

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Desarrollo de un producto alimenticio a base de la pulpa de fruto de café  
maduro (*Coffea arábica, bourbon*)

Trabajo de graduación presentado por Monnica Fernanda López Melchor para optar al  
grado académico de Licenciada en Ciencias de los Alimentos

Guatemala

2023



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería




Desarrollo de un producto alimenticio a base de la pulpa de fruto de café  
maduro (*Coffea arábica, bourbon*)

Trabajo de graduación presentado por Monnica Fernanda López Melchor para optar al  
grado académico de Licenciada en Ciencias de los Alimentos


Guatemala


2023


Vo. Bo.:

(f)   
Msc. Ana Alicia Paz Pierri de Galindo

Tribunal Examinador:

(f)   
Msc. Ana Alicia Paz Pierri de Galindo

(f)   
Msc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f)   
Msc. Marisabel Morales Muralles

Fecha de aprobación: Guatemala, 6 de diciembre de 2023

## DEDICATORIA

A Dios:

Por darme la sabiduría y fortaleza para seguir adelante a pesar de las adversidades.  
Por permitirme culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres:

Por darme las mejores oportunidades, apoyarme en todas mis decisiones y por su ejemplo de superación.

A mi familia y amigos:

Por su apoyo a lo largo de este trabajo y demás proyectos de vida.

A Ing. Ana Alicia Paz:

Por su guía, apoyo y orientación para presentar el mejor trabajo posible.

A Bella Vista Coffee:

Por darme la confianza de trabajar con ellos y brindarnos lo necesario para llevar a cabo este proyecto.

A Harvey y Edwinth:

Por su tiempo, enseñanza y apoyo en la realización de análisis proximal.

# CONTENIDO

DEDICATORIA .....	ii
I.INTRODUCCIÓN .....	1
II.ANTECEDENTES .....	3
III.MARCO TEÓRICO .....	7
A. Composición de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	15
B. Localización del estudio .....	16
C. Importancia económica del café .....	16
D. Contaminación ambiental por la producción de café .....	21
E. Economía circular .....	22
F. Usos de la pulpa de café en la actualidad .....	23
G. Productos alimenticios a base de pulpa de café .....	24
H. Estudios previos del análisis de pulpa de fruto de café maduro ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	26
I. Desarrollo de productos .....	27
J. Evaluación de alimentos desarrollados .....	30
IV.JUSTIFICACIÓN .....	32
V.OBJETIVOS .....	34
A. General .....	34
B. Específicos .....	34
VI.METODOLOGIA .....	35
A. Identificación de proceso y puntos de muestreo .....	35
B. Cálculo de cantidad de muestra .....	35
C. Métodos de toma de muestra .....	35
D. Análisis fisicoquímicos de las muestras .....	36
E. Análisis proximal de las muestras .....	36
F. Validación mercadológica .....	38
3. Prototipado conceptual y validación del mercado .....	38
4. Prototipado físico y las iteraciones .....	39
G. Análisis estadístico .....	40
H. Estudio de la demanda .....	40
I. Validación operativa .....	40
VII.RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	42

A.	Identificación puntos de muestreo.....	42
B.	Análisis proximal y fisicoquímico de las muestras de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en diversas etapas del proceso de producción.....	42
C.	Estudio de mercado .....	50
D.	Lluvia de ideas desarrollo de producto y ponderación de las mismas.....	53
E.	Prototipado conceptual y validación de mercado .....	54
F.	Desarrollo del producto .....	60
1.	Análisis proximal, granulométrico y proceso de producción de harina de pulpa de café .....	61
2.	Prototipado físico e iteraciones.....	64
3.	Análisis sensorial brownie a base de pulpa de fruto de café .....	70
4.	Análisis proximal brownie a base de pulpa de fruto de café .....	72
G.	Etiquetado nutricional.....	73
H.	Estudio de demanda.....	74
I.	Validación operativa.....	75
VIII.	CONCLUSIONES.....	79
IX.	RECOMENDACIONES .....	80
X.	BIBLIOGRAFÍA .....	81
XI.	ANEXOS .....	91
A.	Fotografías a lo largo del proceso.....	91
B.	Datos crudos del análisis proximal a lo largo del proceso .....	98
C.	Datos crudos de los análisis del brownie de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en base seca.....	108
C.	Datos crudos de los análisis de la harina de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en base seca.....	110
D.	Datos crudos del análisis sensorial de brownies elaborados a base de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, Bourbon</i> ).....	113

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.Composición del fruto de café en porcentaje de peso húmedo .....	8
Cuadro 2.Composición química de la pulpa de café .....	15
Cuadro 3.Áreas cultivadas por departamento en la temporada 2020 y 2021 .....	18
Cuadro 4.Puntos de muestreo del proceso de producción de café ( <i>Coffea Arábica, bourbon</i> ) .....	42
Cuadro 5.Análisis de datos sobre diferencia significativa entre las muestras de café .....	50
Cuadro 6.Estudio de mercado realizado en línea en el mercado nacional e internacional .....	51
Cuadro 7.Análisis proximal y actividad de agua obtenido para la harina de pulpa de café .....	61
Cuadro 8.Formulación base sin pulpa de café para el desarrollo de brownies a base de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	65
Cuadro 9.Comentarios obtenidos sobre la formulación base de brownies sin presencia de pulpa de café .....	65
Cuadro 10.Formulaciones e iteraciones realizadas en el procesamiento de brownies a base de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	66
Cuadro 11.Comentarios obtenidos por los grupos focales sobre las formulaciones realizadas para la elaboración de brownie a base de pulpa de café.....	67
Cuadro 12.Formulación final de los brownies a base de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	69
Cuadro 13.Análisis proximal brownie a base de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) base seca. ....	72
Cuadro 14.Etiquetado nutricional del brownie a base de pulpa de café.....	73
Cuadro 15.Área requerida para el proceso de producción automatizado de brownies a base de pulpa de café ( <i>Coffea, arábica, bourbon</i> ) .....	76
Cuadro 16.Área requerida para el proceso de producción manual de brownies a base de pulpa de café ( <i>Coffea, arábica, bourbon</i> ) .....	77
Cuadro 17.Datos obtenidos en el análisis fisicoquímico de las muestras de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en las diferentes etapas del proceso. ....	98
Cuadro 18.Datos obtenidos en el análisis de grasa de las 8 muestras de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en las diferentes etapas del proceso .....	99
Cuadro 19.Datos obtenidos en el análisis de proteína de las 8 muestras de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en las diferentes etapas del proceso .....	101
Cuadro 20.Datos obtenidos en el análisis de cenizas de las 8 muestras de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en las diferentes etapas del proceso .....	102

Cuadro 21. Datos obtenidos en el análisis de fibra cruda de las 8 muestras de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en las diferentes etapas del proceso .....	104
Cuadro 22. Datos obtenidos en el análisis de humedad de las 8 muestras de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en las diferentes etapas del proceso .....	105
Cuadro 23. Datos obtenidos en el análisis de carbohidratos de las 8 muestras de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en las diferentes etapas del proceso .....	107
Cuadro 24. Datos obtenidos en el análisis de humedad de brownie de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	108
Cuadro 25. Datos obtenidos en el análisis de grasa de brownie de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	109
Cuadro 26. Datos obtenidos en el análisis de proteína de brownie de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	109
Cuadro 27. Datos obtenidos en el análisis de cenizas de brownie de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	109
Cuadro 28. Datos obtenidos en el análisis de fibra cruda de brownie de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	110
Cuadro 29. Datos obtenidos en el análisis de carbohidratos de brownie de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ).....	110
Cuadro 30. Datos obtenidos en el análisis de humedad de harina de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	110
Cuadro 31. Datos obtenidos en el análisis de grasa de harina de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	111
Cuadro 32. Datos obtenidos en el análisis de proteína de harina de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	111
Cuadro 33. Datos obtenidos en el análisis de cenizas de harina de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	111
Cuadro 34. Datos obtenidos en el análisis de fibra cruda de harina de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	112
Cuadro 35. Datos obtenidos en el análisis de granulometría harina de pulpa de café	112
Cuadro 36. Datos obtenidos en el análisis sensorial de brownies elaborados a base de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) por 112 panelistas .....	113

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Planta <i>Coffea arábica, bourbon</i> .....	7
Figura 2.Aspecto de los frutos de café ( <i>Coffea arábica, Bourbon</i> ).....	8
Figura 3.Composición del fruto de café .....	9
Figura 4.Siembra de cultivo de café ( <i>Coffea arábica, Bourbon</i> ) .....	10
Figura 5.Lavado de frutos de café maduros .....	12
Figura 6.Proceso de despulpado de frutos cereza de café .....	12
Figura 7.Proceso de secado de granos de café en invernaderos .....	14
Figura 8.Descascarillado y clasificación de los granos .....	14
Figura 9.Países a nivel mundial con mayor producción de café arábica entre el 2018 y 2019. ....	17
Figura 10. Países a nivel mundial con mayor producción de café arábica entre el 2018 y 2019. ....	17
Figura 11. Regiones cafetaleras en Guatemala clasificados por la Asociación Nacional del Café (Anacafé). ....	20
Figura 12.Escala de 9 puntos a utilizar en las diferentes iteraciones del panel sensorial. ....	39
Figura 13. Comportamiento del pH promedio de las muestras de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en diversas etapas del proceso de producción. ....	43
Figura 14. Comportamiento del porcentaje de humedad de las muestras de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en diversas etapas del proceso de producción en base seca....	44
Figura 15.Comportamiento del porcentaje de grasa de las muestras de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en diversas etapas del proceso de producción en base seca.....	45
Figura 16. Comportamiento del porcentaje de proteína de las muestras de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en diversas etapas del proceso de producción en base seca.....	46
Figura 17. Comportamiento del porcentaje de cenizas de las muestras de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en diversas etapas del proceso de producción en base seca.....	47
Figura 18. Comportamiento del porcentaje de carbohidratos de las muestras de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en diversas etapas del proceso de producción en base seca....	48
Figura 19. Comportamiento del porcentaje de fibra cruda de las muestras de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en diversas etapas del proceso de producción en base seca....	49
Figura 20.Lluvia de ideas desarrollo de producto .....	53
Figura 21.Ponderación de ideas de desarrollo de producto .....	54
Figura 22.Consumo de barras de cereales por 162 encuestados .....	55
Figura 23.Características buscadas en una barra de cereal por 162 encuestados .....	55

Figura 24. Razón de consumo de las barras de cereales por 162 consumidores encuestados .....	56
Figura 25. Consumo de brownies por 162 encuestados .....	57
Figura 26. Preferencia de consumo de brownies respecto a su proceso de elaboración	57
Figura 27. Características buscadas al momento de consumir un brownie por 162 consumidores .....	58
Figura 28. Respuesta ante el prototipado conceptual de una barra de brownie con características similares a una barra cereales por 162 consumidores.....	58
Figura 29. Precio dispuesto a pagar por una barra de brownie con características similares a una barra de cereales.....	60
Figura 30. Análisis de granulometría de la harina de pulpa de café.....	62
Figura 31. Diagrama de flujo de ingeniería del proceso para la elaboración harina de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ).....	63
Figura 32. Consistencia de la mezcla luego del proceso de mezclado .....	69
Figura 33. Muestras elaboradas en base a las formulaciones seleccionadas.....	70
Figura 34. Análisis sensorial de lo brownies a base de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	71
Figura 35. Diagrama de flujo de ingeniería del proceso de la elaboración de brownie a base de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	75
Figura 36. Visita a la finca .....	91
Figura 37. Comparación proceso maduración de granos de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	91
Figura 38. Pesaje de muestras a lo largo del proceso de producción de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	92
Figura 39. Proceso de cuantificación de grasa de las muestras de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en diversas etapas del proceso.....	92
Figura 40. Proceso de cuantificación de proteína de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) en diversas etapas del proceso .....	93
Figura 41. Proceso de cuantificación de fibra de las muestras en diversas etapas del proceso productivo de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	93
Figura 42. Deshidratación de la pulpa de café maduro ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	93
Figura 43. Proceso de molienda de pulpa de café maduro deshidratado ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	94
Figura 44. Obtención de harina de pulpa de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ).....	94
Figura 45. Proceso de almacenamiento de harina de pulpa de café maduro ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	95
Figura 46. Equipo de tamizado utilizado para la harina de pulpa de café maduro ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	95

Figura 47. Material presente en cada tamiz Cole Palmer de a harina de pulpa de café maduro ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ) .....	95
Figura 48. Prueba de aceptación de iteraciones de brownie a base de pulpa de fruto de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ).....	96
Figura 49. Proceso de pesaje de materia prima para la elaboración del producto a base de pulpa de fruto de café ( <i>Coffea arábica, bourbon</i> ).....	96
Figura 50. Proceso de dosificación de mezcla en moldes .....	97
Figura 51. Etiquetado brownies de chocolate Fiber One.....	97

## RESUMEN

Este estudio inició con una visita inicial en la finca para establecer los puntos de muestreo y conocer el proceso llevado a cabo en el beneficio. Luego de una visita a la finca de café Bella Vista Coffee ubicada en Antigua Guatemala se vio la necesidad de utilizar la pulpa en el desarrollo de otro producto alimenticio y promover la economía circular. Se llevó a cabo la recolección de las muestras en diferentes puntos del sector productivo y se transportaron a la Universidad del Valle de Guatemala para ser almacenadas a  $-18^{\circ}\text{C}$  en un cuarto de congelación. Se llevó a cabo el análisis proximal y fisicoquímico de las muestras en cada uno de los puntos de muestreo para conocer su composición.

