roqueforti* (Nogueira et al., 2022).

Las Bacterias Acido-Lácticas (BAL) son de acción anaerobia las cuales pueden fermentar varios alimentos como carnes hasta vegetales (**Dridier y Rivera, 2016**). La innovación en alimentos da la oportunidad para que residuos como el mucilago pueda ser empleados en nuevos procesos como la obtención de bacterias ácido lácticas (BAL), las cuales se recolectaron después de 48 horas para ser inoculadas en leche mediante un control de pH y sólidos solubles resultando en un queso semiduro de los agro residuos industriales para la obtención de compuestos enzimáticos como lipasas, empleando la fermentación solida e inoculando una cepa de por *Penicillium roqueforti* (**Tuárez et al., 2021**).

3.3.1.1 Microorganismos en la obtención de compuestos

La biotecnología emplea los microorganismos en sus procesos para la producción de enzimas. Los microorganismos en la industria de alimentos tienen dos aplicaciones, la primera es el empleo de microorganismos sin modificaciones genéticas para dar comienzo al proceso de fermentación y segundo el uso de microorganismos genéticamente modificados mediante el uso de sustratos en la fermentación para la obtención de productos en la industria de alimentos (**Ostos et al., 2019**).

Las enzimas pueden ser producidas por bacterias y por hongos, (**Joshi et al., 2018b**). Las enzimas son catalizadores biológicos y cada una actúa de forma particular debido a su bioquímica funcional. El empleo de las enzimas comerciales ha sido posible debido al desarrollo de bioprocesos microbianos para la obtención de metabolitos específicos (**Kuila y Sharma, 2018**).

Tabla 14. Microorganismos empleados en la síntesis de compuestos

Microorganismo productor	Enzima	Aplicación
---------------------------------	---------------	-------------------

<i>Aspergillus niger</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	Amilasas	Para alimentos precocidos, mejora la masa
<i>A. niger</i> y <i>Rhizomucor miehei</i>	Producción de lipasas extracelulares	Hidrólisis de la leche, recuperación de enzimas, mejoramiento de aromas en lácteos
<i>A. niger</i> y <i>Rhizomucor miehei</i>	Lipasas celulares	Empleado en margarinas y mayonesa. Aroma de bebidas.
Cultivos de hongos filamentosos: <i>Cladosporium Sphaerospermum</i> , <i>Penicillium chrysogenum</i> y <i>Trichoderma viride</i>	Celulasas y pectinasas	Clarificación de bebidas disminución de viscosidad
<i>A. niger</i> y <i>Pycnoporus cinnabarinus</i>	Aromas naturales y para alimentos	Aromatizante
<i>A. niger</i> y <i>Pycnoporus cinnabarinus</i>	Síntesis de vainilla	Saborizante

Fuente: Elaborado por Torres (2023), a partir de (Ostos et al., 2019)

El desarrollo de microorganismos en la fermentación se debe a la composición lignocelulósica y de azúcares de los residuos del cacao. Se puede obtener ácido propiónico de la cascara de cacao, cuya aplicación en alimentos es como conservante en lácteos (Sarmiento et al., 2021). Las lipasas de mejoran las características de aromas y sabores debido a sus propiedades catalíticas, tienen un amplio rango de aplicación en la industria alimentaria lácteos, carnes, grasas y aceites, confitería, panadería, etc., (Salgado et al., 2022).

Además, puede obtenerse otros compuestos de uso alimentario como proteínas microbianas (SCP) y bacteriocinas. Las bacteriocinas que son compuestos producidos por las BAL, las cuales ha tenido excelentes resultados como un inhibidor de la actividad microbiana en quesos (Heredia et al., 2017).

No todos los materiales de origen agrícola pueden ser adecuados como sustratos, se debe usar algunos criterios para determinar el sustrato adecuado en el caso de proteína microbiana, no deben ser tóxicos, ser abundante, económico y regenerable (Reihani y Khosravi, 2019).

En la producción de proteínas microbianas (SCP), la cual se emplea como una fuente de proteínas para ser añadidas a los alimentos y enriquecerlos, resulta ser adecuado el empleo de la biomasa a partir de los residuos o subproductos de las industrias agrícolas, ya que actúan como fuentes de carbono ricos en celulosa y hemicelulosa, actuando como sustrato para microorganismos (Bajić et al., 2023).

Tabla 15. *Microrganismos y sustratos en la producción de SCP*

<i>Sustrato</i>	<i>Microrganismo</i>		
	Bacteria	Hongo	Levadura
<i>Lactosa</i>	<i>Aeromonas</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Amoco</i>
<i>n-alkno</i>	<i>Acromobacter</i>	<i>Cepalosporium</i>	<i>cándida</i>
<i>Metanol</i>	<i>Acinetobacter</i>	<i>Chaeomium</i>	<i>Saccharomyces</i>
<i>Hemicelulosa</i>	<i>Bacillus</i>		<i>trichoderma</i>
<i>Maltosa</i>	<i>Flavobacterium</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Kluyveromyces</i>
<i>Glucosa</i>	<i>Lactobacillus</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Termomices</i>
<i>Galactosa</i>	<i>Metilomonas</i>	<i>Scytalidium</i>	<i>Metilomonas</i>
<i>Pentosa</i>	<i>Pseudomonas</i>	<i>trichoderma</i>	<i>Rhodotorula</i>
<i>Nanoproteinas y compuestos nitrogenados</i>	<i>Rhodopseudomonas</i>	<i>fusarium</i>	<i>Trichosporon</i> <i>Mucor</i>

Fuente: Elaborado por Torres (2023), a partir de (Reihani y Khosravi, 2019)

Los hongos pueden emplear los residuos agroindustriales como sustratos para la fermentación en estado sólido por la presencia de compuestos nitrogenados, permitiendo un rápido crecimiento, altos rendimientos y bajo consumo de energía (Díaz et al., 2019). Los compuestos bioactivos que pueden llegar a producir los hongos son varios como polisacáridos, glicoproteínas, enzimas, polifenoles y compuestos relacionados (Doroški et al., 2022).

Los hongos comestibles como *P. ostreatus* se han evaluado su rendimiento y comportamiento de crecimiento en varios sustratos, permitiendo que exista mucha información y técnicas de cultivo como sustratos (Ver Tabla 16). El hongo *P. ostreatus* para desarrollarse necesita temperaturas de 23 a 32°C considerando se óptima a los 28°C en el crecimiento micelial, en la formación de primordios las condiciones de temperatura son de 18. 20°C con pH de 4.5-7 siendo 5.5 el ideal y el sustrato debe tener un contenido de humedad entre 60-70%, en condiciones de humedad relativa de 80-90% (Díaz et al., 2019).

3.3.2 Ventajas de las herramientas biotecnológicas en el uso de residuos

3.3.2.1 Ventajas económicas

La aplicación de la biotecnología en los residuos agroindustriales se presenta como una nueva forma de negocio y la generación de nuevos conocimientos tecnológicos y científicos, fusionando la biotecnología y la economía, lo que se conoce actualmente como bioeconomía (Lanzerath y Schurr, 2022).

Estos nuevos modelos de negocio generarían en las zonas rurales y urbanas la creación de nuevos mercados basados en bioenergía, valorización de residuos agrícolas, abriéndose la posibilidad de nuevos empleos y actividades económicas como ingresos alternativos adecuados para las áreas rurales (Hodson, 2018).

Existe un rápido crecimiento microbiano debido a su acelerada tasa de reproducción (Bajić et al., 2023). La obtención de enzimas por procesos microbianos reduce el tiempo, costos de procesamiento y producción, al igual que todo proceso fermentativo para la obtención de biocompuestos (Salgado et al., 2022).

Tabla 16. Hongos para la industria alimentaria crecimiento con sustratos de residuos agroindustriales

Especie	Función	Sustrato	Fuente
<i>Lentinula boryana</i>	Hongo comestible	Pulpa de café	(Gaitán y Salmones, 2015)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Hongo comestible	grano gastado de cerveza (SG) y cáscaras de mazorca de cacao	(Fernández Pereira et al., 2021)
<i>P. eryngii</i>	Hongo comestible	Cáscaras de naranja	(Otieno et al., 2022)
<i>Auricularia spp</i> y <i>Pleurotus spp</i>	Hongo comestible	cascarilla de arroz, pulpa de café, aserrín y arroz pilado	(Ríos et al., 2017)
<i>Lentinula edodes</i> <i>hongos shiitake</i>	Enzimas hidrolíticas (celulasas, laminarinasas y xilanasas)	Pulpa de café	(Mata et al., 2016)
<i>Auricularia auricula</i>	Producción de enzimas lignocelulolíticas	Tallo de maíz	(X. Lu et al., 2022)
<i>Myceliophthora thermophila</i>	Producción de enzimas lignocelulolíticas		(X. Lu et al., 2022)
<i>Monascus spp</i>	Colorantes	maíz, arroz y Aloe vera	(Velázquez et al., 2016)

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

3.3.2.2 Ventajas industriales

La biotecnología a nivel industrial permite reducir la generación de desechos, conservar los recursos naturales y producir productos más ecológicos a precios más bajos. En el caso de las lipasas microbianas se necesitan fuentes de carbono y nitrógeno para llevar a cabo el proceso de fermentación, sin embargo, estas pueden llegar a ser costosas, de ahí el interés de emplear los materiales agroindustriales como sustratos para fermentación **(Salgado et al., 2022)**.

Las enzimas microbianas a nivel industrial tienen ventajas como la catálisis de diversas reacciones, una alta especificidad, mayor rendimiento, disminución en el consumo de energía **(Salgado et al., 2022)**.

3.3.2.3 Ventajas ambientales

Las biotecnologías emergentes tienen técnicas de bajo insumo que involucran microbios, plantas y animales que ofrecen enfoques novedosos (manipulación genética o 'ingeniería') para lograr un equilibrio entre las necesidades de desarrollo y la conservación ambiental **(Hodson, 2018)**. El interés de los microorganismos para la producción de enzimas se debe a la facilidad de manejo, posibilidad de manipulación genética, diversidad en la producción y secreción, y gran rentabilidad en la producción industrial **(Joshi et al., 2018a)**.

La reducción de biomasa desechada en el ambiente, con la posibilidad de emplear subproductos, residuos y desechos agrícolas como sustrato para los microorganismos empleándola como una tecnología renovable **(Joshi et al., 2018a)**.

3.3.3 Biocompuestos en los residuos de cacao

El principal componente de la cascara fueron los carbohidratos, el cual se divide en monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos como la fibra **(Badui, 2013)**. Además de proteína (7-10%), grasa (1,5-2%), carbohidratos (32-47%) y cenizas (6,4-8,4) %, existen otros componentes que se pueden obtener como celulosas, hemicelulosas,

ligninas, pectinas y minerales como potasio, calcio, magnesio fosforo, sodio y hierro **(Lu et al., 2018)**.

La cascara de cacao puede llegar a ser compleja debido a su composición de cadenas de polímeros de celulosa, hemicelulosa y lignina, junto con material extraíble como pectina, proteína, fenoles y varios azúcares **(Valladares et al., 2022)**. La pectina junto con la celulosa forma parte de la fibra de la cascara de cacao, la cual ha podido ser extraída debido a su importancia en la industria alimentaria **(Valladares et al., 2022)**.

La cascara de cacao también contiene almidón en una cantidad baja **(Herrera et al., 2020)**. Después de la obtención de la pectina existen fracciones sólidas y líquidas con otros componentes como celulosas, hemicelulosas y lignina que se pueden emplear para la obtención de azúcares **(Valladares et al., 2022)**.

Los azúcares obtenidos de la cascara de cacao se ha empleado para la obtención de bioetanol a partir de la cascara de cacao es posible después del cual e la hidrolisis que tiene como resultado la pectina, el residuo sólido se emplearía para la obtención de bioetanol **(Valladares et al., 2022)**.

Además, las cascaras del cacao tienen un importante contenido de antioxidantes, como ácido gálico, teobromina, teofilina, catequina, epicatequina, epigallocatequina y galato de epigallocatequina (Nguyen et al., 2021). La capacidad antioxidante de 0,213 mmol TE (Equivalentes Trolox) / g y 3,36 mg TE/g **(Dewi et al., 2022; Valadez et al., 2018)**.

La fibra de la cascarilla de cacao contiene fracciones importantes de polisacáridos, lignina, celulosa y hemicelulosa, que le aportan estabilidad en la estructura de la cascarilla, importante como fuente de fibra dietética **(Handojo et al., 2019)**.

La teobromina, cafeína y ácidos grasos son compuestos que se han obtenido de la cascarilla de cacao **(González et al., 2019)**. **Younes et al., (2022)**, concuerda que la cascarilla de cacao es una importante fuente de flavonoides y alcaloides como

teobromina y ácidos grasos. La presencia de cafeína (0,0209–0,0427 mg/g) y teobromina (0,0200–0,0375 mg/g) en mayor o menor concentración se debería a los tratamientos que se les haya dado a los granos de cacao (**Sotelo et al., 2015; Vázquez et al., 2016**).

El mucilago está compuesto principalmente por agua de un 82-87%, seguido de 10-15% de azúcares, ácido cítrico 1-3%, pectina 1-15% y pentosanas (2-3 %) El mucilago de cacao es rico en fructosa, glucosa y sacarosa, adecuado para emplearse en fermentación (Guirlanda et al., 2021).

3.3.4 Obtención de biocompuestos de interés en residuos de cacao

La fermentación, hidrólisis enzimática y combustión, etc., han sido métodos para obtener compuestos volátiles, lipasa, alimento animal, potasa orgánica, antibacterianos, larvicidas y compuestos con actividad antioxidante (Campos et al., 2018).

Debido a la compleja composición de la cascara de cacao es necesario la aplicación de tratamientos para la extracción de componentes bioactivos, como reducción del tamaño de partícula con molienda o triturado, tratamientos térmicos o tratamientos con solventes. El pretratamiento para la cascarrilla es la molienda y tamizado (Grillo et al., 2019). Los solventes comúnmente empleados han sido ácido sulfúrico (H₂SO₄), ácido nítrico (HNO₃), ácido fosfórico (H₃PO₄), ácido acético (CH₃COOH) o ácido clorhídrico (HCl) para la obtención directa de biocompuestos (Gavahian et al., 2021).

Los tratamientos para la cascara de cacao pueden incluir tratamientos alcalinos o enzimáticos debido al contenido de celulosa, hemicelulosa y pectina de la cascara de cacao para la obtención de compuestos bioactivos (**Sarmiento et al., 2021**). La hidrólisis ácida se ha empleado para descomponer la compleja estructura de la cascara, mientras que la hidrólisis enzimática ha permitido transformar los polímeros en azúcares (**Valladares et al., 2022**). Los tratamientos enzimáticos para hidrólisis ácida pueden incluir proteasa, pectinasa, celulasa (**Pérez et al., 2017**).

Las propiedades fisicoquímicas, fitoquímicas, antioxidantes y microestructurales de la cascara de cacao son afectadas por los tratamientos térmicos previos a la extracción de compuestos alcaloides (Nguyen et al., 2021).

La combinación de tratamientos hace más efectiva la extracción. Los métodos modernos que pueden emplearse para extracción de biocompuestos (Tabla 15), son extracción asistida por microondas (MAE), extracción asistida por ultrasonidos (UAE), extracción con agua subcrítica (SWE), extracción con fluido supercrítico (SFE) y extracción con líquido presurizado (PLE) (Belwal et al., 2022). En el caso de la cascara de cacao se ha extraído compuestos fenólicos mediante fluidos supercríticos (Valadez et al., 2018) y extracción asistida por microonda, la cual mencionó tener excelentes resultados (Dewi et al., 2022).

De la cascarilla de cacao se ha extraído teobromina, cafeína y ácidos grasos, mediante fluidos supercríticos (González et al., 2019), extracción de líquido presurizado (Okiyama et al., 2018) y extracción mediante ultrasonido (Yusof et al., 2019). El rendimiento de extracción de contenido de teobromina y grasas de la cascara de cacao con fluido supercrítico fue de 3,66%-15,30% debido a los valores de las variables de los tratamientos, la grasa fue el componente con mayor rendimiento 94,73% (González et al., 2019).

Con el método de extracción de líquido presurizado se obtuvo teobromina (9,89 mg/g) y epicatequina (3,5 mg/g) (Okiyama et al., 2018) y el contenido de flavonoides fue 7,47 mg /g (Yusof et al., 2019). Los rendimientos obtenidos aseguraron ser mejor que los métodos solo con solventes, además de que la calidad antioxidante no se ve afectada ya que son tratamientos que manejan las variables de tiempo y temperatura de forma eficiente.

El almidón se ha llegado extraer de la cascara de cacao (Ver Anexo 1), sin embargo, su rendimiento fue bajo (12,04%) respecto a otros residuos como cáscara de banano (42,63%), probablemente porque el método de extracción empleado fue mecánico

por triturado y licuado de la cáscara junto con agua para recolectar posteriormente el almidón sedimentado o estado de maduración de la cascara (**Herrera et al., 2020**).

Tabla 17. Métodos modernos de extracción de biocompuestos que se ha empleado en residuos de cacao

Técnica de extracción	Materia prima	Condiciones	Producto	Referencia
Extracción de fluidos supercríticos	Cáscara de cacao	60 °C, 299 bar y 13,7 % de etanol	Extracción de compuestos fenólicos	(Valadez-Carmona et al., 2018)
Extracción de agua subcrítica	Cascarilla de cacao	(313–333 K), (2000–6000 psi), y (30–90 min)	grasa y metilxantinas (teobromina y cafeína)	(González-Alejo et al., 2019)
Extracción asistida por enzimas	Cáscara de cacao	Sistema de Extracción Acelerada por Solventes ASE 200 de Dionex Corporation. 121 °C, 103,4 bar y 30 min metodología de superficie de respuesta (RSM). 6,0% de concentración de materia prima, 40 µL g ⁻¹ de enzima y 18,54 h	Pectina	(Muñoz-Almagro et al., 2019)
Extracción de líquido presurizado	Cascarilla	etanol absoluto. 5, 30 y 50 minutos empleando UPLC-MS/MS	Pectina	(Hennessey-Ramos et al., 2021)
Extracción asistida por microondas	Cáscara del fruto de cacao	50 °C y 5 min de tiempo de extracción	alcaloides y flavanoles	(Okiyama et al., 2018)
Extracción asistida por ultrasonido	Cascarilla	Concentración de etanol (70-90 v/v %), temperatura (45-65 °C), tiempo (30-60 min)	Contenido fenólico	(Dewi et al., 2022)
			Extracción de los compuestos flavonoides	(Yusof et al., 2019)

Fuente: Elaborado por Torres (2023)

CAPITULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Se planteó como objetivo general caracterizar los residuos de cacao generados con potencial valor para su uso en la industria alimentaria mediante el uso de herramientas biotecnológicas. Para lograrlo fue necesario, primeramente: *Determinar la composición bromatológica de los residuos del cacao del tipo CCN-51 en el cantón Santo Domingo.*

Los residuos del cacao identificados en la producción del grano fueron la cascara, mucilago y la cascarilla. El cacao del tipo CCN-51 de Santo Domingo contiene alta cantidad de nutrientes en su composición. Los elementos que destacaron en la cáscara fueron los carbohidratos y la fibra. El mucilago tuvo un contenido importante de azúcares con un contenido de °Brix alto adecuado para iniciar procesos de fermentación espontánea. La cascarilla contiene carbohidratos, fibra y cenizas, así como un contenido de polifenoles y alcaloides que lo hacen una importante fuente de antioxidantes.

Respecto al segundo objetivo específico que fue *Identificar las aplicaciones actuales que se les da a los residuos de la industria chocolatera en el cantón Santo Domingo.* Los residuos del cacao no tienen un uso establecido y solo se dejan en el campo. La cascara, cascarilla y mucilago se riegan en los terrenos como fertilizantes. La cascara y cascarilla en ocasiones se emplean en la obtención de harinas para la alimentación

del ganado. La comercialización de bebida a base de mucilago existe, pero es escasa debido a que este no se recolecta, la estimación de residuos del cacao evidenció una gran generación de subproductos del cacao.

Finalmente, el tercer objetivo específico fue: *Realizar una búsqueda bibliográfica sobre el empleo de los residuos del cacao en la industria alimentaria en donde se aplique herramientas biotecnológicas.* Dando como resultado que, las aplicaciones biotecnológicas como la fermentación tienen la ventaja de ser rápida, alto rendimiento y bajo costo.

En una industria como la del cacao resulta adecuada para aprovechar la gran cantidad de biomasa disponible, ya que son materiales ricos en compuestos lignocelulósicos en la cascara y cascarilla como los azúcares del mucilago, además que es una oportunidad de nuevos negocios para la economía del sector. Debido a su composición nutricional los residuos del cacao son un adecuado sustrato para la fermentación empleando microorganismos para la producción de metabolitos secundarios de interés en la industria alimentaria y la producción de hongos comestibles.

4.2 Recomendaciones

Debido los resultados de este estudio, se sugiere:

- Proponer planes con alternativas biotecnológicas a los centros de acopio del cacao junto con el apoyo de las instituciones públicas y privadas para incentivar la recolección y empleo de los residuos en nuevos procesos.
- Estimar un análisis químico de los componentes minerales y vitaminas que contiene los residuos de cacao de la zona.
- Evaluar la factibilidad de la creación de una planta de tratamiento de subproductos del cacao cáscara, mucilago o cascarilla con fines alimenticios.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, A., Acuña, C., y Naranjo, E. (2020). El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. *Estudios De La Gestión: Revista Internacional De Administración*, 7, 59–83. <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/eg/article/view/1442/1349>
- Achaw, O.-W., y Danso-Boateng, E. (2021). *Chemical and Process Industries*. *Chemical and Process Industries*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-79139-1>
- Aggelopoulos, T., Katsieris, K., Bekatorou, A., Pandey, A., Banat, I. M., y Koutinas, A. A. (2014). Solid state fermentation of food waste mixtures for single cell protein, aroma volatiles and fat production. *Food Chemistry*, 145, 710–716. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2013.07.105>
- Aileni, M. (2022). *Environment Sustainability and Role of Biotechnology*. In *Innovations in Environmental Biotechnology* (pp. 21–64). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4445-0_2
- ANECACAO. (2015). *Cacao Nacional | Anecacao Ecuador*. <http://www.anecacao.com/index.php/es/quienes-somos/cacao-nacional.html>
- ANECACAO. (2019). *Sector exportador de cacao. BOLETIN MENSUAL DE ANECACAO*.
- Anvoh, K. Y. B., Bi, A. Z., y Gnakri, D. (2009). Production and characterization of juice from mucilage of cocoa beans and its transformation into marmalade. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(2), 129–133. <https://doi.org/10.3923/pjn.2009.129.133>
- Anzules, V., Borjas-Ventura, R., Castro-Cepero, V., y Julca-Otiniano, A. (2018). Caracterización de fincas productoras de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Santo Domingo de Los Tsáchilas, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 8(2). <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/493>

- Allen, M. (2017). La enciclopedia SAGE de métodos de investigación en comunicación (Vols. 1-4). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc doi: 10.4135/9781483381411
- Araujo, S. C., Ramos, M. R. M. F., do Espírito Santo, E. L., de Menezes, L. H. S., de Carvalho, M. S., Tavares, I. M. de C., Franco, M., y de Oliveira, J. R. (2021). Optimization of lipase production by *Penicillium roqueforti* ATCC 10110 through solid-state fermentation using agro-industrial residue based on a univariate analysis. *Preparative Biochemistry y Biotechnology*, 52(3), 325–330. <https://doi.org/10.1080/10826068.2021.1944203>
- Arteaga, Y. (2013). ESTUDIO DEL DESPERDICIO DEL MUCILAGO DE CACAO EN EL CANTÓN NARANJAL (PROVINCIA DEL GUAYAS). *Revista ECA Sinergia.*, 4(4), 49–59.
- Awolu, , Olugbenga Olufemi, y Oyeyemi, S. O. (2015). Optimization of Bioethanol production from Cocoa (*Theobroma cacao*) Bean Shell. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(4), 506–514.
- Badui Dergal, S. (2013). *Química de los Alimentos (Quinta)*. PEARSON EDUCATION.
- Bajić, B., Vučurović, D., Vasić, Đ., Jevtić-Mučibabić, R., y Dodić, S. (2023). Biotechnological Production of Sustainable Microbial Proteins from Agro-Industrial Residues and By-Products. *Foods*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/foods12010107>
- Bárcena, A., Katz, J., Morales, C., y Schaper, M. (2004). Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Barrios-Rodríguez, Y. F., Salas-Calderón, K. T., Orozco-Blanco, D. A., Gentile, P., y Girón-Hernández, J. (2022). Cocoa Pod Husk: A High-Pectin Source with Applications in the Food and Biomedical Fields. *ChemBioEng Reviews*, 9(5), 462–474. <https://doi.org/10.1002/CBEN.202100061>