De acuerdo con los resultados obtenidos para la pulpa de café se llevó a cabo una validación mercadológica basado en las tendencias del mercado, la composición de la pulpa de café, respuesta del consumidor y se realizó el desarrollo de un brownie a base de pulpa de café luego de realizar varias iteraciones. Con base en el análisis de mercado y tendencias se llevó a cabo una validación operativa del producto y formulación seleccionada y se finalizó con ello el diagrama de ingeniería del proceso y estimación del tamaño de la planta requerido.

Se establece que el desarrollo de un brownie con harina de pulpa de café es viable, responde a las características esperadas por el consumidor y contribuye a la economía circular permitiendo que los ingresos retornen a la finca y reduciendo la contaminación generada por la pulpa en el ecosistema.

Este trabajo busca desarrollar ideas alternativas para aprovechar los residuos que se generan en las diversas etapas del proceso productivo y disminuir con ello los impactos negativos que se generan en el ambiente. Con este estudio se busca aplicar la economía circular en las fincas y beneficios de café para reducir del desperdicio en las diferentes etapas del proceso, reutilizar de recursos e innovar productos aprovechando los residuos que se generan con la finalidad de obtener con ello beneficios económicos y ambientales y contribuir con el propósito planteado por los ODS para tener un país más sostenible (Familia por los ODS, 2021.; Garzón y Méndez, 2022).

# I. INTRODUCCIÓN

Este proyecto parte con la visita inicial en la finca para establecer los puntos de muestreo y conocer el proceso llevado a cabo en el beneficio. Posterior se llevó a cabo la recolección de las muestras las cuales se transportaron a la Universidad del Valle de Guatemala para ser almacenadas a  $-18^{\circ}\text{C}$  en un cuarto de congelación. Se llevó a cabo el análisis proximal y fisicoquímico de las muestras en cada uno de los puntos de muestreo para conocer su composición. De acuerdo con los resultados obtenidos para la pulpa de café se llevó a cabo una validación mercadológica basado en las tendencias del mercado, la composición de la pulpa de café, respuesta del consumidor e iteraciones del producto. Según el análisis de mercado y tendencias actuales se finalizó con una validación operativa del producto y formulación seleccionada y se realizó con ello el diagrama de ingeniería del proceso y estimación del tamaño de la planta requerido para una planta con procesos manuales y para procesos automatizados.

El café es el segundo producto más consumido a nivel mundial y se encuentra conformado por diversas capas siendo la cascarilla, pulpa y mucilago. Asimismo, la importancia del café en Guatemala no solo es en el ámbito económico, sino que involucra el ámbito cultural y ambiental dado a los altos niveles de producción y exportación en el mundo. La pulpa de café es uno de los subproductos del cultivo del café es la capa externa que cubre a los granos de café la cual representa del 40 al 50% de peso. La pulpa de café a lo largo del proceso se aprovecha únicamente el 5% por lo que el 95% restante se le conoce como residuos los cuales generan numerosos impactos ambientales negativos en los ecosistemas, fuentes de agua, suelos, entre otros (Fernández *et al*, 2020.; De León y Rodríguez, 2021).

La producción del café en Guatemala presenta una importancia en el ámbito económico, cultural y ambiental dado a las cantidades de producción y exportación. En la temporada de 2019 y 2020 se produjeron alrededor de 165 millones de sacos de café alrededor del mundo en donde Guatemala aportó 3.6 millones de sacos siendo el décimo primer país productor a nivel mundial y el décimo país en el caso de las exportaciones (De León y Rodríguez, 2021). De igual manera para el año cafetalero del 2021 al 2022 de acuerdo con la Asociación Nacional del Café se exportaron 4.33 millones de quintales de café oro colocando este producto agrícola como el segundo producto de mayor exportación. Los datos anteriores estiman que la producción anual a nivel mundial de café aumenta año tras año frente a la situación de mejora de la oferta (Ortiz, 2023.; Euronews, 2022).

El proceso de producción de café consta de diversas etapas como lo son la cosecha, despulpado, fermentación, secado, tostado y molienda; en cada una de estas etapas se generan diversos residuos los cuales no son aprovechados por lo que se desperdician y generan con ello impactos ambientales negativos generan problemas y alteraciones en el desarrollo de la sociedad (Hochstetter, 2010). La economía circular aplicada al cultivo de

café para el 2022 se ha aplicado para permitir que los residuos generados en el cultivo de café retornen a la finca y con ello se reduzca la contaminación y el impacto ambiental negativo; existen numerosas soluciones circulares cuya finalidad sea transformar los residuos generados en la producción de café como el desarrollo de nuevos productos y como fuente de energía, ingresos y oportunidades de trabajo. (Varese, 2022 y Primero Café, 2022).

El objetivo de este trabajo es desarrollar un producto alimenticio a base de la pulpa de fruto de café maduro (*Coffea arabica, bourbon*) que responda a las tendencias actuales del mercado. Asimismo, este trabajo presenta el análisis mercadológico y operativo para el desarrollo de un producto a base de pulpa de café y se contribuya con la reducción de residuos y el impacto ambiental. La pulpa de café utilizada fue recolectada en la localidad de Antigua Guatemala.

En el presente trabajo se presenta información teórica acerca del café, pulpa de café, subproductos del proceso y estudios acerca de la pulpa de café, análisis proximal de muestras de café en diversas etapas del proceso, estudio de mercado, tendencias actuales y desarrollo de producto haciendo uso de pulpa de café y validación operativa junto con estimación de tamaño de planta requerido. Por último, se encuentra una sección de conclusiones y recomendaciones basadas en el presente trabajo y una sección de anexos en donde se encuentran fotografías y datos crudos obtenidos a lo largo del proceso del presente trabajo.

## II. ANTECEDENTES

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) para el 2016 cerca de 1,300 millones de toneladas de alimentos se desperdician cada año en el mundo, en donde 127 millones de toneladas de desperdicio se pierden en América Latina (FAO, 2016). La Organización Internacional del Café en el 2019 estableció que la producción promedio de café a nivel internacional fue de 7 millones de toneladas, sin embargo, alrededor del 30 y 50% de la producción total son residuos (Yepes y Pernalete, 2021).

A nivel latinoamericano se conoce que la industria caficultora es una de las principales fuentes de contaminación ya que a lo largo del proceso se aprovecha únicamente el 5% del fruto y el material restante son residuos (Fernández, Soto y Vargas, 2020). La pulpa de café en los beneficios húmedos es el material que genera un mayor impacto ambiental negativo a los ecosistemas (Calle y Muñoz, 2019).

En el año 2018 los autores Fierro Contreras, González, Rosas y Morales llevaron la caracterización química y nutricional de la pulpa de café (*Coffea arabica L.*). En dicho estudio como parámetros químicos se determinó la humedad, pH, sólidos solubles, fenoles totales, capacidad antioxidante, proteína, grasa, fibra, cafeína y cenizas y como parámetros nutricionales se cuantificó nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, sodio, hierro, zinc, cobre, manganeso y calcio. Los resultados obtenidos en el análisis proximal realizado en base húmeda fueron 4.21 de pH, 85.37% de humedad, 3°brix de sólidos solubles totales, 0.91 mg EAG  $g^{-1}$  de fenoles totales, 9.04% de proteína, 6.93% de grasa y 30.63% de fibra. Los resultados obtenidos en el análisis proximal realizado en base seca fueron 12.05% de humedad, 45.67% de azúcares reductores, 4.09 mg EAG  $g^{-1}$  de fenoles totales, 10.63% de proteína, 5.78% de grasa, 36.07% de fibra y 9.58% de cenizas.

En 2020, se llevó a cabo una descripción de parámetros fisicoquímicos de la pulpa de café (*Coffea arabica*) en diferentes variedades y pisos altitudinales; en dicho estudio evaluaron los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de 3 variedades de café provenientes de diferentes pisos altitudinales, dichas variedades fueron Catuaí, Lempira y Parainena. Como resultados se obtuvo que existe relación entre los sólidos solubles con el piso altitudinal; se estableció que existe mayor contenido de azúcares a mayor altitud de café siendo de 15.9°Brix para la variedad Catuaí a una altitud de 1550msnm. Además de ello se determinó un valor de 5.45 de potencial de hidrogeno a una altitud de 1550msnm (Marcia *et al*, 2020). La caracterización fisicoquímica de la pulpa de café es de suma importancia para la industria de alimentos y las fincas de café dado que es relevante para determinar la calidad del café, optimizar los procesos, encontrar usos para la pulpa de café en productos existen o productos nuevos y es relevante para la sostenibilidad (Insuasti y López, 2022).

Asimismo, en el 2019 se estudió los residuos de la pulpa de café como ingrediente funcional y su efecto en la calidad de galletas saladas. En esta investigación como resultados se obtuvieron 2.96g de grasa, 8.10g de cenizas, 56.65g de fibra dietética, 11.52g de proteína y 20.77 de carbohidratos por 100g de materia seca. Por medio de esta investigación se determinó que es posible incorporar los residuos de pulpa de café como un ingrediente funcional en la dieta humana; además de ello se estableció que la pulpa seca de café en las galletas potencia sus cualidades funcionales, el contenido de fibra y capacidad antioxidante. Se estableció que el aprovechamiento de la pulpa de pulpa de café promete sustentabilidad ambiental (Moreno *et al* 2019).

Un estudio llevado a cabo en Costa Rica consistió en el aprovechamiento de la pulpa residual del proceso agroindustrial del café (*Coffea Arábica*) para el desarrollo de productos alimenticios en cooperativas caficultoras. En este estudio buscaron evaluar alternativas de aprovechamiento de la pulpa de café para el desarrollo de subproductos que permitan la diversificación productiva y la generación de alimentos con valor agregado en una cooperativa de caficultores de la zona de Palmares; como resultados del análisis fisicoquímico de la composición de la pulpa y mucílago de café fueron 87.9% de humedad, 1.1% de cenizas en base húmeda, 1.9% de proteína en base húmeda, 18.5% de proteína en base seca, 4.8°brix en sólidos totales y 4.75 de pH (Madrigal y Chavarría, 2020).

El estudio anterior presentó como alternativas de productos a partir de la pulpa y mucílago de café el desarrollo de harinas para que sean empleadas para la elaboración de productos de panificación como galletas, pasteles, barras energéticas, etc. debido a su alto contenido proteico y la alta capacidad antioxidante. Además de ello se consideró la elaboración de productos para personas con enfermedades celiacas ya que no se presentó propiedades atributivas de esta enfermedad en la harina; por otro lado, se presentó la alternativa la elaboración de confites, mermeladas, jaleas, rellenos de dulces y derivados ya que se presenta una gran cantidad azúcares y una cantidad considerable de pectinas la cual contribuye a la textura de estos productos (Madrigal y Chavarría; 2020).

En 2021, se llevó a cabo el estudio del efecto de la adición de harina de pulpa de café (*Coffea arábica*) en las características fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales de brownies. Se realizó un análisis proximal de la harina de pulpa de café por 100 gramos; se obtuvo 6.23g de humedad, 2.60g de grasa, 8.84g de proteína cruda, 7.61g de cenizas, 58.86g de fibra cruda y 48.55g de carbohidratos. La investigación concluyó que la adición de 50% de harina de pulpa de café en la formulación de brownies vuelve al producto como una excelente fuente de fibra y fuente de proteína (Insuasti y López, 2021).