- Bekele, F., y Phillips-Mora, W. (2019). Cacao (*Theobroma cacao* L.) Breeding. *Advances in Plant Breeding Strategies: Industrial and Food Crops*, 6, 409–487. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23265-8_12
- Belwal, T., Cravotto, C., Ramola, S., Thakur, M., Chemat, F., y Cravotto, G. (2022). Bioactive Compounds from Cocoa Husk: Extraction, Analysis and Applications in Food Production Chain. *Foods* (Basel, Switzerland), 11(6). <https://doi.org/10.3390/FOODS11060798>
- Calazacón, A. (2016). PLAN DE NEGOCIO PARA LA EMPRESA ASOCIATIVA ACOPIADORA Y COMERCIALIZADORA DE CACAO EN SANTO DOMINGO, 2015. Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Campos, R., Nieto, K., y Oomah, B. (2018). Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. *Trends in Food Science y Technology*, 81, 172–184. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2018.09.022>
- Chang, V., Escaleras, Á., y Astaburuaga, I. (2021). Sistema de producción de la almendra y del cacao: Una caracterización necesaria*. *Ciencias Sociales*, 27(3). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28068276029>
- CODEX Alimentarius. (n.d.). Información sobre el aditivo alimentario para Ácido propiónico. Normas Alimentarias FAO/OMS. GSFA Online. Retrieved January 12, 2023, from <https://www.fao.org/gsfaonline/additives/details.html?id=370>
- Da Rosa-Garzon, N. G., Laure, H. J., Rosa, J. C., y Cabral, H. (2022). Valorization of agricultural residues using *Myceliophthora thermophila* as a platform for production of lignocellulolytic enzymes for cellulose saccharification. *Biomass and Bioenergy*, 161, 106452. <https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2022.106452>
- Da Silva, F., Gonçalves, E., Arancibia, B., Bento, G., Castro, T., Hernández, S., y da Silva, R. (2015). Estimators of internal consistency in health research: the use of the alpha coefficient. *Rev Peru Med Exp Salud Pública*, 321, 129–138.

- De Franzo, S. (2022). ¿Cuál es la diferencia entre investigación cualitativa y cuantitativa? <https://www.snapsurveys.com/blog/qualitative-vs-quantitative-research/>
- De La Cruz, J., Vargas Ortiz, M., y del Angel, O. (2011). CACAO: Operaciones Poscosecha. INPhO-Compendio de Poscosecha (D. Mejía y FAO, Eds.).
- De Oliveira, P. Z., de Souza Vandenberghe, L. P., Rodrigues, C., de Melo Pereira, G. V., y Soccol, C. R. (2022). Exploring cocoa pod husks as a potential substrate for citric acid production by solid-state fermentation using *Aspergillus niger* mutant strain. *Process Biochemistry*, 113, 107–112. <https://doi.org/10.1016/J.PROCBIO.2021.12.020>
- De Vuyst, L., y Leroy, F. (2020). Functional role of yeasts, lactic acid bacteria and acetic acid bacteria in cocoa fermentation processes. *FEMS Microbiology Reviews*, 44(4), 432–453. <https://doi.org/10.1093/FEMSRE/FUAA014>
- Delgado, J., Bernal, T., Soler, J., y Peña, J. (2021). Kinetic modeling of batch bioethanol production from CCN-51 Cocoa Mucilage. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 128, 169–175. <https://doi.org/10.1016/J.JTICE.2021.08.040>
- Delgado, J., Lucas, R., Viuda, M., Fernández, J., Pérez, J. Á., Martuscelli, M., y Chaves, C. (2021). Bioactive compounds and techno-functional properties of high-fiber co-products of the cacao agro-industrial chain. *Heliyon*, 7(4), e06799. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2021.E06799>
- Delgado, N. (2018). Plan de manejo integral de residuos derivados de la extracción de la pulpa de cacao en la hacienda Bellavista, Luz de América, provincia de Azuay-Ecuador [Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30454/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>
- Delgado-Ospina, J., Martuscelli, M., Grande-Tovar, C. D., Lucas-González, R., Molina-Hernandez, J. B., Viuda-Martos, M., Fernández-López, J., Pérez-álvarez, J. Á., y Chaves-López, C. (2021). Cacao pod husk flour as an

ingredient for reformulating frankfurters: Effects on quality properties. *Foods*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/foods10061243>

Dewi, S. R., Stevens, L. A., Pearson, A. E., Ferrari, R., Irvine, D. J., y Binner, E. R. (2022). Investigating the role of solvent type and microwave selective heating on the extraction of phenolic compounds from cacao (*Theobroma cacao* L.) pod husk. *Food and Bioproducts Processing*, 134, 210–222. <https://doi.org/10.1016/J.FBP.2022.05.011>

Díaz Muñoz, K., Guajardo, M. C., Alberto, C., Torres, L., Luis, y, Gil Ramírez, A., Betzabet, C., Vásquez, B., y Cabos Sánchez, J. (2019). Production of *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) ICFC 153/99 grown on different waste lignocellulosic. *Arnaldoa*, 26(3), 1177–1184. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26322>

Dolder, L. K. (2012). Methylxanthines: Caffeine, Theobromine, Theophylline. *Small Animal Toxicology, Third Edition*, 647–652. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-0717-1.00060-0>

Doroški, A., Klaus, A., Režek Jambrak, A., y Djekic, I. (2022). Food Waste Originated Material as an Alternative Substrate Used for the Cultivation of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*): A Review. *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 12509, 14(19), 12509. <https://doi.org/10.3390/SU141912509>

Dos Anjos Lopes, S. M., Martins, M. V., de Souza, V. B., y Tulini, F. L. (2021). Evaluation of the Nutritional Composition of Cocoa Bean Shell Waste (*Theobroma cacao*) and Application in the Production of a Phenolic-rich Iced Tea. *Revista de Ciencia y Tecnología Culinarias*. <https://doi.org/10.1080/15428052.2021.2016531>

ESPAC. (2021). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020 Contenido. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf

ESPAC. (2022). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2021.

Fernandes Pereira, C., Zózimo De Matos Costa, A., Rocha Niella, G., Bezerra, J. L., Paula, A., Uetanabaro, T., y Aguiar-Oliveira, E. (2021). Brewers residues and cocoa pod shells as a substrate for cultivation of *Pleurotus ostreatus* CCIBt 2339 and enzymes production. *African Journal of Biotechnology*, 20(3), 115–121. <https://doi.org/10.5897/AJB2020.17242>

Fernández, A., y López, A. (2013). Validación mediante método Delphi de un sistema de indicadores para prever, diseñar y medir el impacto sobre el desarrollo local de los proyectos de investigación en el sector agropecuario. 22(3).

Fernández, M. C., Asencio, C. G. S., Bastidas, E. V. B., Susal, K. M. S., Matute Castro, N. L., Carrión, J. V. C., Cuesta-Rubio, O., Jaramillo, C. G. J., y Hernández, I. M. (2019). Design of an infusion of *Moringa oleifera* L. (moringa) leaves and *Theobroma cacao* L. (cocoa) husk | Diseño de una infusión de hojas de *Moringa oleifera* L (moringa) y cascarilla de *Theobroma cacao* L (cacao). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 24(1).

Ferreira-Lazarte, A., Kachrimanidou, V., Villamiel, M., Rastall, R. A., y Moreno, F. J. (2018). In vitro fermentation properties of pectins and enzymatic-modified pectins obtained from different renewable bioresources. *Carbohydrate Polymers*, 199, 482–491. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2018.07.041>

Gabbay Alves, T. V., Silva da Costa, R., Aliakbarian, B., Casazza, A. A., Perego, P., Pinheiro Arruda, M. S., Carréra Silva Júnior, J. O., Converti, A., y Ribeiro Costa, R. M. (2019). Bioactive compounds and antioxidant potential for polyphenol-rich cocoa extract obtained by agroindustrial residue. *Natural Product Research*, 33(4), 589–592. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1399381>

GAD Municipal de Santo Domingo. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. PDOT 2030.

[https://www.santodomingo.gob.ec/docs/transparencia/2018/05-Mayo/Anexos/s\)/PDOT%202030/PDOT%202030%20SANTO%20DOMINGO.pdf](https://www.santodomingo.gob.ec/docs/transparencia/2018/05-Mayo/Anexos/s)/PDOT%202030/PDOT%202030%20SANTO%20DOMINGO.pdf)

GAD Municipal Santo Domingo. (2021). Situación - Municipio de Santo Domingo. https://www.santodomingo.gob.ec/?page_id=3151

Gaitán-Hernández, R., y Salmones, D. (2015). Uso de residuos lignocelulósicos para optimizar la producción de inóculo y la formación de carpóforos del hongo comestible *Lentinula boryana**. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(7), 1639–1652. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000700017

García-García, J. A., Reding-Bernal, A., y López-Alvarenga, J. C. (2013). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Investigación En Educación Médica*, 2(8), 217–224. [https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(13\)72715-7](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72715-7)

Gavahian, M., Mathad, G. N., Pandiselvam, R., Lin, J., y Sun, D. W. (2021). Emerging technologies to obtain pectin from food processing by-products: A strategy for enhancing resource efficiency. *Trends in Food Science y Technology*, 115, 42–54. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.06.018>

González, F., Barajas, J., García, P., González, F., Barajas, J., y García, P. (2019). Extracción de compuestos solubles de la cascarilla de cacao con CO₂ supercrítico. Caso de metilxantinas y grasa. *CienciaUAT*, 13(2), 128–140. <https://doi.org/10.29059/CIENCIAUAT.V13I2.1073>

González-Alejo, F., Barajas-Fernández, J., Olán-Acosta, Á., Lagunes-Gálvez, L., y García-Alamilla, P. (2019). Supercritical Fluid Extraction of Fat and Caffeine with Theobromine Retention in the Cocoa Shell. *Processes*, 7(6), 385. <https://doi.org/10.3390/pr7060385>

Grillo, G., Boffa, L., Binello, A., Mantegna, S., Cravotto, G., Chemat, F., Dizhbite, T., Lauberte, L., y Telysheva, G. (2019). Cocoa bean shell waste valorisation;

- extraction from lab to pilot-scale cavitation reactors. *Food Research International*, 115, 200–208. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.08.057>
- Guirlanda, C., da Silva, G., y Takahashi, J. (2021). Cocoa honey: Agro-industrial waste or underutilized cocoa by-product? *Future Foods*, 4, 100061. <https://doi.org/10.1016/J.FUFO.2021.100061>
- Handojo, L., Triharyogi, H., y Indarto, A. (2019). Cocoa bean shell waste as potential raw material for dietary fiber powder. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8, 485–491. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0271-9>
- Hartel, R. W., von Elbe, J., y Hofberger, R. (2018). Chocolate. *Confectionery Science and Technology*, 423–484. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61742-8_15
- Hennessey-Ramos, L., Murillo-Arango, W., Vasco-Correa, J., y Astudillo, I. C. P. (2021). Enzymatic Extraction and Characterization of Pectin from Cocoa Pod Husks (*Theobroma cacao* L.) Using Celluclast® 1.5 L. *Molecules* (Basel, Switzerland), 26(5). <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26051473>
- Heredia, P., Hernández, A., Gonzáles, aron, y Vallejo, B. (2017). Bacteriocinas de Bacterias Ácido-Lácticas: Mecanismos de acción y actividad antimicrobiana contra patógenos en quesos. *Interciencia*, 42(6), 340–346. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33951621002.pdf>
- Herman, C., Spreutels, L., Turomza, N., Konagano, E. M., y Haut, B. (2018). Convective drying of fermented Amazonian cocoa beans (*Theobroma cacao* var. Forasteiro). Experiments and mathematical modeling. *Food and Bioproducts Processing*, 108, 81–94. <https://doi.org/10.1016/J.FBP.2018.01.002>
- Hernández, H., y Pascual, A. (2018). Validación de un instrumento de investigación para el diseño de una metodología de autoevaluación del sistema de gestión ambiental. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 157–163.