En Colombia se llevó a cabo la valorización de un subproducto del procesamiento de café arábica variedad caturra rojo y amarillo; es esta investigación se llevó a cabo una

caracterización proximal, extracción de carotenoides y la aplicación en un alimento funcional. Los resultados obtenidos en la pulpa de café caturra roja obtuvo 75.94% de humedad base húmeda, 4.39% humedad base seca, 3.91% de lípidos base seca, 9.67% de proteína base seca, 77.15% de carbohidratos totales base seca y 68.15% de fibra dietaria total base seca. Los resultados obtenidos en la pulpa de café caturra amarilla obtuvo 79.93% de humedad base húmeda, 4.24% humedad base seca, 3.99% de lípidos base seca, 9.44% de proteína base seca, 77.54% de carbohidratos totales base seca y 68.12% de fibra dietaria total base seca (Rojas *et al*, 2020). Se puede observar que la composición de la pulpa de café varía entre las especies de café; esto se debe a que la composición se encuentra influenciada por la variedad y especie de café, condiciones de cultivo, clima y condiciones de siembra (Hochstetter, 2010.; Cárdenas y Pardo, 2014).

La economía circular aplicado en las fincas y beneficios de café se basa en la reducción del desperdicio en las diferentes etapas del proceso, reutilización de recursos, reciclaje e innovación en productos aprovechando los residuos que se generan con la finalidad de obtener con ello beneficios económicos y ambientales. Los objetivos de desarrollo sostenible tienen como objetivo abordar una amplia gama de desafíos globales como la contaminación para obtener con ello un mundo más sostenible. La economía circular tiene implícita diversos ODS como energía asequible y no contaminante (ODS 7), industria, innovación e infraestructura (ODS 9), ciudades sostenibles (ODS 11) y (ODS 12) producción y consumo responsable (Familia por los ODS, 2021.; Garzón y Méndez, 2022).

Este estudio tiene como objetivo el desarrollo de un producto alimenticio a base de la pulpa de fruto de café maduro (*Coffea arabica, bourbon*) por medio de la pulpa que no es utilizada a lo largo del procesamiento del café y abordar con ello la economía circular y los ODS con la finalidad construir un mundo más sostenible. Por otro lado, se conoce las fincas y beneficios de café generan impactos ambientales negativos en las fuentes hídricas, suelos, biodiversidad y ecosistemas afectando directamente a los ODS de agua limpia, vida submarina y vida de ecosistemas terrestres (Varese, 2022., Fernández *et al*, 2020.; Familia por los ODS, 2021. y Primero Café, 2022)

La producción del café en Guatemala presenta una importancia en el ámbito económico, cultural y ambiental dado a las cantidades de producción y exportación. Asimismo, la producción de café en Guatemala se encuentra en incremento con el paso de los años en donde para la producción de 2021 y 2022 la producción de café fue de 4.3 millones de quintales colocando este producto agrícola como el segundo producto de mayor exportación (De León y Rodríguez, 2021.; Ortiz, 2023.; Euronews, 2022).

Al hacer uso de la pulpa de fruto de café maduro para la creación de un nuevo producto se aplica la economía circular de las fincas y empresas permitiendo que los residuos de diversas etapas del proceso retornen a la finca por medio de la gestión ecoeficiente del agua, gestión de los residuos en las fincas cafetaleras como la pulpa de café

y aguas mieles contribuyendo con ello a la reducción de residuos (Varese, 2022., Fernández *et al*, 2020. y Primero Café, 2022).

Dado a lo anterior, este estudio tiene como objetivo el desarrollo de un producto alimenticio a base de la pulpa de fruto de café maduro (*Coffea arabica, bourbon*) por medio de la pulpa que no es utilizada a lo largo del procesamiento del café. que responda a las tendencias actuales del mercado. En donde se realizó una caracterización fisicoquímica y nutricional de la pulpa de fruto de café maduro en las distintas etapas del proceso productivo, se desarrolló un producto alimenticio en base a los resultados anteriores y se realizó una validación mercadológica y operativa del producto alimenticio a base de la pulpa de fruto de café maduro.

Con este proyecto se busca encontrar una solución sostenible para la pulpa de café para reducir el impacto ambiental en las fuentes hídricas, suelos y ecosistemas. Además, se busca aplicar la economía circular para permitir que los ingresos retornen a la finca y generar mayores ingresos junto con la creación de nuevos empleos.

### III. MARCO TEÓRICO

#### A. Generalidades de Coffea arábica, bourbon

Coffea arábica es una especie de café descrito por primera vez en 1753; coffea arábica es la especie de café más cultivada en el mundo en donde aproximadamente el 60% de la producción de café se atribuye a esta especie. La especie arábica es autógama lo que significa que tiene la capacidad de autopolinizarse, esta autopolinización se debe a que la especie arábica es tetraploide por lo que tiene 44 cromosomas en lugar de 22. Los frutos de esta especie son verdes y ovalados que se vuelven rojos cuando maduran luego de un rango entre 7 y 9 meses (Anacafé, 2021. y Rojo, 2014).

La planta de la variedad Bourbon posee una forma cónica con ramas secundarias más abundantes y con mayor cantidad de axilas florales. Los brotes de esta variedad son de color verde, de menor tamaño, de color rojo en su madurez y de excelente calidad de taza. Bourbon es una variedad precoz en su maduración que en épocas de lluvia puede tener riesgos de caída de frutos. Esta variedad puede ser cultivadas en diferentes altitudes, sin embargo, los mejores resultados se obtienen cuando son cultivados en una zona media y alta de 1,070 a 1,980 metros sobre el nivel del mar (Anacafé, 2021).

Figura 1. Planta *Coffea arábica, bourbon*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Aspecto de los frutos de café (*Coffea arábica*, Bourbon)



Fuente: Elaboración propia

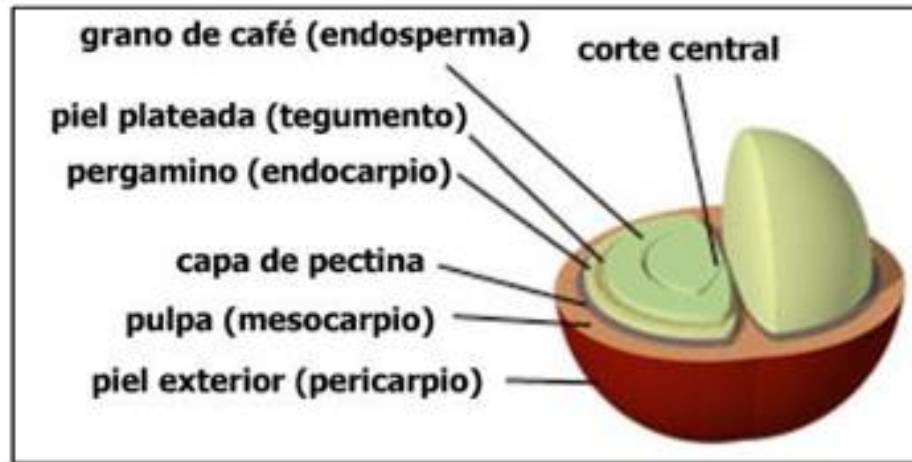
El fruto de café se encuentra fraccionado en otros elementos como lo son la pulpa, mucílago y cascarilla. La semilla del grano de café se encuentra conformado por una película delgada de color blanco conocida como cutícula (endospermo), luego se encuentra cubierto por una cáscara gelatinosa llamada pergamino (endocarpio), lo sigue una capa gelatinosa llamada mucílago (mesocarpio) y por último se encuentra envuelto por la pulpa (exocarpio) (Jilapa y Tuny, 2019).

Cuadro 1. Composición del fruto de café en porcentaje de peso húmedo

Fraccionamiento del fruto del café	Porcentaje en peso húmedo (%)
Pulpa	42.0
Mucílago y azúcares solubles	16.0
Cascarilla	4.0
Semilla	18.0
Agua	20.0
Total	100.0

Fuente: Gómez *et al*, 2006

Figura 3. Composición del fruto de café



Fuente: Prieto, 2002.

La pulpa del grano de café (mesocarpio) es la parte más voluminosa que conforman el fruto; representando consigo aproximadamente el 56% del volumen del fruto y el 40% respecto al peso. Asimismo, el fruto de café se encuentra conformada por una piel plateada la cual es un tegumento de la capa externa de los granos de café que se origina como un subproducto del proceso de tostado. La cascarilla de café (endocarpio) también conocido como pergamino es uno de los subproductos que son utilizados dentro de las fincas como combustible o fertilizando luego de ser sometido a un tratamiento adecuado. El pergamino representa del 4.5 al 5% del peso del fruto de café (Cruz *et al*, 2020).

## B. Proceso de producción de café en Guatemala

La importancia del café proviene de la producción, Guatemala se destaca como un país líder en la producción y exportación del café. En la temporada de 2019 y 2020 se produjeron alrededor de 165 millones de sacos de café alrededor del mundo en donde Guatemala aportó 3.6 millones de saco siendo el décimo primer país productor a nivel mundial y el décimo país en el caso de las exportaciones (De León y Rodríguez, 2021).

### 1. Siembra

El cultivo de café posee características climáticas y edáficas específicas de crecimiento, las cuales mientras más cercanas sean a las ideales mayores posibilidades existirán que se exprese su potencial genético, es decir, existirá una mayor producción (Hochstetter, 2010).

Las temperaturas recomendadas para el cultivo de café en meses cálidos deben estar entre los 23 y 27°C, las temperaturas cercanas al límite superior cabe resaltar que aceleran el crecimiento vegetativo por lo que la floración y fructificación se reducen de manera significativa. En el caso de los meses fríos, si la temperatura es menor a los 16 o 13°C el crecimiento se paraliza el arbusto queda pequeño. Dado lo anterior, las temperaturas anuales óptimas para el cultivo de café deben encontrarse entre los 17°C a los 23°C (Hochstetter, 2010).

Otro factor importante en la floración, producción y época de maduración del café es la precipitación; este factor climático posee un efecto significativo en las variables antes mencionadas ya que influye en el crecimiento de las ramas del arbusto y en el tamaño y calidad del grano (Hochstetter, 2010).

Para el cultivo de café es deseable que exista una buena distribución de la lluvia y a su vez que se encuentre definido el periodo seco; las condiciones óptimas establecen que el periodo seco debe ser entre 3 a 4 meses, es importante mencionar que es deseable que el periodo seco coincida con el reposo vegetativo y que preceda de la floración principal. Estudios han demostrado que existe correlación entre la lluvia del año precedente y la cosecha anual (Hochstetter, 2010).

Figura 4. Siembra de cultivo de café (*Coffea arábica*, Bourbon)



Fuente: Elaboración propia

Existen factores que afectan el trabajo fotosintético del cultivo de café, dando como resultados inducción y formación de cojines flores, transpiración de los cafetos, apertura y cierra de estomas y otras reacciones en la planta. Los factores que afectan el trabajo fotosintético del cultivo de café son los factores ecofisiológicos, los cuales determinan las condiciones óptimas de producción (Hochstetter, 2010). Entre ellas están:

- Cantidad, calidad y duración de la luz solar.
- Temperaturas del ambiente, suelo y hojas del cafeto.
- Humedad relativa del ambiente y suelo.
- Relación entre la duración del día y la noche.
- Relación entre los periodos secos y periodos de lluvia.

(Hochstetter, 2010).

## 2. Corte

El corte del cultivo de café es de forma manual con grandes necesidades de mano de obra; existen una serie de factores que influyen en el inicio de maduración del fruto; siendo estos la altitud, el cultivar, las distancias de la siembra y las condiciones climáticas (Hochstetter, 2010).

## 3. Recolección

La recolección de café se le conoce como panaleo o corte; el café es cortado a mano para luego ser transportado en sacos hasta los beneficios húmedos. Durante la recolección se hace una selección constante de los frutos de café con la finalidad de garantizar la calidad del producto; esto proceso se realiza ya que no todos los frutos del café se encuentran en su estado de maduración óptimo y todavía hay unos frutos verdes (Hochstetter, 2010).