- Herrera, J., Villa, L., Olaya, A., y García, L. (2020). Extracción de almidón de cáscara de cacao *Theobroma cacao* L. como alternativa de bioprospección. *Revista ION*, 332, 25–34. <https://doi.org/10.18273/revion.v33n2-2020002>
- Hodson de Jaramillo, E. (2018). Bioeconomía: el futuro sostenible. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 42(164), 188–201. <https://doi.org/10.18257/RACCEFYN.650>
- Iglesias, D., Morejón, B., Betania, J., y Pérez, D. (2022). Optimización del proceso de obtención de un extracto acuoso de cascarilla de cacao. *CENIC Ciencias Químicas*, 53(1), 60–71. <https://doi.org/10.1002/9781118913758.CH2>
- Joshi, R., Sharma, V., y Kuila, A. (2018a). Types of Fermentation Processes. In *Principles and Applications of Fermentation Technology*. Scrinever Publishing. <https://www.wiley.com/en-mx/Principles+and+Applications+of+Fermentation+Technology-p-9781119460268>
- Joshi, R., Sharma, V., y Kuila, A. (2018b). Fermentation Technology: Current Status and Future Prospects. In R. Joshi, V. Sharma, y A. Kuila (Eds.), *Principles and Applications of Fermentation Technology* (pp. 1–13). John Wiley y Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119460381.CH1>
- Kley Valladares-Diestra, K., Porto de Souza Vandenberghe, L., y Ricardo Soccol, C. (2022). A biorefinery approach for pectin extraction and second-generation bioethanol production from cocoa pod husk. *Bioresource Technology*, 346. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2021.126635>
- Kuila, A., y Sharma, V. (2018). Principles and Applications of Fermentation Technology. In *Principles and Applications of Fermentation Technology*. John Wiley y Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119460381>
- Lanzerath, D., y Schurr, U. (2022). Introduction: Bioeconomy and Sustainability. In *Bioeconomy and Sustainability* (pp. 3–9). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87402-5_1

- Lessa, O., Reis, N., Leite, S., Gutarra, M., Souza, A., Gualberto, S., de Oliveira, J., Aguiar, E., y Franco, M. (2017). Effect of the solid state fermentation of cocoa shell on the secondary metabolites, antioxidant activity, and fatty acids. *Food Science and Biotechnology*, 27(1), 107–113. <https://doi.org/10.1007/S10068-017-0196-X>
- Lim, T. K. (2012). *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 3, Fruits*. Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 3, Fruits, 1–159. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2534-8>
- López, P., y Fachelli, S. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa* (1° Ed.). Creative Commons.
- López, S. E., y Gil, A. E. (2017). Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) “cacao.” *Arnaldoa*, 24(2), 609–618. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24212>
- Lu, F., Rodríguez, J., van Damme, I., Westwood, N., Shaw, L., Robinson, J., Warren, G., Chatzifragkou, A., McQueen Mason, S., Gomez, L., Faas, L., Balcombe, K., Srinivasan, C., Picchioni, F., Hadley, P., y Charalampopoulos, D. (2018). Valorisation strategies for cocoa pod husk and its fractions. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 14, 80–88. <https://doi.org/10.1016/J.COGSC.2018.07.007>
- Lu, X., Li, F., Zhou, X., Hu, J., y Liu, P. (2022). Biomass, lignocellulolytic enzyme production and lignocellulose degradation patterns by *Auricularia auricula* during solid state fermentation of corn stalk residues under different pretreatments. *Food Chemistry*, 384, 132622. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2022.132622>
- Luján, D., y Solís, M. (2017). Análisis de factibilidad técnica-económica para la obtención de pulpa congelada de cacao empleando un sistema de colecta semiautomático: Caso de estudio “COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL Y DE SERVICIOS.” *International Symposium on Cocoa Research (ISCR)*, 63–71. <https://acortar.link/txF1xz>

- MAG. (2019). Cacao Híbrido CCN-51 cuenta con certificación de calidad. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.agricultura.gob.ec/cacao-hibrido-ccn-51-cuenta-con-certificacion-de-calidad/#>
- MAG. (2020). Informe de Rendimientos de Cacao almendra seca 2020. http://sipa.agricultura.gob.ec/descargas/estudios/rendimientos/cacao/resultados_rendimiento_cacao_2020.pdf
- MAG. (2022). Boletín situacional de cacao 2021. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/situacionales-agricolas/situacional-cacao>
- Martínez, C. (2012). Estadística y muestreo (13 a ed.). Ecoe Ediciones.
- Martínez, L., Enríquez, F., y Espinosa, J. (2010). Agricultura y cultura de Santo Domingo de los Tsáchilas. International Plant Nutrition Institute (IPNI). . [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/\\$FILE/A%20Cutura%20SD.002.pdf/A%20Cutura%20SD.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/A%20Cutura%20SD.002.pdf/A%20Cutura%20SD.pdf)
- Mata, G., Salmones, D., y Pérez-Merlo, R. (2016). Hydrolytic enzyme activities in shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) strains cultivated on coffee pulp. *Revista Argentina de Microbiología*, 48(3), 191–195. <https://doi.org/10.1016/J.RAM.2016.05.008>
- Mendoza-Meneses, C. J., Feregrino-Pérez, A. A., y Gutiérrez-Antonio, C. (2021). Potential Use of Industrial Cocoa Waste in Biofuel Production. *Journal of Chemistry*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/3388067>
- Morales, M., Carrillo, M., Ferreira, J., Peña, M., Briones, W., y Albán, M. (2018). Cadena de comercialización del cacao nacional en la provincia de Los Ríos, Ecuador. 11(1), 63–69. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6550318>
- Morcillo, G., Cortés, E., y García, J. (2013). *Biotechnología y Alimentación*. UNED Publicaciones.

- Muñoz-Almagro, N., Valadez-Carmona, L., Mendiola, J. A., Ibáñez, E., y Villamiel, M. (2019). Structural characterisation of pectin obtained from cacao pod husk. Comparison of conventional and subcritical water extraction. *Carbohydrate Polymers*, 217, 69–78. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2019.04.040>
- Murillo, S., Ponce, F., y Huamán, M. (2020). Características fisicoquímicas, compuestos bioactivos y contenido de minerales en la harina de cáscara del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Manglar*, 17(1), 67–73.
- Nguyen, V. T., Tran, T. G., y Tran, N. le. (2021). Phytochemical compound yield and antioxidant activity of cocoa pod husk (*Theobroma cacao* L.) as influenced by different dehydration conditions. *Drying Technology*, 40(10), 2021–2033. <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1913745>
- Nogueira, L. S., Tavares, I. M. de C., Santana, N. B., Ferrão, S. P. B., Teixeira, J. M., Costa, F. S., Silva, T. P., Pereira, H. J. V., Irfan, M., Bilal, M., de Oliveira, J. R., y Franco, M. (2022). Thermostable trypsin-like protease by *Penicillium roqueforti* secreted in cocoa shell fermentation: Production optimization, characterization, and application in milk clotting. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 69(5), 2069–2080. <https://doi.org/10.1002/BAB.2268>
- Okiyama, D. C. G., Soares, I. D., Cuevas, M. S., Crevelin, E. J., Moraes, L. A. B., Melo, M. P., Oliveira, A. L., y Rodrigues, C. E. C. (2018). Pressurized liquid extraction of flavanols and alkaloids from cocoa bean shell using ethanol as solvent. *Food Research International*, 114, 20–29. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.07.055>
- Olugosi, A., Agbede, J., Adebayo, I., Onibi, G., y Ayeni, O. (2019). African Journal of Biotechnology Nutritional enhancement of cocoa pod husk meal through fermentation using *Rhizopus stolonifer*. *African Journal of Biotechnology*, 18(30), 901–908. <https://doi.org/10.5897/AJB2019.16940>
- Ortega -Ante, D. (2020). Enfoque de la Biotecnología Industrial en Ecuador y la Provincia de Esmeraldas. *Polo Del Conocimiento: Revista Científico* -

- Profesional, ISSN-e 2550-682X, Vol. 5, No. 8, 2020, Págs. 1219-1227, 5(8), 1219–1227. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i8.1655>
- Ostos, O., Rosas, S., y González, J. (2019). Aplicaciones biotecnológicas de los microorganismos. *NOVA*, 17(31), 129–163. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n31/1794-2470-nova-17-31-129.pdf>
- Otieno, O. D., Mulaa, F. J., Obiero, G., y Midiwo, J. (2022). Utilization of fruit waste substrates in mushroom production and manipulation of chemical composition. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 39, 102250. <https://doi.org/10.1016/J.BCAB.2021.102250>
- Pardal, J., y Pardal, B. (2020). Anotaciones para estructurar una revisión sistemática. *Revista ORL*, 11(2), 155–160. <https://doi.org/10.14201/ORL.22882>
- Paredes, N. (2009). Manual de cultivo de cacao para la Amazonía ecuatoriana. In Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias Estación Experimental Central de la Amazonía denaref-unidad de recursos fitogenéticos INIAP-Estación Experimental Central Amazónica. www.iniap-ecuador.org.ec
- Pérez, M., Hernández, L., y Barragán, B. (2017). Extracción de compuestos bioactivos de Pitaya Roja (*Stenocereus stellatus*) aplicando pretratamientos con microondas, ultrasonido y enzimáticos. *Agrociencia*, 51(2). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000200135
- Puerari, C., Magalhães, K., y Schwan, R. (2012). New cocoa pulp-based kefir beverages: Microbiological, chemical composition and sensory analysis. *Food Research International*, 48(2), 634–640. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2012.06.005>
- Reihani, S. F. S., y Khosravi-Darani, K. (2019). Influencing factors on single-cell protein production by submerged fermentation: A review. *Electronic Journal of Biotechnology*, 37, 34–40. <https://doi.org/10.1016/J.EJBT.2018.11.005>

- Riera, M., Maldonado, S., y Palma, R. (2018). Residuos Agroindustriales Generados en Ecuador para la Elaboración de Bioplásticos. *Revista Ingeniería Industrial*, 17(0717–9103), 227–247. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7170984>
- Riera, M., Maldonado, S., y Palma, R. (2019). Residuos Agroindustriales Generados En Ecuador Para La Elaboración De Bioplásticos. *Revista Ingeniería Industrial*, 17(3), 227–246. <https://doi.org/10.22320/s07179103/2018.13>
- Ríos -Ruiz, W., Valdez -Nuñez, R., y Jiménez -Flores, P. (2017). Aislamiento, propagación y crecimiento de hongos comestibles nativos en residuos agroindustriales. *Scientia Agropecuaria*, 8(4), 327–335. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.04>
- Rosas, D., Ortiz, H., Herrera, J., y Leyva, O. (2016). REVALORIZACIÓN DE ALGUNOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES Y SU POTENCIAL DE APLICACIÓN A SUELOS AGRÍCOLAS. *Agroproductividad*, 9(8), 18–23.
- Rosas-Calleja, D., Ortiz-Laurel, H., Leyva-Ovalle, y Herrera-Corredor, J. A. (2016). REVALUATION OF SOME AGROINDUSTRIAL RESIDUES AND THEIR Todo proceso. *Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 8, 9*, 18–23.
- Saavedra-Sanabria, O. L., Durán, D., Cabezas, J., Hernández, I., Blanco-Tirado, C., y Combariza, M. Y. (2021). Cellulose biosynthesis using simple sugars available in residual cacao mucilage exudate. *Carbohydrate Polymers*, 274. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2021.118645>
- Salgado, C. A., dos Santos, C. I. A., y Vanetti, M. C. D. (2022). Microbial lipases: Propitious biocatalysts for the food industry. *Food Bioscience*, 45, 101509. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2021.101509>
- Sánchez, D., Rodríguez, W., Castro, D., y Trujillo, E. (2019). Respuesta agronómica de mucilago de cacao (*Theobroma cacao* L.) en cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Ciencia En Desarrollo*, 10, 43–58. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/7958/8650

- Sánchez, V., y Zambrano, C. (2019). La Cadena de Valor del Cacao en América Latina y El Caribe. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5382/1/Informe%20CACAO.pdf>
- Sánchez, V., Zambrano, J. L., y Iglesias, C. (2019). La Cadena de Valor del Cacao en América Latina y El Caribe.
- Sarmiento-Vásquez, Z., Vandenberghe, L., Rodrigues, C., Tanobe, V. O. A., Marín, O., de Melo Pereira, G. V., Ghislain Rogez, H. L., Góes-Neto, A., y Soccol, C. R. (2021). Cocoa pod husk valorization: alkaline-enzymatic pre-treatment for propionic acid production. *Cellulose*, 28(7), 4009–4024. <https://doi.org/10.1007/S10570-021-03770-5/METRICS>
- Senthilkumar, K., Naveen Kumar, M., Chitra Devi, V., Saravanan, K., y Easwaramoorthi, S. (2020). Agro-Industrial Waste Valorization to Energy and Value-Added Products for Environmental Sustainability. *Energy, Environment, and Sustainability*, 1–9. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0410-5_1/COVER
- SIPA. (2021). Boletín situacional de cacao 2021. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/situacionales-agricolas/situacional-cacao>
- Sotelo, L., Alvis, A., y Arrázola, G. (2015). Evaluación de epicatequina, teobromina y cafeína en cáscaras de cacao (*Theobroma cacao* L.), determinación de su capacidad antioxidante. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 124–134. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3751>
- Tauro, R., Caballero, J., Salinas, M., Ghilardi, A., y Arroyo, J. (2021). Evaluación de potencial energético de los recursos biomásicos en Honduras. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47650/1/S2101025_es.pdf
- Teneda, W., y Guamán, M. (2018). Manual Técnico del Agricultor cacaotero.

- Thieman, W., y Palladino, M. (2010). *Introducción a la Biotecnología*. PEARSON EDUCACIÓN S.A.
- Trillos, C. (2017). La pregunta, eje de la investigación. Un reto para el investigador. *Rev. Cienc. Salud*, 15(3), 309–312.
- Tuárez, D., Erazo, C., Macías, I., y Torres, N. (2021). Empleo de mucílago de cacao como inoculante en la elaboración de queso semiduro. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 25(109), 5–11. <https://doi.org/10.47460/UCT.V25I109.441>
- Valadez-Carmona, L., Ortiz-Moreno, A., Ceballos-Reyes, G., Mendiola, J. A., y Ibáñez, E. (2018). Valorization of cacao pod husk through supercritical fluid extraction of phenolic compounds. *The Journal of Supercritical Fluids*, 131, 99–105. <https://doi.org/10.1016/J.SUPFLU.2017.09.011>
- Valladares-Diestra, K. K., Porto de Souza Vandenberghe, L., Zevallos Torres, L. A., Zandoná Filho, A., Lorenci Woiciechowski, A., y Ricardo Soccol, C. (2022). Citric acid assisted hydrothermal pretreatment for the extraction of pectin and xylooligosaccharides production from cocoa pod husks. *Bioresource Technology*, 343. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2021.126074>
- Vallejo, C., Díaz, R., Morales, W., Soria, R., Vera, J., y Baren, C. (2016). Utilización del mucílago de cacao, tipo nacional y trinitario, en la obtención de jalea. *Utilización Del Mucílago de Cacao, Tipo Nacional y Trinitario, En Laobtención de Jalea.*, 7(1), 51–58. http://190.15.136.171/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/116/
- Vásquez, A., Quintero, C., Trujillo, J., y Perdomo, E. (2022). APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTO DEL CACAO PARA LA ELABORACIÓN DE GALLETAS | *Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura*. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/raaa/article/view/4704>
- Vásquez, Z., de Carvalho Neto, D. P., Pereira, G., Vandenberghe, L., de Oliveira, P., Tiburcio, P., Rogez, H. L. G., Góes Neto, A., y Soccol, C. (2019). Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Management*, 90, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.030>

- Vázquez, A., Ovando, I., Adriano, L., Betancur, D., y Salvador, M. (2016). Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma. *ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN*, 66(3).
- Vázquez-Ovando, A., Ovando-Medina, I., Adriano-Anaya, L., Betancur-Ancona, D., y Salvador-Figueroa, M. (2016). Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 66(3), 239-254. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2016/3/art-10/>
- Vega, C., y Kwik-Urbe, C. (2012). *Theobroma cacao—An Introduction to the Plant, Its Composition, Uses, and Health Benefits. Cocoa Butter and Related Compounds*, 35–62. <https://doi.org/10.1016/B978-0-9830791-2-5.50005-0>
- Velázquez, M., Benavente, J., Morleet, J., y Aguilar, C. (2016). Producción de pigmentos por *Monascus* spp. en medio sólido empleando residuos agroindustriales. *Investigación y Ciencia*, 24(69), 89–95. <https://www.redalyc.org/journal/674/67449381012/html/>
- Vila, R., Schubert, J., y Zavaleta, D. (2021). Beneficio del Cacao Chuncho: Cosecha y Poscosecha. <https://www.youtube.com/watch?v=ggNiDsy8boQ>. www.biodiversityinternational.org
- Villamizar, Y., Rodríguez, J., y León, L. (2017). Caracterización fisicoquímica, microbiológica y funcional de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51. *Cuaderno Activa*, 9, 65–75. <https://doi.org/10.53995/20278101.421>
- Villamizar, Y., Rodríguez, J., y León, L. (2016). Caracterización fisicoquímica, microbiológica y funcional de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51. *Cuaderno Activa*, 9, 65–75. <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/421/493>
- Vivanco, E., Matute, L., y Campo, M. (2017). Caracterización físico-química de la cascarilla de *Theobroma cacao* L, variedades Nacional y CCN-51. In

Conference Proceedings UTMACH (Vol. 2, Issue 1).
<https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/309/253>

Vriesmann, L., y Petkowicz, C. (2013). Highly acetylated pectin from cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.) forms gel. *Food Hydrocolloids*, 33(1), 58–65.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2013.02.010>

Wickramasuriya, A. M., y Dunwell, J. M. (2018). Cacao biotechnology: current status and future prospects. *Plant Biotechnology Journal*, 16(1), 4–17.
<https://doi.org/10.1111/PBI.12848>

Yépez, J., Urrútia, G., Romero, M., y Alonso, S. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Revista Espanola de Cardiologia*, 74(9), 790–799.
<https://doi.org/10.1016/J.RECESP.2021.06.016>

Younes, A., Li, M., y Karboune, S. (2022). Cocoa bean shells: a review into the chemical profile, the bioactivity and the biotransformation to enhance their potential applications in foods.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2065659>

Yusof, A., Abd, S., Zaidan, U., Halmi, E., y Zainudin, B. (2019). Optimization of an Ultrasound-Assisted Extraction Condition for Flavonoid Compounds from Cocoa Shells (*Theobroma cacao*) Using Response Surface Methodology. *Molecules*, 24(4), 711. <https://doi.org/10.3390/molecules24040711>

Zambrano, D. (2022). Principales Subproductos Agroindustriales del Trópico Húmedo para la alimentación de los rumiantes (Editorial Grupo Compás, Ed.).

ANEXOS

Anexo 1. Obtención de muestras de subproductos de cacao



Instalaciones del Centro de Acopio Puerto Limón. Fermentación en contenedores de madera, secado de granos al sol. Tolva de secado.



Extracción de mucílago para análisis



Muestras de cacao (cascarilla y cáscara)



Determinación de pH y °Brix.

Anexo 2. Resultados de análisis bromatológicos de cáscara, mucílago y cascarilla

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

0000750

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No: 22-087 Pág. 1 de 2

Solicitud No: 22-087	18 de julio de 2022	Fecha de ejecución de ensayos: 19 al 21 de julio de 2022
Información del cliente:		
Empresa:	C.I. SUCO: 1804331734	Tipo de negocio: Fondo plátano
Representante: Johanna Pamela Torres Castro	TIC: 0995-067543	No de muestras: 100
Dirección: American Park	Fiscal: J09082734@puma.eco.ec	
Ciudad: Ambato		
Descripción de las muestras:		
Producto: Cáscara de cacao, Mucílago de cacao, Cascarilla	País:	
Marca comercial: n/a	Tipo de envase:	
Lote: Lote n/a	No de muestras:	
P. F.D.:	P. Exp. n/a	
Comercio: Ambiente: X Reducido: Compilación:	Alimento: n/a	
Cierre seguridad: Ninguno X Intacto: Rotos: Muestreo por el cliente:	13 de junio de 2022	

RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Cáscara Cacao	08722173	Ninguno	Control	FM97-3192 AOAC Ed. 21, 2019	%	1,33
			Gravimetría	650.30	%	
			Proteína	AOAC 970.22 Ed. Ed. 21, 2019	% (Nx6,25)	1,09
			Kjeldahl			
			Humedad	INEN 1616	%	85,2
			Gravimetría			
			Fibra cruda	INEN 534	%	2,58
			Gravimetría			
			Carbohidratos Totales	AOAC Ed. 21, 2019 2005.06	%	0,368
			Calculado		%	9,00
Mucílago Cacao	08722174	Ninguno	Control	FM97-3192 AOAC Ed. 21, 2019	%	0,405
			Gravimetría	650.30	%	
			Proteína	AOAC 970.22 Ed. Ed. 21, 2019	% (Nx6,25)	0,638
			Kjeldahl			
			Humedad	INEN 1616	%	83,5
			Gravimetría			
			Fibra cruda	INEN 534	%	0,0294
			Gravimetría			
			Carbohidratos Totales	FM97-3192 AOAC Ed. 21, 2019	%	0,133
			Calculado		mg/100g	1,31
Cascarilla	08722175	Ninguno	Control	AOAC 970.69	mg/100g	0,844
			Gravimetría			
			Proteína	AOAC 970.69	mg/100g	0,844
			Kjeldahl			
			Humedad	INEN 1616	%	6,62
			Gravimetría			
			Fibra cruda	INEN 534	%	13,9
			Gravimetría			
			Carbohidratos Totales	Calculado	%	38
			Calculado		%	15,00

Dpto. Universidad Técnica de Ambato, Campus Rucashi, Av. Los Chacales y Río Payamino
 Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología / Ambato - Ecuador
 ☎ (593) 32400987 ext. 5517; 5518 🌐 <http://laconal.uta.edu.ec> ✉ laconal@uta.edu.ec

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Pág. 2 de 2

Certificado No: 22-087

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Cascarilla	08722175	Ninguno	Control	FM97-3192 AOAC Ed. 21, 2019	%	5,88
			Gravimetría	650.30	%	
			Proteína	AOAC 970.22 Ed. Ed. 21, 2019	% (Nx6,25)	14,7
			Kjeldahl			
			Humedad	INEN 1616	%	6,62
			Gravimetría			
			Fibra cruda	AOAC Ed. 21, 2019 2005.06	%	21,1
			Gravimetría			
			Carbohidratos Totales	AOAC 970.69	mg/100g	0,844
			Calculado		%	38

Conds. Ambientales: 17,9°C; 53,6%HR

Ing. Gladys Risueño
Directora de Calidad

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si

Fecha de emisión del certificado: 22 de julio de 2022

Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio no respalda exclusivamente de la integridad de la muestra enviada por el cliente. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Solicite para su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.
Las aproximaciones que se está concibiendo en confiabilidad, exclusivamente para su diagnóstico, y no para ser utilizado. Se validó en el laboratorio de esta información reconocimientos y formatos simultáneamente. Los datos son copia del mismo con precisión y exactitud según el proceso de laboratorio.