En la cosecha únicamente deben cosecharse los frutos maduros; es importante no cosechar los frutos inmaduros ni demasiado maduros, a su vez es importante tampoco mezclar frutos no maduros con los maduros ya que son ello produce café de mala calidad. Luego de ello se lleva a cabo un proceso de lavado de los frutos de café. (Rojo, 2014).

Figura 5. Lavado de frutos de café maduros



Fuente: Elaboración propia

#### 4. Despulpe

En esta etapa los frutos cereza de café en su estado de maduración óptimo se despojan de la pulpa o epicarpio (Hochstetter, 2010). El despulpado es una etapa mecánica por lo tanto es de suma importancia despulpar únicamente los granos maduros; mayormente este proceso es llevado a cabo en una despulpadora por medio de presión (Cárdenas y Pardo, 2014).

Este proceso se debe realizar en las primeras 10 horas después del corte para evitar la pre-fermentación del grano; a lo largo de este proceso es importante no dañar los granos ya que afecta en la calidad final (Anacafé, 2018).

Figura 6. Proceso de despulpado de frutos cereza de café



Fuente: Elaboración propia.

## 5. Fermentación

La fermentación es un proceso que no es realizado por todos los beneficios de café húmedo de la misma manera ya que existen diversos tipos de fermentación con el objetivo de remover el mucilago, siendo estos la fermentación natural, mecánica, con enzimas o en seco (Cárdenas y Pardo, 2014).

La fermentación natural consiste en dejar el fruto luego del despulpado en un tanque de fermentación con poca agua por un lapso de 12 a 18 horas; la fermentación con enzimas es un proceso llevado a cabo en tanques de fermentación pero se añaden enzimas en el proceso con la finalidad de acelerar el proceso, la fermentación mecánica consiste que el uso de máquinas con agitación rápida con la finalidad de que la capa del mucilago se desprenda; por último, la fermentación en seco consiste en dejar el café despulpado en tanque seco dejando que el mucilago se degrade (Cárdenas y Pardo, 2014. y Anacafé, 2018).

## 6. Secado

El proceso de secado es una operación que lleva a cabo en patios con la finalidad de aprovechar la energía solar y finaliza con el secado en secadores; sin embargo, puede secarse por completo en secadores, aunque no es lo más viable para la economía de las fincas. Muchas veces estos secadores los hacen funcionar con combustibles, energía solar o electricidad (Hochstetter, 2010). El secado es una operación importante y delicada en los beneficios de café ya que este proceso puede afectar la calidad, dado esto es importante considerar algunos factores importantes a lo largo del proceso de secado sientto estos:

- El secado debe iniciar luego del secado.
- No pisar el café durante el secado en patios.
- Evitar que el café se moje por lluvias repentinas durante el secado en patios.
- El aire de secado en los secadores no debe superar los 55°C ya que deteriora la calidad del café.
- Evitar interrumpir el proceso de secado del grano.

(Hochstetter, 2010)

Los granos en el tostado sufren alrededor una pérdida de peso del 16% ya que en el proceso de secado se pierde la humedad del grano. Por lo general, el proceso de secado se realiza entre temperaturas entre 180-270°C por un lapso entre 8 y 15 minutos sin embargo el tiempo y las temperaturas pueden variar según el grado de tueste deseado; el grado de tueste puede ser muy tostado, medianamente tostado o poco tostado. Es importante mencionar que el grado de tueste se determina según el tipo de grano (Rojo, 2014).

Figura 7. Proceso de secado de granos de café en invernaderos



Fuente: Elaboración propia.

## 7. Pulido

Este proceso no se realiza en todos los beneficios de café; este proceso consiste en pulir los granos de café para quitar la piel de plata y mejorar el aspecto de los granos de café y eliminar los desperdicios que se producen en el tueste (Hochstetter, 2010).

## 8. Descascarillado y clasificación de los granos

Este proceso es utilizado para que el café se convierta en un producto de exportación; en este proceso se retira la capa fina o cáscara que envuelve el pergamino. Este es un proceso que se realiza en los beneficios secos y a finalizar el proceso se le denomina café oro. Al finalizar este proceso los granos se clasifican de acuerdo el tamaño, peso y calidad (Hochstetter, 2010).

Figura 8. Descascarillado y clasificación de los granos



Fuente: Elaboración propia.

## 9. Selección final de los mejores granos

Para finalizar el proceso y garantizar un café de exportación de óptima calidad, los granos oro son sometidos a un último proceso de control de calidad. En este proceso el café oro pasa a través de bandas corredizas que junto con personal capacitado para eliminar residuos de cualquier naturaleza (Hochstetter, 2010).

## 10. Conservación y almacenaje

El café se guarda en un lugar seco, oscuro, fresco y limpio con la finalidad de garantizar la calidad de los granos; un factor a tomar en cuenta es la humedad y la temperatura, esto se debe a que si se almacena en un ambiente húmedo y frío el café molido se rehumedece y ocasiona el crecimiento de moho. Por otro lado, si se almacena en un ambiente muy seco y húmedo el café molido pierde peso (Hochstetter, 2010).

### C. Composición de pulpa de café (*Coffea arábica, bourbon*)

La pulpa de café se encuentra conformada por el exocarpio (epidermis) y parte del mesocarpio (mucílago) en donde el exocarpio puede tener un color verde o rojo dependiendo de la variedad y estado de maduración del fruto. Además de ello, la pulpa de café es el desecho más importante en el beneficio del café (Ponce, 2018).

Un grano de café por lo general contiene por lo general 34% de celulosa, 30% de azúcares, 11% proteínas, 6-13% de agua y 2-15% de materia grasa. Entre otros componentes que se encuentran en el grano de café son los minerales, potasio, calcio, magnesio, fósforo, ácidos orgánicos, cafeína y la trigonelina. En el caso de la pulpa representa alrededor del 43.58% del peso del fruto fresco; este por lo general posee entre un 76-80% de humedad, 11-12% de cenizas base seca 17.31% de azúcares reductores y 18.49% de azúcares totales (Ponce, 2018. Y Rojo, 2014).

Cuadro 2. Composición química de la pulpa de café

Compuesto	Base húmeda (%)
Humedad	85.37
pH	4.21
Sólidos solubles totales (°brix)	3.0
Fenoles totales (mg EAG g <sup>-1</sup> )	0.91
Materia seca	6.5
Fibra cruda	30.63
Proteína cruda	9.01
Grasa	6.93

Fuente: Morales y Ramos, 2018

## D. Localización del estudio

La pulpa de café utilizada fue recolectada en una finca cafetalera ubicada en el Antigua Guatemala, Sacatepéquez la cual pertenece a la región de Antigua Clásico. Esta región es llamada como “El valle de Antigua” debido a los volcanes de Fuego, Agua y Acatenango por lo que los suelos de esta área son ricos con buen drenaje. Las variedades que usualmente se cultivan en esta región es Typica, Caturra, Bourbon y Pache en donde los cultivo se encuentran a una altura entre los 1400 y 1700 metros y se cosecha entre los meses de noviembre a marzo. Además de ello, las tazas de café de esta región poseen un cuerpo pronunciado, un aroma rico y balanceado y una acidez fina que destaca (Fórum Café, 2009).

La zona cafetalera de Antigua Guatemala posee una temperatura promedio entre 19°C y 22°C con un índice de precipitación pluvial que oscila entre 1,100 y 1,343 milímetros al año, con una humedad relativa de 65% y un grado de alcalinidad del suelo entre 5.5 y 6.7 grados; todas estas condiciones son ideales para el cultivo de café que hacen que el café proveniente de esta región sea de calidad. Los suelos de esta área son jóvenes, pseudoalpinos que se encuentran desarrollados sobre residuos volcánicos con una buena capacidad de absorción (Villatoro, 2004).

## E. Importancia económica del café

### 1. A nivel mundial

Alrededor del mundo aproximadamente 70 países son productores de café, en donde los 5 principales son Brasil, Vietnam, Colombia, Indonesia y Honduras; estos países abarcan aproximadamente el 75% de la producción mundial (ITC, 2022). De acuerdo al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para el año de producción del 2021 y 2022 reporto que 41 países alrededor del mundo produjeron 166, 174, 000 sacos en donde el 52.5% de la producción corresponden a la producción de café arábica y el 47.7% corresponde a la producción de variedad robusta (Gómez, 2023).

De acuerdo con el Centro de Comercio Internacional, entre los años 2018 y 2019 se realizó un gráfico demostrando los 10 países con mayor producción de café arábica y los 10 países con mayor producción de café robusta, se muestran a continuación:

Figura 9. Países a nivel mundial con mayor producción de café arábica entre el 2018 y 2019.

PAÍS	PRODUCCIÓN	CLASIFICACIÓN	
Brasil	44 764	1	
Colombia	13 858	2	
Etiopía	7 541	3	
Honduras	7 328	4	
Perú	4 263	5	
México	4 133	6	
Guatemala	3 967	7	
Nicaragua	2 820	8	
Indonesia	2 020	9	
India	1 800	10	

Fuente: ITC, 2022

Figura 10. Países a nivel mundial con mayor producción de café arábica entre el 2018 y 2019.

PAÍS	PRODUCCIÓN	CLASIFICACIÓN	
Viet Nam	28 523	1	
Brasil	20 111	2	
Indonesia	7 598	3	
India	4 202	4	
Uganda	3 763	5	
Côte d'Ivoire	2 294	6	
Rep. Dem. Pop. Lao	503	7	
Rep. Unida de Tanzania	447	8	
Madagascar	396	9	
Tailandia	352	10	

Fuente: ITC, 2022

## 2. En Guatemala

La importancia del café en Guatemala no solo gira en el ámbito económico, sino que involucra el área cultural y ambiental. En la temporada de 2019 y 2020 se produjeron alrededor de 165 millones de sacos de café alrededor del mundo en donde Guatemala

aporte 3.6 millones de saco siendo el décimo primer país productor a nivel mundial y el décimo país en el caso de las exportaciones (De León y Rodríguez, 2021).

De igual manera para el año cafetalero del 2021 al 2022 de acuerdo con la Asociación Nacional del Café se exportaron 4.33 millones de quintales de café oro colocando este producto agrícola como el segundo producto de mayor exportación. Los datos anteriores estiman que la producción anual a nivel mundial de café aumenta año tras año frente a la situación de mejora de la oferta (Ortiz, 2023.; Euronews, 2022).

La producción de café en Guatemala tiene geografía en donde cada departamento y región presenta su producción de café siendo para la temporada de 2019 y 2020 las siguientes producciones (De León y Rodríguez, 2021):

Cuadro 3. Áreas cultivadas por departamento en la temporada 2020 y 2021

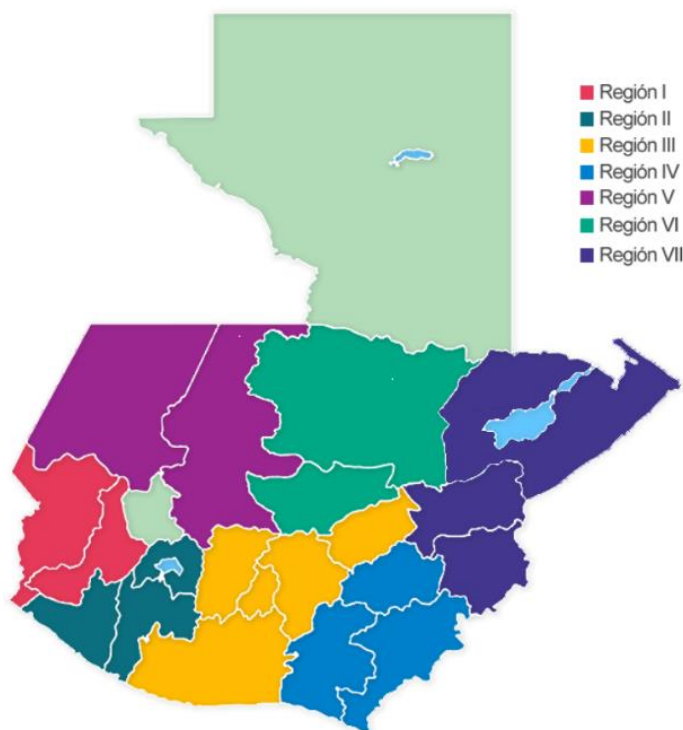
<b>Región</b>	<b>Departamento</b>	<b>Ha</b>	<b>% Total</b>
I	San Marcos	19,753	6.2%
I	Quetzaltenango	46,482	14.7%
II	Alta Verapaz	17,884	5.6%
II	Baja Verapaz	1,738	0.5%
III	El Progreso	3,315	1.0%
III	Guatemala	14,528	4.6%
III	Sacatepéquez	7,243	2.3%
III	Chimaltenango	17,426	5.5%
III	Escuintla	13,631	4.3%
IV	Jalapa	15,199	4.8%
IV	Santa Rosa	63,362	20.0%
IV	Jutiapa	12,082	3.8%
V	Quiché	3,473	1.1%
V	Huehuetenango	34,910	11.0%
VI	Sololá	10,602	3.3%
VI	Suchitepéquez	18,276	5.8%
VI	Retalhuleu	4,826	1.5%
VII	Izabal	276	0.1%
VII	Zacapa	3,474	1.1%
VII	Chiquimula	8,385	2.6%