Dpto. Universidad Técnica de Ambato, Campus Rucashi, Av. Los Chacales y Río Payamino
 Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología / Ambato - Ecuador
 ☎ (593) 32400987 ext. 5517; 5518 🌐 <http://laconal.uta.edu.ec> ✉ laconal@uta.edu.ec

MC-LSAIA-2201-08



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
 ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
 DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS
 Panamericana Sur Km. 1, CutuglaguaTifs. 2690691-3007134. Fax 3007134
 Casilla postal 17-01-340



INFORME DE ENSAYO No: 22-081

****NOMBRE PETICIONARIO:** Srta. Johanna Pamela Torres Castro
****DIRECCIÓN:** Ambato
FECHA DE EMISIÓN: 26/07/2022
FECHA DE ANÁLISIS: Del 13 al 28 de julio del 2022

****INSTITUCIÓN:** Universidad Técnica de Ambato
****ATENCIÓN:** Srta. Johanna Pamela Torres Castro
FECHA DE RECEPCIÓN: 13/07/2022
HORA DE RECEPCIÓN: 15H00
ANÁLISIS SOLICITADO: Polifenoles, Teobromina, cafeína

ANÁLISIS	HUMEDAD	POLIFENOLES Ω	CAFEINA Ω	TEOBROMINA Ω	**IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-31	MO-LSAIA-28/30/31	MO-LSAIA-28/30/31	
METODO REF.	U.FLORIDA 1970	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	IOCC 37 1990/AOAC 980.14 1998/Cross.E.Y Maringo.G.1973/1982	IOCC 37 1990/AOAC 980.14 1998/Cross.E.Y Maringo.G.1973/1982	
UNIDAD	%	mg Ac. Gálico/ g	%	%	
22-0448	8,86	31,64	0,39	0,81	Cascarilla de Cacao

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente



IVÁN RODRÍGUEZ
 SAMANIEGO
 MALLOA

Dr. Iván Samaniego, MSc.
RESPONSABLE TÉCNICO



BLADIMIR
 ORTIZ
 RAMOS

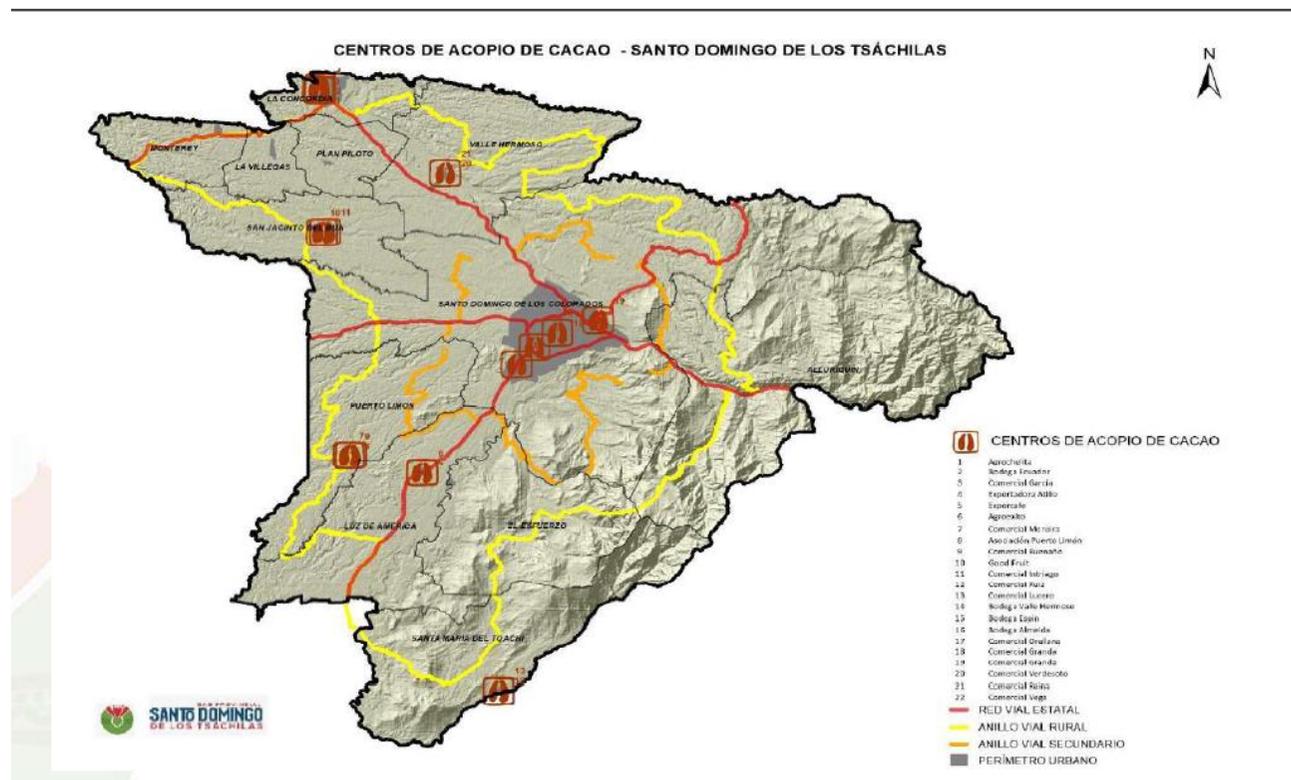
Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. La información entregada por el cliente y generada durante las actividades de laboratorio es de carácter confidencial, esta dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo puede ser usada por este. Los datos marcados con ** son suministrados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 3. Listado de Centros de Acopio y Asociaciones de Santo Domingo

Centros de acopio de la provincia Santo Domingo
Agrochelita
Bodega Ecuador
Comercial García
Exportadora Atilio
Expocafé
Agroexitó
Comercial Moreira
Asociación Puerto Limón
Comercial Buenaño
Good Fruit
Comercial Intriago
Comercial Ruiz
Comercial Lucero
Bodega Valle Hermoso
Bodega Espín
Bodega Almeida
Comercial Orellana
Comercial Granda
Comercial Granda
Comercial Verdesoto
Comercial Reina
Comercial Vega



Fuente: (GAD Municipal de Santo Domingo, 2015)

Asociaciones de Santo Domingo de los Tsáchilas por parroquias		
Parroquias	Asociaciones	N° Socios
	La Flecha	24
	(8 de Octube)	33
	Para un futuro mejor	36
	Palma Sola	20
	Riobambeños de Chilimpe	15
	Montaña de Chila	25
	Bella Vista	22
	Porvenir	18
Puerto Limón	La Valencia	56
	Comuna San Miguel	15
	Puerto Limón	36
	La Providencia	23
	Rocafuerte	22
	La Unión	23
	La Esperanza Efrén Zambrano	53
	El Poste-Shuyunn Tsáchila	26
	Comuna Naranjo Tsáchila	18
	EL Progreso	8
Valle Hermoso	Mirador de la Selva	15
	El Recreo	22
	Cristobal Colón	43
	Sin Fronteras	20
	Valle productivo	9
	Manos Amigas	12

Asociaciones de Santo Domingo de los Tsáchilas por parroquias		
Parroquias	Asociaciones	N° Socios
El Esfuerzo	Macará	9
Luz de América	26 de Agosto	27
	Aprodac	22
	2 de Enero	22
	Congoma Medio	18
	2 de Agosto	54
	7 de Abril	12
	San Vicente de Nila	28
Santo Domingo	José Adan Camacho	14
	Agro libertad	18
	Perla del Pacífico	20
	Praderas del Toachi	28
	Comuna San Gabriel del Baba	10
Nuevo Israel	Loa Almendros	28
	Libertad Lojana	26
Santa María del Toachi	Santa Cecilia	20
	La Morena	18
	Santa María del Toachi	15
	Bimbe del Toachi	22
La Concordía	Mocache 6	14
	Cristiano Vera (Asocal)	30
	Flor del Banquito	22
	Río Mache (Plan Piloto)	24
	Buenos Aires	30

Fuente: (Calazacón, 2016).

CENTROS DE ACOPIO POR CANTÓN	
Cantón	Centro de Acopio
SANTO DOMINGO	COMERCIAL CEDEÑO
SANTO DOMINGO	COMERCIAL NACHO
SANTO DOMINGO	BODEGA LA CHIQUITA
SANTO DOMINGO	COMERCIAL PACHECO
SANTO DOMINGO	BODEGA ECUADOR
SANTO DOMINGO	COMERCIAL MERCEDITAS
SANTO DOMINGO	AGRICOLA SANTO ANGELO
LA CONCORDIA	ABACA ECUADOR
SANTO DOMINGO	COMERCIAL VERDESOTO
SANTO DOMINGO	COMERCIAL JIMÉNEZ
SANTO DOMINGO	COMERCIAL PACHECO
SANTO DOMINGO	COMERCIAL CEDEÑO
LA CONCORDIA	C. DE ACOPIO LA CONCORDIA
SANTO DOMINGO	COMERCIAL PRODUAGRO
SANTO DOMINGO	COMERCIAL SOLORZANO
SANTO DOMINGO	COMERCIAL CHOVARRIA
SANTO DOMINGO	COMERCIAL LA MINA
SANTO DOMINGO	LA ESQUINA DEL AGRICULTOR
SANTO DOMINGO	ZAMAGRO
SANTO DOMINGO	BODEGA CAMPOZANO TAGLE
LA CONCORDIA	AGRICOLA RODRIGUEZ
SANTO DOMINGO	COMERCIAL BUENAÑO
SANTO DOMINGO	AS. AGROARTESANAL P. LIMÓN
SANTO DOMINGO	COMERCIAL STEVEN
SANTO DOMINGO	COMERCIAL MOREIRA
SANTO DOMINGO	COMERCIAL VALDIVIESO
SANTO DOMINGO	COMERCIAL VERVESA
SANTO DOMINGO	COMERCIAL DON GOYO
SANTO DOMINGO	C. AGRÍCOLA CORONEL
SANTO DOMINGO	S. CIVIL FLOR DEL VALLE
SANTO DOMINGO	PROCOSAN
SANTO DOMINGO	COMERCIAL JCH
LA CONCORDIA	AGROCOMERCIAL ESPIN
SANTO DOMINGO	AGROATILIO CIA. LTDA
SANTO DOMINGO	TORO LUIS ALBERTO
SANTO DOMINGO	ADMICHONTA S. A
SANTO DOMINGO	AGROZAMVELSA S. A
SANTO DOMINGO	COMERCIAL MIRELLITA

Fuente: (Calazacón, 2016).

Anexo 4. Validación de encuestas por gente experta en cacao

Pregunta 1	Persona que valida	Ocupación	Calificación					Observación
			1	2	3	4	5	
Pregunta 1: Indique la actividad que realiza con el cacao.	1 Ing. María Dolores Guamán	Docente investigadora					X	
	2 Ing. Diego Salazar	Ing. Alimentos/Docente investigador.					X	
	3 Ing. Alexandra Sánchez	Ing. En Biotecnología				X		Considero que las opciones que están se relacionan más a como se identifica el cacaotero. Al decir “actividad con cacao” sugiere a que hace con el grano de cacao, pero las opciones sugieren el papel de la persona en la cadena.
	4 Ing. Guido Díaz	Ing. Alimentos					X	
	5 Dra. Jacqueline Ortiz	Ing. Alimentos				X		
	6 Carlos Arcos	Comerciante productos de cacao.					X	
	7 Ing. Alexandra Guerrero	Ing. Alimentos. Procesadora de cacao					X	
Pregunta 2: Con qué variedad de cacao realiza su actividad mayoritariamente.	1 Ing. María Dolores Guamán	Docente investigadora					X	
	2 Ing. Diego Salazar	Ing. Alimentos/Docente investigador.					X	Puede ser que las personas que responden la primera pregunta no sepan de la variedad, al parecer es una pregunta muy técnica.
	3 Ing. Alexandra Sánchez	Ing. En Biotecnología					X	¿Tiene algo que ver la variedad con la calidad de desecho? Si es afirmativo me parece correcta.
	4 Ing. Guido Díaz	Ing. Alimentos				X		

	5 Dra. Jacqueline Ortiz	Ing. Alimentos				X		
	6 Carlos Arcos	Comerciante productos de cacao.			X			
	7 Ing. Alexandra Guerrero	Ing. Alimentos. Procesadora de cacao					X	
Pregunta 3: Señale de los siguientes cuál es el residuo que más se genera en su actividad.	1 Ing. María Dolores Guamán	Docente investigadora					X	
	2 Ing. Diego Salazar	Ing. Alimentos/Docente investigador.					X	
	3 Ing. Alexandra Sánchez	Ing. En Biotecnología				X		
	4 Ing. Guido Díaz	Ing. Alimentos				X		
	5 Dra. Jacqueline Ortiz	Ing. Alimentos					X	
	6 Carlos Arcos	Comerciante productos de cacao.					X	
	7 Ing. Alexandra Guerrero	Ing. Alimentos. Procesadora de cacao					X	
Pregunta 4: Cuál es la forma más frecuente de la comercialización del grano de cacao. (Compra/vende).	1 Ing. María Dolores Guamán	Docente investigadora					X	
	2 Ing. Diego	Ing.				X		