Fuente: Anacafé, 2020

En Guatemala hay ocho regiones cafetaleras las cuales se describen como perfiles de tazas de café clasificados por la Asociación Nacional del Café (Anacafé). Entre ellas están: Acatenango, Antigua, Atitlán, Cobán, Fraijanes, Huehuetenango, Oriente y San Marcos. Según Anacafé estos son clasificados según su aroma, acidez agradable, cuerpo y dulzura. Son distintas en cada una de las ocho regiones donde se cultivan, explica Anacafé. Además, las variedades, los microclimas y las condiciones de cultivo tienen un gran impacto en el sabor del café (Vi, 2021). Estas áreas son:

- Acatenango Valley: Es la región cafetalera de Guatemala más conocida, gran parte de su territorio es utilizado para el cultivo y la producción del café. En esta región el beneficiado seco se realiza en patios con secado al sol. Además, debido a los volcanes los suelos están llenos de minerales. El Café crece a una altura hasta los 2000 metros. Las notas del café son agrídulces. (Vi, 2021)
- Antigua Coffee: Se cosecha por encima de los 1 mil 500 metros en un suelo volcánico rico en minerales, con mucho sol, noches frías y una sombra que protege de las heladas. El suelo ayuda a mantener la humedad porque es una zona con poca lluvia. El café es elegante, balanceado aroma y sabor dulce. Es el más ácido de Guatemala. (Vi, 2021)
- Traditional Atitlán: El 90% café se cultiva entre las laderas de los volcanes y el lago Atitlán. Es aromático, con pronunciada acidez cítrica y mucho cuerpo. Las corrientes de viento sobre el frío lago crean microclimas que influyen en el desarrollo del café. Es el más dulce del país. (Vi, 2021)
- Rainforest Cobán: Se cosecha entre los 1 mil 300 y 1 mil 500 metros sobre el nivel del mar, el lugar se caracteriza por los niveles de nubosidad, lluvia y frío. Es una zona montañosa con influencia tropical del océano atlántico. Posee características que debe tener un café americano. Es una zona montañosa con influencia tropical del océano atlántico. (Vi, 2021)
- Fraijanes Plateau: Se caracteriza por poseer acidez pronunciada y persistente, es aromática y con cuerpo definido. Es café de altura y la región cuenta con suelos volcánicos (Volcán de Pacaya). (Vi, 2021)
- Highland Huehue: Zona con muchos ríos lo cual es una ventaja para instalar un beneficio. El café de esta región posee acidez fina e intensa y agradable con notas avinatas, y debido a estas notas se puede convertir en fermento. Cada productor procesa su propio café ya que es una zona remota. Es la Región más alta y seca. (Vi, 2021)
- New Oriente: El café es producido por pequeños productores desde 1950. Se cosecha en alturas que van de los 1 mil 300 a los 1 mil 700 metros sobre el nivel del mar. Los suelos cuentan con minerales balanceados. y es la región con más producción. (Vi, 2021)
- Volcanic San Marcos: El café se seca primero en Guardiolas y si el clima lo permite se termina de secar en patios (sol). Posee características con delicadas notas florales en su aroma y sabor, pronunciada acidez y buen cuerpo. Las fincas de café cuentan con beneficios propios. Es la zona más cálida (Vi, 2021).

Figura 11. Regiones cafetaleras en Guatemala clasificados por la Asociación Nacional del Café (Anacafé).



Fuente: Anacafé, 2018.

Para el 2019, se estableció que la huella económica del café fue alta en comparación a las otras actividades económicas a nivel nacional y dentro de las actividades propias del sector agrícola; se estableció que la huella económica del sector agrícola es de 26% del PIB en donde el 10% representa el cultivo de café (De León y Rodríguez, 2021).

Por otro lado, en Guatemala se han generado empleos por el sector caficutor en donde para el año 2018 se estimó que 86,762 personas poseen una relación directa con el cultivo del grano los cuales contribuyen con la economía de numerosas familias guatemaltecas (De León y Rodríguez, 2021).

Asimismo, de acuerdo con Anacafé en 2022 los precios del café fueron de \$221.55 por quintal al cierre del año cafetero en septiembre del 2022 incrementando un 14% del año 2021 con \$194.00 el quintal (Anacafé, 2022).

## A. Contaminación ambiental por la producción de café

Se conoce como contaminación ambiental a la presencia de componentes nocivos ya sea químicos, físicos o biológicos en el medio ambiente ya sea en el entorno natural o artificial, que supongan un peligro para los seres vivos que lo habitan. La contaminación ambiental nace por causas derivadas por la actividad humana como la emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera o la explotación desmedida de los recursos naturales (Montes, 2019).

El proceso de producción de café aparte de generar impactos ambientales negativos afecta las fuentes hídricas, los suelos, la biodiversidad y los ecosistemas; estos impactos generan problemas y alteraciones en el desarrollo de la sociedad. A lo largo del proceso de cultivo de café se aprovecha solamente el 5% del peso del fruto fresco, el 95% restante se le conoce como residuos (Fernández *et al*, 2020).

La contaminación de las fuentes hídricas por los subproductos del café genera contaminación ambiental debido a la falta de tratamiento. En países como Kenia se generan diariamente alrededor de 2, 300, 000 litros de agua contaminada por medio de los cultivos de café que traen consigo consecuencias como lo son la destrucción de la vida animal y vegetal (Restrepo y Villa, 2020).

En el 2017 se creó una Política Ambiental y de Cambio Climático para el sector del café que luego de 5 años continua con la finalidad de orientar a todas las actividades relacionadas con la cadena de producción de café enfatización en disminuir el cambio climático, la mitigación de gases de efecto invernadero, el cumplimiento de la ley ambiental, la gestión integral de recursos hídricos, entre otros (Anacafé, 2022).

En el 2021 se demostró que la demanda de café incrementa con el paso de los años productivos en donde en las últimas 3 décadas el incremento de café ha sido del 60% causando consigo problemas ambientales como la erosión de suelos, contaminación de agua, deforestación y pérdida de biodiversidad (Nuñez, 2021).

Por otro lado el Centro Surcolombiano de Investigación de Café “CESURCAFÉ” indicó en el 2021 que las fincas y beneficios de café acumulan la cáscara y pulpa de café sin brindarles un tratamiento previo generando consigo malos olores y contaminación del suelo. Asimismo, la Asociación de Cafés Especiales de los Estados Unidos “SCAA” indicó a su vez que las aguas residuales que generan las fincas y beneficios de café húmedo contaminan hasta 40 veces más que las aguas residuales urbanas dado que las fincas carecen de sistemas de tratamiento. La falta de sistemas de tratamiento de las aguas residuales termina en las fuentes hídricas que destruyen consigo la vida vegetal y animal (Ballesteros, 2021).

En el 2023 se observó que por el mal manejo de las aguas residuales provenientes de la actividad cafetalera contaminó el río Lempa que atraviesa 3 países de Centroamérica siendo estos El Salvador, Honduras y Guatemala. Se demostró que las aguas mieles

presenten en el río Lempa se atribuyen al mal manejo de los pequeños beneficios dado que no tratan sus desechos de manera adecuada (Machón, 2023). Asimismo, en el año 2023 se determinó que se generan cerca de 750 mil toneladas de residuos de pulpa de café que afectan directamente en la contaminación ambiental (Medina, 2023)

## B. Economía circular

Se conoce como economía circular al ciclo de desarrollo continuo que preserva y aumenta el capital natural en donde la idea principal consiste en tomar residuos y volverlos en materia prima para otros procesos con la idea de “Tomar, hacer y tirar” (Vásquez, 2020).

El concepto de economía circular puede ser aplicado en diversos tipos de residuos, sin embargo, los desechos orgánicos es la rama más propicia dado a la cantidad de residuos que se generan (Vásquez, 2020).

La economía circular aplicada al cultivo de café para el 2022 se ha aplicado para permitir que los residuos generados en el cultivo de café retornen a la finca; este modelo tecnológico se basa en los componentes de gestión ecoeficiente del agua, gestión de los residuos en las fincas cafetaleras como la pulpa de café y aguas mieles y un mayor reconocimiento del rol de los integrantes de la familia en la gestión de las fincas (Varese, 2022).

Dentro del sector del café se encuentran numerosas soluciones circulares en donde algunas son propuestas por la Organización Internacional del Café con la finalidad de transformar los residuos generados en la producción y consumo de café en nuevos productos, energía, ingresos y oportunidades de trabajo (Primero Café, 2022). Algunas de estas ideas son:

1. Reutilizar la pulpa de café y la cáscara de café para la creación de fertilizantes orgánicos, bebidas energéticas o infusiones a partir de la cáscara de café.
2. Generar energía con la cascarilla del café por medio de biocombustibles en lugar de utilizar combustibles fósiles que contaminan el ambiente.
3. Implementar un segundo uso de los granos de café como para cultivar hongos o por medio de la integración en telas y textiles.

(Primero Café, 2022)

Estas ideas de modelo de economía circular contribuyen al sector del café a minimizar el impacto ambiental por medio de la reducción de desechos y maximizar los beneficios económicos, sociales y ambientales (Primero Café, 2022).

Dado que los residuos generados en las diversas etapas del proceso productivo, en el 2021 se estableció que los residuos de la producción de café podrían ser una alternativa sostenible por medio de la economía circular dado que existían numerosas alternativas para el uso de los residuos. Se demostró que la cáscara y la pulpa de café podrían ser utilizadas para la preparación de bebidas energizantes, bebidas alcohólicas fermentadas,

harina libre de gluten, como herramienta de cultivo de hongos comestibles, como concentrado para ganado. Al aplicar estas alternativas se obtienen ventajas económicas para los caficultores dado que brinda ingresos adicionales y se genera en las fincas un valor agregado dado al uso de los residuos (Ballesteros, 2021).

En el 2021 en Colombia se determinó que la actividad representa un eslabón importante en la economía nacional dado que los cafetales ocupan cerca del 66% de las áreas cultivadas del país. Para este año se estableció que la actividad cafetera genera residuos aproximadamente de 784,000 toneladas al año en donde determinan que estos subproductos no son desechos, sino que se trata de productos totalmente aprovechables en bebidas, bolsas de té y alimentos sólidos. De igual manera se estableció que la pulpa de café podría ser utilizada para fabricar papel amate (Diario de Huila, 2021).

Asimismo, dado que la economía circular y el aprovechamiento de residuos se ha vuelto un tema importante han surgido numerosas investigaciones universitarias sobre el aprovechamiento de la cáscara y pulpa de café dado a las altas toneladas de residuos. Dicho lo anterior y a la tecnología actual se ha buscado utilizar la pulpa y cáscara de café para convertirlos en alimentos ricos en proteínas con la finalidad del aprovechamiento sustentable de los residuos (Medina, 2023)

### C. Usos de la pulpa de café en la actualidad

Debido a los residuos que se generan en el procesamiento del café, los agricultores han buscado maneras de aprovechar la pulpa de café que permitan la protección del medio ambiente y a su vez permita crear condiciones óptimas de aprovechamiento (Restrepo y Villa, 2020).

La producción de abono orgánico a partir de la pulpa de café es una de las alternativas más comunes para el aprovechamiento de la pulpa de café; esto se debe a que no requiere un procesamiento complejo y a su vez contribuye con la economía de los caficultores ya que les permite ahorrar costos de insumos. A su vez, otra alternativa es la complementación en la alimentación de animales con pulpa de café (Restrepo y Villa, 2020).

Los fertilizantes obtenidos a parte de la pulpa de café se caracterizan por favorecer el crecimiento de los cultivos ya que contiene nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, magnesio, hierro, cobre, boro y zinc que contribuyen al mejoramiento del suelo. Comúnmente el método para la obtención de este fertilizante es el lombricultivo; por medio de este se ha demostrado que por cada 10 toneladas de pulpa fresca se pueden generar 1 tonelada de abono (Restrepo y Villa, 2020).

La pulpa de café como complemento para la alimentación de animales es otra de las alternativas más utilizadas alrededor de mundo, especialmente para los rumiantes

como vacas, novillos y corderos. La pulpa de café es utilizada para equilibrar la alimentación de los animales debido a los valores nutricionales y las propiedades funcionales que la pulpa posee. Al utilizar la pulpa de café como complemento se tienen limitaciones en las cantidades a suministrar según el animal debido a los altos niveles de cafeína, taninos y polifenoles en la pulpa de café (Restrepo y Villa, 2020).

## D. Productos alimenticios a base de pulpa de café

Debido a que existe una gran cantidad de pulpa residual con las fincas de café, se ha buscado el aprovechamiento de los subproductos cafetaleros para disminuir el impacto ambiental y a su vez encontrar beneficios económicos de las fincas. Además de ello en 2022 se realizó un estudio en donde se fortificó alimento a base de pulpa de café en tiempos pandémicos por lo que además de sustituir una materia prima puede utilizarse para mejorar el valor nutricional de un alimento o materia prima (Marín *et al*, 2022). Debido a lo anterior se han buscado alternativas en el sector alimentario como la elaboración de harina, mermeladas, jaleas, rellenos de dulces, confites y derivados. (Madrigal y Chavarría, 2020).

### 1. Harina

La harina es un término proveniente del término latín *farina*, el cual es un polvo fino que proviene a partir de la molienda de cereales, leguminosas o frutas. De acuerdo con las normas establecidas a nivel mundial se determinó que las harinas deben tener un máximo de humedad del 15% con la finalidad de reducir el crecimiento microbiológico, bacterias y hongos (Hernández, 2019).

La harina es un polvo fino que se obtiene por medio del cereal molido; la harina comúnmente se obtiene del trigo, sin embargo, se han elaborado harinas provenientes de otros cereales y vegetales como lo son la harina de maíz, harina de cebada, harina de centeno, harina de avena, harina de arroz y la harina de garbanzos. Actualmente hay estudios que han realizado harina de origen animal en donde su materia prima proviene de huesos, pescados, sangre o cuernos (Madrigal y Chavarría, 2020).

El procesamiento de la harina de pulpa de café puede llevarse a cabo de diversas maneras; unas metodologías establecen que la pulpa obtenida del beneficio húmedo luego del proceso de secado se somete a una trituradora por 1 hora para luego transportarlo a un molino coloidal por hora y media para alcanzar el tamaño de partícula. En otras metodologías se lleva a cabo el proceso de triturado y molienda de la pulpa húmeda para luego someterlo a un proceso de secado por aspersión con la finalidad de unificar el tamaño de partícula y procesar altas cantidades de producto (Hernández, 2019). En algunos procesos de elaboración de harina se lleva a cabo una limpieza de la pulpa de café

utilizada únicamente con agua, sin embargo, otro de los procesos aplicados para la limpieza y eliminación de impurezas consiste en sumergir la pulpa en una solución de metabisulfito de sodio al 0.2% durante 30 minutos para luego colocarlo en un tamiz para retirar el excedente de agua.

La composición química promedio de las harinas depende de si proviene de leguminosas o de frutas. La harina de pulpa de café se cataloga como una harina proveniente de frutas la cual posee un porcentaje de proteína promedio de 10.5%, carbohidratos promedio de 72.41%, fibra promedio de 4.10%, grasa promedio de 1.64%, cenizas de 2.00% y una humedad promedio de 9.35%. Como se mencionó con anterioridad la composición depende de la fuente de la harina, así como de la especie y variedad del fruto, condiciones de cultivo y manejo (Hernández, 2019)

La harina de pulpa de café ha sido utilizada en la elaboración de productos alimenticios de panificación como lo son galletas, cupcakes, queques y pan de molde. (Madrigal y Chavarría, 2020). Esta harina puede ser combinada con cualquier otra harina proveniente de origen vegetal o cereales; se ha demostrado que la sustitución del 10 al 25% con harina de trigo brinda mejores resultados ya que no se pierde el gluten característico de muchos de los productos de panificación (García, 2019).

En la actualidad existe una empresa (The Coffee Cherry Co) que se ha encargado de transformar y comercializar harina de pulpa de café en donde desde el año 2015 ha transformado y comercializado más de 6 millones de libras de harina de café con un incremento exponencial con el paso de los años (Restrepo y Villa, 2020).

## 2. Mermelada

Las mermeladas son una mezcla de fruta y azúcar que se presenta en forma semisólida; esta es una mezcla que se hace en caliente con la adición de pectina con la finalidad de formar un gel. Las mermeladas pueden ser elaboradas a partir de una gran variedad de frutas, sin embargo, las más utilizadas son aquellas que presentan un balance entre el nivel de azúcar y acidez (Madrigal y Chavarría, 2020).

## 3. Miel de café

La miel o melaza de café es un producto que se obtiene por medio de la extracción y concentración de los jugos azucarados de la pulpa y el mucilago; este producto es un jarabe denso, de color castaño oscuro con un sabor dulce y agradable. La miel de café contiene una alta concentración de fructosa, glucosa, pectina, ácido clorogénico y polifenoles que contribuyen a la salud y bienestar de los consumidores (Jilapa y Tuny, 2019)

#### 4. Vinagre

La pulpa de café posee alto contenido de azúcar, de mucilagos y otros elementos y componentes que pueden producir altos niveles de alcohol por lo que como materia prima es útil para la elaboración de vinagre. El vinagre proveniente de pulpa de café posee entre un 5 y 6% de ácido acético y se caracteriza por presentar aromas suaves afrutados de acuerdo con la materia prima utilizada (Del Pilar, 2022).

Se conoce como vinagre al resultado de 2 fermentaciones en donde en la primera etapa se transformará en alcohol y dióxido de carbono por medio de la acción de levaduras. La segunda fermentación se conoce como fermentación acética en donde el mosto alcohólico obtenido de la primera fermentación se transforma en ácido acético y agua por medio de la acción de acetobacterias (Del Pilar, 2022).

#### E. Estudios previos del análisis de pulpa de fruto de café maduro (*Coffea arábica*, *bourbon*)

En el año 2018, los autores Fierro Contreras, González, Rosas y Morales llevaron la caracterización química y nutrimental de la pulpa de café (*Coffea arábica L.*). En dicho estudio como parámetros químicos se determinó la humedad, pH, sólidos solubles, fenoles totales, capacidad antioxidante, proteína, grasa, fibra, cafeína y cenizas y como parámetros nutricionales se cuantificó nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, sodio, hierro, zinc, cobre, manganeso y calcio. Los resultados obtenidos en el análisis proximal realizado en base húmeda fueron 4.21 de pH, 85.37% de humedad, 3°brix de sólidos solubles totales, 0.91 mg EAG  $g^{-1}$  de fenoles totales, 9.04% de proteína, 6.93% de grasa y 30.63% de fibra. Los resultados obtenidos en el análisis proximal realizado en base seca fueron 12.05% de humedad, 45.67% de azúcares reductores, 4.09 mg EAG  $g^{-1}$  de fenoles totales, 10.63% de proteína, 5.78% de grasa, 36.07% de fibra y 9.58% de cenizas.

Dicho artículo concluyó en base a las propiedades químicas y nutrimentales de la pulpa de café que es una fuente rica en antioxidantes naturales y que puede ser considerada como ingrediente en la elaboración de dietas ya sea para animales y para productos alimenticios para humanos; el estudio establece que su capacidad antioxidante es similar a la de los arándanos (Fierro *et al*, 2018).

En 2020, se llevó a cabo una descripción de parámetros fisicoquímicos de la pulpa de café (*Coffea arábica*) en diferentes variedades y pisos altitudinales; en dicho estudio evaluaron los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de 3 variedades de café provenientes de diferentes pisos altitudinales, dichas variedades fueron Catuai, Lempira y Parainena. Como resultados se obtuvo que existe relación entre los sólidos solubles con el piso altitudinal; se estableció que existe mayor contenido de azúcares a mayor altitud

de café siendo de 15.9°Brix para la variedad Catuaí a una altitud de 1550msnm. Además de ello se determinó un valor de 5.45 de potencial de hidrogeno a una altitud de 1550msnm (Marcia *et al*, 2020).

En el 2018 en el país de Cuba realizaron la extracción y caracterización de pectina de pulpa de café de la variedad Robusta. Los resultados respecto al contenido de materia seca y humedad en pulpas secas y pulpas secadas al sol establecieron una humedad del 83.6% y 6% respectivamente y un contenido de materia seca de 16.4% para la pulpa seca y 94.0% para la pulpa secada al sol. Además de ello, obtuvieron mejor rendimiento en la extracción de pectina a 90°C por 90 minutos con un pH de 1 y una razón líquido-sólido de 7, dicho rendimiento fue de 8.73% (Serrat *et al*, 2018).

En 2019 se estudiaron los residuos de la pulpa de café como ingrediente funcional y su efecto en la calidad de galletas saladas. En esta investigación como resultados se obtuvieron 2.96g de grasa, 8.10g de cenizas, 56.65g de fibra dietética, 11.52g de proteína y 20.77 de carbohidratos por 100g de materia seca. Por medio de esta investigación se determinó que es posible incorporar los residuos de pulpa de café como un ingrediente funcional en la dieta humana; además de ello se estableció que la pulpa seca de café en las galletas potencia sus cualidades funcionales, el contenido de fibra y capacidad antioxidante. Se estableció que el aprovechamiento de la pulpa de pulpa de café promete sustentabilidad ambiental (Moreno *et al*, 2019).

Un estudio llevado a cabo en Costa Rica por Madrigal y Chavarría en el 2020 consistió en el aprovechamiento de la pulpa residual del proceso agroindustrial del café (*Coffea Arábica*) para el desarrollo de productos alimenticios en cooperativas caficultoras. En este estudio buscaron evaluar alternativas de aprovechamiento de la pulpa de café para el desarrollo de subproductos que permitan la diversificación productiva y la generación de alimentos con valor agregado en una cooperativa de caficultores de la zona de Palmares; como resultados del análisis fisicoquímico de la composición de la pulpa y mucílago de café fueron 87.9% de humedad, 1.1% de cenizas en base húmeda, 1.9% de proteína en base húmeda, 18.5% de proteína en base seca, 4.8°brix en sólidos totales y 4.75 de pH (Chavarría y Madrigal, 2020).

## F. Desarrollo de productos

El desarrollo de nuevos productos es un proceso complejo debido a que requiere la capacidad de obtener, procesar e interpretar grandes cantidades de información dado que se requiere evaluar los límites técnicos, posibilidades de fabricación y viabilidad económica. El desarrollo de productos es conocido también como innovación y desarrollo o solamente como diseño (Trejo *et al*, 2016).

El desarrollo de nuevos productos es importante que se lleve a cabo debido a que los mercados cambian, las necesidades de los consumidores cambian e incluso la competencia cambia por lo que significa que lo que funciono en el pasado no puede ser efectivo ahora. Debido a lo anterior por lo general en el desarrollo de productos se toman en cuenta el análisis del entorno, el mercado, la competencia, el posicionamiento, los planes de acción, los objetivos de la empresa, entre otros (López, 2008). A lo largo de los años se han establecido diversos métodos y metodologías para el desarrollo de productos en donde se diferencian y distinguen entre procesos de tipo tradicional, flexible y metodologías basadas en el conocimiento. (Trejo *et al*, 2016). A continuación, se detallan algunas metodologías:

- Propuesta por Clark y Fujimoto

Esta metodología consiste en 5 fases sucesivas las cuales consisten en:

1. Generación del concepto: Las personas encargadas de diseñar y planificar definen el carácter del producto desde la perspectiva del consumidor.
2. Planificación del producto: El concepto se vuelve un diseño detallado y específico en donde se especifican los parámetros y aspectos técnicos y objetivos de costo.
3. Ingeniería del producto: El diseño detallado se transforma en planos o dibujos que luego se vuelve en el prototipo del producto.
4. Ingeniería de proceso: Se desarrollan herramientas de fabricación del producto y se determinan los flujos de materiales, diseño de planta y organización de trabajo.
5. Proceso de producción: Etapa donde se fabrican y montan los productos finales para el cliente final.