	Salazar	Alimentos/Docente investigador.							
	3 Ing. Alexandra Sánchez	Ing. En Biotecnología					X		¿Esta pregunta está relacionada con la primera? ¿O es una pregunta sobre si conoce cuál es la más frecuente?
	4 Ing. Guido Díaz	Ing. Alimentos					X		
	5 Dra. Jacqueline Ortiz	Ing. Alimentos					X		
	6 Carlos Arcos	Comerciante productos de cacao.					X		
	7 Ing. Alexandra Guerrero	Ing. Alimentos. Procesadora de cacao					X		
Pregunta 5: Podría señalar un estimado de la cantidad de producto que genera mensualmente en los meses de mayor actividad.	1 Ing. María Dolores Guamán	Docente investigadora					X		
	2 Ing. Diego Salazar	Ing. Alimentos/Docente investigador.					X		Creo que es una pregunta muy abierta, debería Ud. asignar los meses y cantidades de mayo actividad o dejarla abierta
	3 Ing. Alexandra Sánchez	Ing. En Biotecnología					X		
	4 Ing. Guido Díaz	Ing. Alimentos					X		
	5 Dra. Jacqueline Ortiz	Ing. Alimentos				X			Pregunta a interpretaciones.
	6 Carlos Arcos	Comerciante productos de cacao.					X		

	7 Ing. Alexandra Guerrero	Ing. Alimentos. Procesadora de cacao						X	
Pregunta 6: Conoce la cantidad de residuo que genera su actividad.	1 Ing. María Dolores Guamán	Docente investigadora						X	
	2 Ing. Diego Salazar	Ing. Alimentos/Docente investigador.						X	
	3 Ing. Alexandra Sánchez	Ing. En Biotecnología				X			
	4 Ing. Guido Díaz	Ing. Alimentos						X	
	5 Dra. Jacqueline Ortiz	Ing. Alimentos					X		
	6 Carlos Arcos	Comerciante productos de cacao.						X	
	7 Ing. Alexandra Guerrero	Ing. Alimentos. Procesadora de cacao						X	
Pregunta 7: Podría señalar un estimado de la cantidad de residuos que genera mensualmente en los meses de mayor actividad	1 Ing. María Dolores Guamán	Docente investigadora						X	
	2 Ing. Diego Salazar	Ing. Alimentos/Docente investigador.						X	Creo que es una pregunta muy abierta, debería Ud. asignar los meses y cantidades de mayo actividad o dejarla abierta
	3 Ing. Alexandra Sánchez	Ing. En Biotecnología						X	
	4 Ing. Guido	Ing. Alimentos					X		

	Díaz							
	5 Dra. Jacqueline Ortiz	Ing. Alimentos			X			
	6 Carlos Arcos	Comerciante productos de cacao.			X			
	7 Ing. Alexandra Guerrero	Ing. Alimentos. Procesadora de cacao					X	
Pregunta 8: Señal el destino que tienen generalmente los residuos de cacao de su actividad.	1 Ing. María Dolores Guamán	Docente investigadora					X	
	2 Ing. Diego Salazar	Ing. Alimentos/Docente investigador.					X	
	3 Ing. Alexandra Sánchez	Ing. En Biotecnología				X		
	4 Ing. Guido Díaz	Ing. Alimentos					X	
	5 Dra. Jacqueline Ortiz	Ing. Alimentos					X	
	6 Carlos Arcos	Comerciante productos de cacao.				X		
	7 Ing. Alexandra Guerrero	Ing. Alimentos. Procesadora de cacao						X
Pregunta 9: Cuanto sabe usted sobre el potencial de los residuos del cacao para obtener una revalorización como materia	1 Ing. María Dolores Guamán	Docente investigadora					X	

prima.	2 Ing. Diego Salazar	Ing. Alimentos/Docente investigador.					X	Es una pregunta muy sensible, ese potencial debería determinarlo el investigador, no considero que se pregunte al productor
	3 Ing. Alexandra Sánchez	Ing. En Biotecnología				X		
	4 Ing. Guido Díaz	Ing. Alimentos					X	
	5 Dra. Jacqueline Ortiz	Ing. Alimentos				X		
	6 Carlos Arcos	Comerciante productos de cacao.					X	
	7 Ing. Alexandra Guerrero	Ing. Alimentos. Procesadora de cacao					X	
	Pregunta 10: Qué tan importante cree que es darles un uso a los residuos de cacao en la industria de alimentos, frente al desperdicio de los materiales orgánicos (residuos de las plantas) considerados como “desecho”.	1 Ing. María Dolores Guamán	Docente investigadora					X
2 Ing. Diego Salazar		Ing. Alimentos/Docente investigador.					X	Es una pregunta muy sensible, ese potencial debería determinarlo el investigador, no considero que se pregunte al productor
3 Ing. Alexandra Sánchez		Ing. En Biotecnología				X		Creo que es una pregunta que necesita un trasfondo, preguntarle si es importante o no, no arroja una variable con la que se pueda trabajar, quizás sería mejor preguntar si el agricultor le daría un uso al desecho, con una respuesta de Si o No, de esta manera saber que existe un interés que puede ser materializable.
4 Ing. Guido Díaz		Ing. Alimentos					X	
5 Dra. Jacqueline Ortiz		Ing. Alimentos				X		
6 Carlos Arcos		Comerciante productos de				X		

		cacao.						
	7 Ing. Alexandra Guerrero	Ing. Alimentos. Procesadora de cacao					X	
Pregunta 11: Ha escuchado de la elaboración de algún producto alimenticio usando los residuos del cacao.	1 Ing. María Dolores Guamán	Docente investigadora					X	
	2 Ing. Diego Salazar	Ing. Alimentos/Docente investigador.					X	
	3 Ing. Alexandra Sánchez	Ing. En Biotecnología				X		
	4 Ing. Guido Díaz	Ing. Alimentos					X	
	5 Dra. Jackeline Ortiz	Ing. Alimentos				X		
	6 Carlos Arcos	Comerciante productos de cacao.				X		
	7 Ing. Alexandra Guerrero	Ing. Alimentos. Procesadora de cacao					X	
Pregunta 12: Si la respuesta anterior fue Alguna vez, No muy a menudo o A menudo, mencione ese producto.	1 Ing. María Dolores Guamán	Docente investigadora					X	
	2 Ing. Diego Salazar	Ing. Alimentos/Docente investigador.					X	
	3 Ing. Alexandra Sánchez	Ing. En Biotecnología				X		
	4 Ing. Guido Díaz	Ing. Alimentos					X	
	5 Dra.	Ing. Alimentos				X		

	Jacqueline Ortiz							
	6 Carlos Arcos	Comerciante productos de cacao.				X		
	7 Ing. Alexandra Guerrero	Ing. Alimentos. Procesadora de cacao					X	

Anexo 5. Encuesta aplicada en google forms

Encuesta de caracterización de residuos

Universidad Técnica de Ambato
Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

La siguiente encuesta servirá para obtener datos sobre los residuos generados del fruto del cacao para la obtención de granos de cacao y elaboración de chocolate en el cantón de Santo Domingo.

***Obligatorio**

1. Nombre:

Escoja las opciones de acuerdo a la pregunta.

2. **Pregunta 1:** Indique la actividad que realiza en la cadena de cacao. *

Marca solo un óvalo.

- Productor/Agricultor
- Acopiador/Comerciante
- Exportador

3. **Pregunta 2:** Con qué variedad de cacao realiza su actividad mayoritariamente. *

Marca solo un óvalo.

- Sabor arriba (Nacional/cacao fino y de aroma)
- CCN-51 (Híbrido/ramilla)
- Otro

4. **Pregunta 3: Cuál es la forma más frecuente de la comercialización del grano de cacao. (Compra/vende)** *

Marca solo un óvalo.

- Baba
 Semiseco
 Seco

5. **Pregunta 4: Podría señalar un estimado de la cantidad de producto que genera mensualmente en los meses de mayor actividad.** *

Marca solo un óvalo.

- 100 kg a 500 kg (10 a 50 quintales)
 500 kg a 1000 kg (50 a 100 quintales)
 mayor a 1000 kg
 menor a 100 kg (10 quintales)

6. **Pregunta 5: Señale de los siguientes cuál es el residuo que más se genera en su actividad.** *

Marca solo un óvalo.

- Cáscara *ir a la pregunta 7*
 Mucilago (líquido del cacao) *ir a la pregunta 10*
 Cascavilla *ir a la pregunta 13*

Cáscara

7. **Pregunta 6: Conoce la cantidad de residuo que genera su actividad.** *

Marca solo un óvalo.

- No es necesario
 No me interesa saber
 Sí lo llevo en cuenta, pero no lo registro
 Llevo apuntes y registros de las cantidades

8. **Pregunta 7:** Podría señalar un estimado de la cantidad de residuos que genera mensualmente en los meses de mayor actividad. *

Marca solo un óvalo.

- menor a 1000 kg (20 quintales)
 1000 kg a 2500 Kg (20 a 50 quintales)
 2500 Kg a 4000 Kg (50 a 80 quintales)
 mayor a 4000 Kg (más de 80 quintales)

9. **Pregunta 8:** Señal el destino que tienen generalmente los residuos de cacao de su actividad. *

Marca solo un óvalo.

- Basura común o arrojado al effluente más cercano
 Arrojado en el campo como fertilizante
 Pienso (alimento) para animales
 Otros: _____

Ir a la pregunta 16

Mucílago

10. **Pregunta 6:** Conoce la cantidad de residuo que genera su actividad. *

Marca solo un óvalo.

- No es necesario
 No me interesa saber
 Si lo llevo en cuenta, pero no lo registro
 Llevo apuntes y registros de las cantidades

11. **Pregunta 7:** Podría señalar un estimado de la cantidad de residuos que genera mensualmente en los meses de mayor actividad.

Marca solo un óvalo.

- menor a 1 tacho (menos de 60 litros)
- 1 a 2 tachos (60 - 120 litros)
- 2 a 4 tachos (120 a 240 litros)
- mayor a 4 tachos (más de 240 litros)

12. **Pregunta 8:** Señal el destino que tienen generalmente los residuos de cacao de su actividad.

Marca solo un óvalo.

- Basura común o arrojado al effuente más cercano
- Arrojado en el campo como fertilizante
- Pienso (alimento) para animales
- Otros: _____

It a la pregunta 16

Cascarita

13. **Pregunta 6:** Conoce la cantidad de residuo que genera su actividad.

Marca solo un óvalo.

- No es necesario
- No me interesa saber
- Si lo llevo en cuenta, pero no lo registro
- Llevo apuntes y registros de las cantidades

14. **Pregunta 7:** Podría señalar un estimado de la cantidad de residuos que genera mensualmente en los meses de mayor actividad.

Marca solo un óvalo.

- menor a 100 kg (2 quintales)
 100 kg a 500 Kg (2 a 10 quintales)
 500 Kg a 1000 Kg (10 a 20 quintales)
 mayor a 1000 Kg

15. **Pregunta 8:** Señal el destino que tienen generalmente los residuos de cacao de su actividad.

Marca solo un óvalo.

- Basura común o arrojado al efuente más cercano
 Arrojado en el campo como fertilizante
 Pienso (alimento) para animales
 Otro: _____

Ir a la pregunta 16

Valorización

16. **Pregunta 9:** Cuanto sabe usted sobre el potencial de los residuos del cacao para obtener una revalorización como materia prima.

Marca solo un óvalo.

- Nada del tema
 Poco del tema
 Bastante del tema
 Mucho del tema

17. **Pregunta 10:** Cree que es **IMPORTANTE** darle un uso a los residuos de cacao en la industria de alimentos, frente al desperdicio de los materiales orgánicos (residuos de las plantas) considerados como "desecho". *

Marque solo un óvalo.

- Sí
 No

18. **Pregunta 11:** Ha escuchado de la elaboración de algún producto alimenticio usando los residuos del cacao. *

Marque solo un óvalo.

- Nunca
 Alguna vez Ir a la pregunta 19
 No muy a menudo Ir a la pregunta 19
 A menudo Ir a la pregunta 19

19. **Pregunta 12:** Si la respuesta anterior fue **Alguna vez, No muy a menudo o A menudo**, mencione ese producto. *

Google no está ni aprueba este contenido.