(Trejo *et al*, 2016).

## 1. Design thinking

El término design thinking posee numerosas definiciones; de acuerdo con Cross, Dorst y Roozenburg en 1992 ha definido como el estudio de los procesos cognitivos que se manifiestan en la acción. Otra de las definiciones establecida por Dorst en 2009 y Visser en 2006 establecen que es la serie de actividades cognitivas específicas de diseño que los diseñadores aplican a lo largo el proceso de diseñar. Las definiciones anteriores están involucradas en el proceso de diseño, así como también la mezcla de creatividad, análisis, enfoque en resolución de problemas, entre otros.

Existen numerosas definiciones de design thinking, sin embargo, todas tienen dos principales características:

- a. Esta centrado en el usuario porque sus necesidades se observan e incorporan de manera constante a un proceso de diseño impulsado por el conocimiento y creatividad.
- b. Es iterativo dado que se exploran los resultados, se refinan y se evalúan con constante retroalimentación.

La metodología de Design Thinking se basa en investigaciones y como los diseñadores e investigadores abordan los problemas y desarrollan soluciones adecuadas. Diversos autores detallan diversas etapas de design thinking, sin embargo, las 5 etapas de manera universal son empatizar, definir, idear, prototipar y testear (Dib, 2018).

- a. Empatizar: Se refiere a entender los problemas, necesidades y deseos a quienes se desea satisfacer; se toma en consideración el entorno en que se desarrolla un proyecto. En esta etapa se obtiene toda la información acerca de la problemática y se toma en cuenta a que se desea llevar (Dib, 2018).
- b. Definir: Se evalúa la información y se establece que le aporta valor al objetivo; a su vez también se identifica problemas en el proceso de solución que se deban solucionar (Dib, 2018).
- c. Idear: Se generan grandes cantidades de opciones e ideas sin descalificar ninguna por más fuera de lugar que se encuentre del proyecto. Por lo general se lleva a cabo una lluvia de ideas en base a lo que se estableció en la etapa de definir (Dib, 2018).
- d. Prototipar: Se construye un prototipo en base a la idea establecida en la etapa de idear de la manera más literal y concisa posible para obtener retroalimentación y poder tener idea de que parámetros y características mejorar o cambiar para llegar al resultado final deseado. En esta etapa es importante la generación de prototipos para así asegurarse de cometer todos los fallos posibles en esta etapa y solucionarlos antes del testeo final (Dib, 2018).
- e. Testear: Se prueba el prototipo en el mercado objetivo o a las personas quienes serán afectadas para identificar fallos y carencias claves como usuarios finales (Dib, 2018).

## 2. Jobs to be done

La metodología Job to be done “JTBD” se centra en la identificación y en conocer el propósito más elevado por el cual los clientes compran productos, servicios y soluciones con la finalidad de contribuir con localizar, organizar y solucionar las necesidades emocionales, sociales, funcionales no satisfechas de los clientes. Con esta metodología se posee un mayor enfoque hacia los clientes descubriendo de manera contante las necesidades de los clientes para resolver un problema (García, Beltrán y Luna, 2021).

La metodología de Jobs to be done ofrece un marco para categorizar, definir, capturar y organizar todas las necesidades del cliente; por medio de esta metodología se puede aplicar en el desarrollo de productos nuevos y en productos existentes dando a conocer la razón por la que el cliente lo adquiere (García, Beltrán y Luna, 2021).

## G. Evaluación de alimentos desarrollados

### 1. Análisis proximal

El análisis proximal es un análisis preliminar en el cual se busca determinar la composición de alimentos por medio de determinaciones convencionales afines con el objetivo de calificar su valor desde el punto de vista nutricional que puede realizarse con una determinada dieta o alimento. Las pruebas básicas del análisis proximal son humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra bruta, carbohidratos, pH, índice de refacción, acidez, entre otros (Méndez, 2020., Sánchez y Mendieta, 2000, Fon y Zumbado, 2019).

- Humedad

El agua es la sustancia más simple que se encuentra dentro de la composición de un alimento; este elemento se encuentra presente en todos los alimentos e influye de gran manera en la estabilidad de los alimentos a lo largo de su vida útil y almacenamiento que puede favorecer el desarrollo y crecimiento de microorganismos. Es de suma importancia conocer la humedad o la materia seca del alimento ya que el valor nutritivo del alimento está en razón inversa al contenido de humedad. La determinación de humedad es la pérdida de peso de un alimento hasta obtener un residuo completamente seco a peso constante (Sánchez y Mendieta, 2000, Fon y Zumbado, 2019).

- Cenizas

La porción de cenizas de un alimento representa los constituyentes inorgánicos del alimento. La determinación de cenizas es importante dado que permite conocer el contenido de materia orgánica de los alimentos y además por la determinación de cenizas es posible determinar el contenido de minerales y el extracto libre de nitrógeno (Sánchez y Mendieta, 2000, Fon y Zumbado, 2019).

- Proteína

La proteína cruda presente en un alimento agrupa a todas las sustancias nitrogenadas por lo que se encuentra el contenido proteico verdadero y compuestos nitrogenados de naturaleza no proteica. La determinación de proteínas en los alimentos es importante dado que los alimentos pueden clasificarse por su contenido de proteína y a su vez es una medida directa de su digestibilidad (Sánchez y Mendieta, 2000, Fon y Zumbado, 2019).

- Fibra

En la determinación de fibra se encuentran todas las sustancias orgánicas no nitrogenadas que no se disuelven hirviendo los alimentos. La importancia de este análisis en los alimentos es que este componente influye en la digestibilidad del alimento y se determina en que grado el alimento puede ser consumido por un animal (Sánchez y Mendieta, 2000, Fon y Zumbado, 2019).

## 2. Análisis sensorial

El análisis sensorial de los alimentos es una rama de la ciencia utilizada para medir, obtener, analizar e interpretar las reacciones a ciertas características de un alimento tal como se perciben por los sentidos de la vista, olfato, tacto, gusto y oído (Ruíz y Salas, 2019).

Las características organolépticas de los alimentos constituyen al conjunto de estímulos que interactúan con los receptores del analizador; la percepción es la respuesta ante las características organolépticas de un alimento respecto al color forma, tamaño, aroma, textura y sabor (Ruíz y Salas, 2019).

Existen diversos tipos de pruebas sensoriales de acuerdo con el enfoque que se quiera dar, entre ellos están las pruebas orientadas al consumidor y las pruebas orientadas al producto. Entre las pruebas orientadas al consumidor se encuentran las pruebas afectivas en las cuales se termina la aceptabilidad o la preferencia de un producto por parte de los consumidores; entre las pruebas orientadas al producto se encuentran las pruebas discriminatorias y descriptivas en las cuales se evalúan las características de uno o más productos dependiendo del tipo de prueba (Ruíz y Salas, 2019).

Las pruebas orientadas al consumidor son conocidas también como pruebas afectivas; en estas pruebas el consumidor expresa su reacción subjetiva ante el producto indicando si le gusta o disgusta, si lo acepta o lo rechaza o si prefiere el producto antes otros similares. Estas pruebas por ser subjetivas es importante identificar el mercado meta e identificar las características de este mercado respecto al sexo, edad, hábitos de consumo, nivel económico, localización geográfica, etc (Ruíz y Salas, 2019).

Las pruebas de aceptación con escala hedónica dan a conocer el deseo del consumidor de adquirir el producto haciendo uso de un instrumento de medición de las sensaciones de placer o desagrado. La escala hedónica se encuentra conformada por una lista ordenada de posibles respuestas en diferentes grados de satisfacción en donde el panelista marca la respuesta que mejor refleja su opinión respecto a un parámetro (Ruíz y Salas, 2019).

Dentro de la aceptación de un producto por parte del cliente y consumidores se encuentra relacionada directamente con la percepción sensorial de los alimentos; por otro lado, la evaluación sensorial de los alimentos constituye a uno de los pilares fundamentales para el desarrollo de nuevos productos alimenticios. El fenómeno anterior se debe a que a partir de ello se consideran los atributos clave que desea el consumidor, por lo que permite el desarrollo de un producto de acuerdo con un perfil ajustado a las expectativas del mercado (Osorio, 2020).

## IV. JUSTIFICACIÓN

*Coffea arábica* es la especie de café más cultivada en el mundo en donde aproximadamente el 60% de la producción de café se atribuye a esta especie. Numerosas investigaciones y estudios destacan que la pulpa de café presenta en su composición carbohidratos, fibra, capacidad antioxidante, proteína, grasa, azúcares, cafeína y diversos micronutrientes como fósforo, calcio, hierro, zinc, entre otros (Fierro *et al.*, 2018)

La pulpa de café es uno de los subproductos del cultivo del café (*Coffea Arábica*) que a lo largo del proceso de cultivo solamente el 5% del peso del fruto fresco se aprovecha y el 95% restante se le conoce como residuos los cuales generan numerosos impactos ambientales negativos en los ecosistemas, fuentes de agua, suelos, entre otros (Fernández *et al.*, 2020). Como existe mucha pulpa residual con las fincas de café, se buscó aprovechar los subproductos cafetaleros para disminuir el impacto ambiental y encontrar beneficios económicos de las fincas.

La contaminación ambiental por parte de las fincas de café causa diversos problemas ambientales como la erosión de suelos, contaminación de agua, deforestación y pérdida de biodiversidad. En el 2023 se determinó que se generan cerca de 750 mil toneladas de residuos de pulpa de café que no se usan y tratan bien. Asimismo, en el mismo año se observó que por el mal manejo de las aguas residuales y pulpa de café provenientes de la actividad cafetalera se contaminó el río Lempa que atraviesa a El Salvador, Honduras y Guatemala dado a la falta de tratamiento de los residuos y el mal manejo de los mismo (Machón, 2023.; Medina, 2023.; Nuñez, 2021).

Dado lo anterior la economía circular juega un papel importante en la industria cafetalera ya que se puede aumentar la sostenibilidad en la cadena de suministro, generar un impacto positivo en el medio ambiente, mejorar los ingresos por medio del desarrollo de nuevos productos a partir de estos residuos y fomentar el consumo responsable con la finalidad de minimizar el impacto ambiental. Es por ello por lo que, la economía circular presenta relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible dado que buscan la sostenibilidad del país, sino que buscan la sostenibilidad en todas las áreas (Primero Café, 2022).

Actualmente, los usos que se le dan a la gran cantidad de pulpa residual de café son en la elaboración de abonos, complemento de alimento para animales, elaboración de bebidas como té y producción de etanol. En el sector alimentario como la elaboración de harina, mermeladas, jaleas, rellenos de dulces, confites y derivados; la pulpa de fruto de café e es utilizada ampliamente en esta gama de productos dado que se caracteriza por ser una fuente significativa de carbohidratos, proteína y fibra (Madrigal y Chavarria, 2020). En

el desarrollo de estos productos el papel de estudio de mercado y análisis sensorial tiene un papel importante, ya que mediante estos se puede desarrollar el producto según los atributos descritos por el consumidor (Osorio, 2020). La harina de pulpa de café se ha vuelto una opción viable de desarrollo, ya que es sin gluten, por lo que es adecuada para enfermos celíacos. Por otro lado, la harina de café es un producto de bajo costo dado que se encuentra elaborado a partir de residuos y apoya con la sostenibilidad dado que se reduce el desperdicio y con ello se promueve la economía circular (Hernández, 2019).

Debido a lo anterior, este estudio tuvo como objetivo el desarrollo de un producto alimenticio a base de la pulpa de fruto de café maduro (*Coffea arabica, bourbon*) que responda a las tendencias actuales del mercado y a las características nutricionales de la pulpa de café. En donde se realizó una caracterización fisicoquímica y nutricional de la pulpa de fruto de café maduro en las distintas etapas del proceso productivo, se desarrolló un producto alimenticio en base a los resultados anteriores y se realizó una validación mercadológica y operativa del producto alimenticio a base de la pulpa de fruto de café maduro con la finalidad de conocer si el proyecto es rentable y es viable llevarse a cabo.