Google Formularios

Anexo 6. Resumen bibliográfico de los trabajos realizados sobre la aplicación de residuos como el cacao en la industria alimentaria

Título	Tipo de Referencia	Efecto de la investigación	Referencia
Exploración de las cáscaras de las mazorcas de cacao como sustrato potencial para la producción de ácido cítrico mediante fermentación en estado sólido utilizando la cepa mutante de <i>Aspergillus Niger</i>	Revista Procesos Bioquímicos	Obtención de ácido cítrico empelando cáscara del fruto de cacao.	(de Oliveira et al., 2022)
Efecto de la fermentación en estado sólido de la cáscara de cacao sobre los metabolitos secundarios, actividad antioxidante y ácidos grasos	Revista de Ciencia de los Alimentos y Biotecnología	Incremento de metabolitos secundarios Cáscara de cacao	(Lessa et al., 2017).
Optimización de la producción de lipasa por <i>Penicillium roqueforti</i> ATCC 10110 mediante fermentación en estado sólido utilizando residuos agroindustriales con base en un análisis univariado	Bioquímica Preparativa y Biotecnología	Obtención de lipasa	(Araujo et al., 2021)
Rendimiento de compuestos fitoquímicos y actividad antioxidante de la cáscara de la mazorca de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) según la influencia de diferentes condiciones de deshidratación	Revista Tecnología de Secado	Composición fitoquímica	(Nguyen et al., 2021)
Optimización de la producción de Bioetanol a partir de Cacao (<i>Theobroma cacao</i>) Bean Shell	Revista internacional de Microbiología Actual y Ciencias Aplicadas	Obtención de bioetanol	(Awolu y Oyeyemi, 2015)
Valorización de la cáscara de la mazorca de cacao: pretratamiento alcalino-enzimático para la producción de ácido propiónico	Cellulose	Obtención de Ácido propiónico	(Sarmiento-Vásquez et al., 2021)
Valorisation strategies for cocoa pod husk and its fractions	Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry	Revisión	(F. Lu et al., 2018)
Proteasa similar a la tripsina termoestable por <i>Penicillium roqueforti</i> secretada en la fermentación de la cáscara de cacao: optimización de la producción, caracterización y aplicación en la coagulación de la leche	Biotecnología y Bioquímica Aplicada	Obtención de tripsina sustitutos de cuajo	(Nogueira et al., 2022)
Cáscaras de granos de cacao: una revisión del perfil químico, la bioactividad y la biotransformación para mejorar sus aplicaciones potenciales en los alimentos	Reseñas críticas en ciencia de los alimentos y nutrición	Revisión cascaras de cacao. Aplicaciones en Alimentos	(Younes et al., 2022)
Evaluación de epicatequina, teobromina y cafeína en cáscaras de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.), determinación de su capacidad antioxidante	Revista colombiana de ciencias hortícolas	Capacidad antioxidante de epicatequina, teobromina y cafeína	(Sotelo et al., 2015)
Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis	Archivos Latinoamericanos de	Alcaloides y polifenoles del	(Vázquez et al., 2016)

y sus implicaciones en el sabor y aroma	Nutrición	cacao	
Evaluación de la Composición Nutricional de Residuos de Cáscara de Cacao (<i>Theobroma cacao</i>) y Aplicación en la Producción de un Té Helado Rico en Fenólicos	Revista de Ciencia y Tecnología Culinarias	Obtención de té rico en fenoles	(dos Anjos Lopes et al., 2021)
Modelado cinético de la producción de bioetanol por lotes a partir de mucílago de cacao CCN-51	Aplicaciones de Ingeniería Química	Producción de nueva bebida	(J. Delgado, Bernal, et al., 2021)
Nuevas bebidas de kéfir a base de pulpa de cacao: análisis microbiológico, de composición química y sensorial	Ciencia, tecnología, ingeniería y nutrición de los alimentos.	Bebida kéfir	(Puerari et al., 2012)
Cáscara de vaina de cacao: una fuente rica en pectina con aplicaciones en los campos alimentario y biomédico	ChemBioEng	revisión	(Barrios-Rodríguez et al., 2022)
Biosíntesis de celulosa utilizando azúcares simples disponibles en exudado de mucílago de cacao residual	Revista Polímeros de Carbohidratos	Celulosa en exudado de mucílago de cacao	(Saavedra-Sanabria et al., 2021)
Microbial lipases: Propitious biocatalysts for the food industry	Food Bioscience	SCP. Lipasas	(Salgado et al., 2022)
Biotechnological Production of Sustainable Microbial Proteins from Agroindustrial Residues and By-Products	Foods	Revisión	(Bajić et al., 2023)
Cáscara de mazorca de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.): Fuente renovable de compuestos bioactivos	Capítulo de Libro	---	(Campos et al., 2018)
Un enfoque de biorrefinería para la extracción de pectina y la producción de bioetanol de segunda generación a partir de la cáscara de la mazorca de cacao	Aplicaciones y gestión de la tecnología de biorrecursos.	Bioetanol	(Kley Valladares-Diestra et al., 2022)
Pretratamiento hidrotermal asistido por ácido cítrico para la extracción de pectina y producción de xilooligosacáridos a partir de la cáscara de la mazorca de cacao	Aplicaciones y gestión de la tecnología de biorrecursos.	Pectina	(Valladares-Diestra et al., 2022)
Extracción Enzimática y Caracterización de Pectina de Cáscara de Cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) Utilizando Celluclast® 1.5 L	Áreas de investigación de química y subáreas	Pectina. Enzimática	(Hennessey-Ramos et al., 2021)
Compuestos Bioactivos de la Cáscara de Cacao: Extracción, Análisis y Aplicaciones en la Cadena Productiva de Alimentos	Alimentos	Revisión	(Belwal et al., 2022)
Biotecnología del cacao: estado actual y perspectivas de futuro	Revista de biotecnología vegetal	Revisión	(Wickramasuriya y Dunwell, 2018)
Enfoques biotecnológicos para la gestión de residuos de cacao: una revisión	Gestión de residuos	Revisión	(Z. Vásquez et al., 2019)
Química de los Alimentos	Libro	---	(Badui Dergal, 2013)

Valorización de residuos de cascarilla de cacao; extracción de laboratorio a reactores de cavitación a escala piloto	Investigación Internacional de Alimentos	Compuestos fenólicos	(Grillo et al., 2019)
Compuestos bioactivos y potencial antioxidante del extracto de cacao rico en polifenoles obtenido a partir de residuos agroindustriales	Investigación de Productos Naturales	Revisión	(Gabbay Alves et al., 2019)
Optimización del proceso de obtención de un extracto acuoso de cascarilla de cacao	CENIC Ciencias Químicas	Bebida	(Iglesias et al., 2022)
Extracción de fluidos supercríticos de grasa y cafeína con retención de teobromina en la cáscara de cacao	Processes	Grasa y cafeína. Método de extracción.	(González-Alejo et al., 2019)
Valorización de cascarilla de mazorca de cacao mediante extracción de compuestos fenólicos con fluido supercrítico	El Diario de Fluidos Supercríticos	Fenoles. Método de extracción.	(Valadez-Carmona et al., 2018)
Propiedades de fermentación in vitro de pectinas y pectinas modificadas enzimáticamente obtenidas a partir de diferentes biorecursos renovables	Revista Polímeros de Carbohidratos	Pectinas	(Ferreira-Lazarte et al., 2018)
Fermentation Technology: Current Status and Future Prospects	Libro	Revisión	(Joshi et al., 2018b)
Extracción de almidón de cáscara de cacao <i>Theobroma cacao</i> L. como alternativa de bioprospección	Revista ION	Almidón	(Herrera et al., 2020)
Principles and Applications of Fermentation Technology	Libro		(Kuila y Sharma, 2018)
Aplicaciones biotecnológicas de los microorganismos	NOVA	Revisión	(Ostos et al., 2019)
Investigando el papel del tipo de solvente y el calentamiento selectivo por microondas en la extracción de compuestos fenólicos de la cáscara de la vaina de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	Food and Bioproducts Processing	Compuestos fenólicos. Método de extracción.	(Dewi et al., 2022)
Cocoa bean shell waste as potential raw material for dietary fiber powder	International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture	Cocoa en polvo enriquecida con fibra	(Handojo et al., 2019)
Empleo de mucílago de cacao como inoculante en la elaboración de queso semiduro	Universidad Ciencia y Tecnología	Queso	(Tuárez et al., 2021)
Optimización de una Condición de Extracción Asistida por Ultrasonido para Compuestos Flavonoides de Cáscara de Cacao (<i>Theobroma cacao</i>) Utilizando Metodología de Superficie de Respuesta	Moléculas	Flavonoides. Método de extracción.	(Yusof et al., 2019)
Extracción líquida presurizada de flavanoles y alcaloides de la cáscara del grano de cacao usando etanol como solvente	Investigación Internacional de Alimentos	Flavonoides y alcaloides. Método de extracción	(Okuyama et al., 2018)
Mejora nutricional de harina de cáscara de mazorca de cacao mediante fermentación con <i>Rhizopus stolonifer</i>	Revista Africana de Biotecnología	Harina	(Olugosi et al., 2019)

Papel funcional de las levaduras, bacterias del ácido láctico y bacterias del ácido acético en los procesos de fermentación del cacao	FEMS Microbiology Reviews	Bacterias funcionales	(de Vuyst y Leroy, 2020)
Miel de cacao: ¿residuo agroindustrial o subproducto del cacao subutilizado?	Ciencia y Biotecnología de los Alimentos	Revisión	(Guirlanda et al., 2021)
Influencing factors on single-cell protein production by submerged fermentation: A review	Electronic Journal of Biotechnology	Revisión	(Reihani y Khosravi-Darani, 2019)
Introduction: Bioeconomy and Sustainability	Libro	---	(Lanzerath y Schurr, 2022)
Environment Sustainability and Role of Biotechnology	Libro	---	(Aileni, 2022)
Bioeconomía: el futuro sostenible	Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales	Revisión	(Hodson de Jaramillo, 2018)
Aislamiento, propagación y crecimiento de hongos comestibles nativos en residuos agroindustriales	Scientia Agropecuaria	Hongos	(Ríos -Ruiz et al., 2017)
Uso de residuos lignocelulósicos para optimizar la producción de inóculo y la formación de carpóforos del hongo comestible <i>Lentinula boryana</i> *	Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas	Hongos	(Gaitán-Hernández y Salmones, 2015)
Hydrolytic enzyme activities in shiitake mushroom (<i>Lentinula edodes</i>) strains cultivated on coffee pulp	Revista Argentina de Microbiología	Hongos	(Mata et al., 2016)
Biomass, lignocellulolytic enzyme production and lignocellulose degradation patterns by <i>Auricularia auricula</i> during solid state fermentation of corn stalk residues under different pretreatments	Food Chemistry	Enzimas lignocelulósicas	(X. Lu et al., 2022)
Valorization of agricultural residues using <i>Myceliophthora thermophila</i> as a platform for production of lignocellulolytic enzymes for cellulose saccharification	Biomass and Bioenergy	Enzimas lignocelulósicas	(da Rosa-Garzon et al., 2022)
Brewers residues and cocoa pod shells as a substrate for cultivation of <i>Pleurotus ostreatus</i> CCIBt 2339 and enzymes production	African Journal of Biotechnology	Hongos	(Fernandes Pereira et al., 2021)
Utilization of fruit waste substrates in mushroom production and manipulation of chemical composition	Biocatalysis and Agricultural Biotechnology	Hongos	(Otieno et al., 2022)

Producción de pigmentos por <i>Monascus</i> spp. en medio sólido empleando residuos agroindustriales	Investigación y Ciencia	Pigmentos	(Velázquez et al., 2016)
Food Waste Originated Material as an Alternative Substrate Used for the Cultivation of Oyster Mushroom (<i>Pleurotus ostreatus</i>): A Review	Sustainability	Revisión	(Doroški et al., 2022)
Production of <i>Pleurotus ostreatus</i> (Pleurotaceae) ICFC 153/99 grown on different waste lignocellulosic	Revista. Arnaldoa	Producción de hongos comestibles	(Díaz Muñoz et al., 2019)