## V. OBJETIVOS

### A. General

Desarrollar un producto alimenticio a base de la pulpa de fruto de café maduro (*Coffea arábica, bourbon*) que responda a las tendencias actuales del mercado.

### B. Específicos

1. Realizar la caracterización fisicoquímica y nutricional de la pulpa de fruto de café maduro (*Coffea arábica, bourbon*) en las diferentes etapas del proceso productivo de beneficio húmedo.
2. Desarrollar un producto alimenticio basado en las tendencias del mercado y las características fisicoquímicas y nutricionales evaluadas en la pulpa de fruto de café maduro (*Coffea arábica, bourbon*).
3. Realizar la validación mercadológica y operativa del producto alimenticio desarrollado a base de la pulpa de fruto de café maduro (*Coffea arábica, bourbon*).

## VI. METODOLOGÍA

Esta investigación consistió en desarrollar de un producto alimenticio a base de la pulpa de fruto de café maduro (*Coffea arábica, bourbon*) que responda a las tendencias actuales del mercado. Las muestras de café en las diversas etapas del proceso productivo se recolectaron de la finca Bella Vista Coffee ubicada en Antigua Guatemala y la parte experimental del trabajo se llevo a cabo en la Universidad del Valle de Guatemala. Para este estudio se implementaron métodos cuantitativos y cualitativos para alcanzar los objetivos propuestos.

### A. Identificación de proceso y puntos de muestreo

Se realizó una visita a la finca de café húmedo café maduro (*Coffea arábica, bourbon*) para conocer e identificar el proceso de producción de café y a su vez establecer los puntos de muestreo a lo largo del proceso y próximos análisis. Los puntos de muestreo se establecieron en las etapas del proceso en donde el fruto de café presentaba un cambio físico o un cambio en la estructura de sus capas.

### B. Cálculo de cantidad de muestra

Se realizó un cálculo aproximado de la muestra requerida por cada una de las etapas de muestreo establecidas para llevar acabo la caracterización fisicoquímica y proximal. Se asumió el uso de 1 kg de muestra por etapa para llevar a cabo un grupo de duplicado; por etapa se realizaran 2 grupos de duplicado para mayor certeza en los resultados.

Por otro lado, se recolecto una cantidad aproximada de muestra de pulpa de café en las etapas críticas para el de un producto alimenticio a base de la pulpa de fruto de café maduro (*Coffea arábica, bourbon*).

### C. Métodos de toma de muestra

Se realizó la toma de muestra de los puntos de muestreo establecidos en la visita de la finca por medio de palas y cubetas; las muestras se almacenaron en bolsas plásticas con cierre en pequeñas cantidades luego fueron colocadas de manera ordenada en cajas plásticas con tapadera etiquetadas de acuerdo con la etapa del proceso y el análisis correspondiente.

Las muestras se transportaron en carro hasta la planta piloto de la Universidad del Valle de Guatemala por 3 horas. Luego se llevó a cabo una limpieza de las muestras en donde el fruto y la pulpa fueron sometidos a una limpieza con agua y el resto de las muestras se eliminó partículas extrañas (Piedras y hojas). Por último, fueron almacenadas en pequeñas cantidades a temperaturas de congelación a  $-16^{\circ}\text{C}$  para su conservación.

## D. Análisis fisicoquímicos de las muestras

Para su conservación, las muestras se almacenaron en congelación, por lo que, previo a los análisis, las muestras se descongelaron a temperatura ambiente 24 horas previas a su uso.

### 1. Humedad

Método AOAC pérdida de humedad en horno convencional. Se pesarán 10g de muestra y se colocaran en un horno convencional a  $60^{\circ}\text{C}$  toda la noche; al día siguiente se colocará la muestra en una desecadora hasta alcanzar la temperatura ambiente y se pesará nuevamente. Resultado se expresará en porcentaje.

### 2. pH

Se procesó 10g de pulpa y disolverán en 10ml de agua, se realizó una medición directa con un potenciómetro calibrado previamente.

## E. Análisis proximal de las muestras

### 1. Grasa

Se utilizó el método AOAC Soxhlet 922.06 2005

Se pesó 5 g de muestra seca y molida en papel filtro formando un pequeño cuadrado de manera de sobre. Previamente se pesaron los recipientes especiales de Soxhlet donde se agregó 175ml de hexano.

Se colocó en cámara de Soxhlet y se enciende el equipo. La extracción de las grasas se tardó 5 horas. Pasado el tiempo se dejan los recipientes al aire libre cubierto con papel aluminio con agujeros para evaporar el solvente restante. Los resultados se expresaron en porcentaje.

## 2. Fibra cruda

Se utilizó el método de digestión AOAC 962.09E 2005

Se pesó 1g muestra seca molida y desgrasada con 200 ml de ácido sulfúrico (1.25%). Se llevó a ebullición en el digestor por media, luego se filtró con manta mientras se agregaba agua destilada caliente hasta neutralizar. El residuo se regresó al beaker y se agregó 200ml de NaOH (1.25%) y se llevó a ebullición por media hora, se filtró y se lavó con agua destilada caliente hasta neutralizar.

El residuo lavado se colocó en crisoles de vidrio con fondo poroso debidamente identificados y se llevó al horno a temperatura de 60°C 24 horas. Al día siguiente se pesaron y se anotó el peso. Finalmente se llevaron los crisoles a la mufla a 550°C por 3 horas. Cuando estén a temperatura ambiente se pesaron. Los resultados se expresaron en porcentaje.

## 3. Proteína total

Se utilizó el método Kjeldahl AOAC 950.152 2005

Se pesó 0.25 g de muestra y se colocaron dentro de un trozo de papel encerado. Se colocó en el sistema de Kjeldahl hasta que el residuo quedo cristalino. El residuo cristalizado se disolvió en 275 ml de agua destilada. Se colocaron los balones en el aparato destilador y se agregó NaOH 10N y 10ml de ácido bórico con rojo de metilo. Se tituló con HCl 0.1N. Los resultados se expresaron en porcentaje.

## 4. Cenizas

Se utilizó el método de calcinación en mufla AOAC 900.02 A-B 2005

Se pesó 1 g de muestra en un crisol de porcelana con tapa. Se colocó en una estufa eléctrica hasta que la muestra ya no emitió humo. Luego se pasó a la mufla a 600°C por 3 horas. Se colocó en desecadora hasta que se enfrió y se pesó. Los resultados se reportaron como porcentajes.

## 5. Carbohidratos

Se realizó por diferencia. Se restará del 100% la humedad, grasa, proteína y cenizas.

Al finalizar con el proceso de prototipado conceptual, iteraciones de la formulación y análisis sensorial de aceptación del producto se repitieron los análisis fisicoquímicos y proximales para la muestra de brownie a base de pulpa de café.

## F. Validación mercadológica

### 1. Estudio de mercado

Se realizó una revisión en diversas fuentes de internet y herramientas digitales, como internet, redes sociales, páginas de compra en línea; para estudiar los productos con esta materia prima. Proceso se llevó a cabo para el mercado nacional e internacional.

### 2. Establecimiento de elementos de entrada para establecer el producto

Se realizó una lluvia de ideas individual con ponderación de las diferentes posibilidades del producto a desarrollar en base a los análisis fisicoquímicos y el estudio de mercado realizado con anterioridad por parte del investigador.

La sumatoria de los parámetros evaluados en una escala de 1 a 10, donde la ponderación 1 es la nota más baja y 10 la ponderación del parámetro ideal brindó la ponderación de las ideas. Los parámetros evaluados por idea fueron la cantidad de materiales requeridos, facilidad de compra de materiales, tiempo de procesamiento, facilidad de incorporación de la pulpa de café, posible grupo objetivo, innovación, vida útil, competencia actual, consumo actual de un producto similar y facilidad de exportación. La ponderación se realizó por parte del investigador evaluando los parámetros previamente mencionados por diversas investigaciones, información en línea y versatilidad de conseguir el material en el supermercado. Se llevo a cabo la idea con la ponderación más alta.

### 3. Prototipado conceptual y validación del mercado

Se realizó una encuesta para conocer la opinión del mercado objetivo acerca de la idea de producto seleccionada previamente; la encuesta se encontró conformada con preguntas respecto a la razón de consumo y las características que buscaban en las barras de cereal respecto a tamaño, versatilidad de transporte y consumo. Respecto a las características funcionales y sensoriales del producto se realizaron preguntas sobre su preferencia en consumir brownies elaborados con premezcla o elaborados desde cero, textura, sabor, presencia o ausencia de ingredientes adicionales como nueces o chispas de chocolate, presencia o ausencia de capa externa de chocolate. Por último, se preguntó sobre cuanto estarían dispuestos a pagar por este producto y si consumirían una barra de brownie con

características similares a una barra de cereales respecto a su tamaño y facilidad de consumo y transporte.

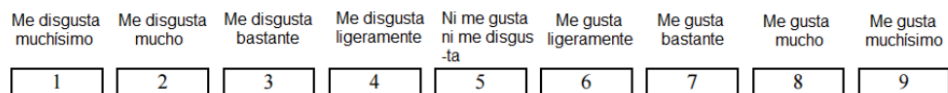
La encuesta se realizó por medio de la plataforma de Google Forms (Ver sección de anexos) y se buscó tener respuesta de al menos 100 personas que sean consumidoras.

#### 4. Prototipado físico y las iteraciones

Se llevó a cabo una formulación base con 100% harina de trigo en base a las características esperadas del producto en el prototipado conceptual para luego ser evaluada por grupo focal de 10 personas para conocer su opinión sobre la formulación. Al tener la formulación establecida se inició a realizar las iteraciones de la formulación con diferentes porcentajes de harina de pulpa de café, pulpa de café deshidratada y harina de trigo evaluando cada iteración a un grupo focal de 10 personas para tomar en cuenta las áreas de mejora, comentarios, opiniones y sugerencias respecto a la formulación. En caso en que los resultados no fueran los esperados se continuó iterando la formulación modificando únicamente los porcentajes de pulpa de café deshidratada, harina de pulpa de café y harina de trigo. Por último, se seleccionaron 3 iteraciones de formulación en donde se obtuvieron mejores resultados en el grupo focal; se les brindó a los miembros del grupo focal que evaluaran cada muestra y colocaran en un papel el número que más les gusta respecto a sabor, color y textura.

Por consiguiente, se llevó a cabo un panel sensorial de aceptación con la formulación seleccionada previamente con una escala hedónica de evaluación de 9 puntos; se requirieron mínimo 100 panelistas que sean consumidoras de este tipo de producto para evaluar la aceptación de este por parte del mercado objetivo.

Figura 12. Escala de 9 puntos a utilizar en las diferentes iteraciones del panel sensorial.



Al finalizar el panel sensorial se obtuvo un promedio de cada parámetro evaluado del producto por parte de los consumidores en donde si la ponderación promedio de cada uno de los parámetros era 7.5 el producto no tendría modificaciones. Por último, se realizó un diagrama de araña para presentar los resultados.

En caso la ponderación promedio sea menor a 7.5 se iba a continuar iterando el producto.

## G. Análisis estadístico

Se llevó a cabo un ANOVA con una significancia de 0.05 para comparar los resultados obtenidos del análisis proximal de las diferentes etapas de muestreo y determinar si el contenido de carbohidratos, proteína, grasa, fibra cruda y humedad poseen diferencia significativa entre las etapas del proceso. Para este análisis se utilizó valor-p obtenido por el programa RStudio.

El análisis estadístico de los resultados obtenidos por medio de las diferentes iteraciones del producto del análisis sensorial se llevó a cabo luego de realizar una limpieza de la base de datos. Se utilizó la herramienta de Excel para calcular el promedio y desviación estándar de los atributos evaluados en el panel sensorial de aceptación (Sabor, aroma, textura, aceptación general).

## H. Estudio de la demanda

De acuerdo con el producto seleccionado se llevó a cabo un estudio de la demanda del producto seleccionado y de productos similares. Este estudio se hizo mediante investigación bibliográfica de demanda del producto en el mercado nacional e internacional como cámara de comercio, Ministerio de Economía de Guatemala, tasa de crecimiento de productos de galletería y pastelería; luego se buscó información sobre la tasa de ventas de productos similares por marcas líderes de mercado y consumo per cápita por persona. Luego de conocer la información anterior se prosiguió a buscar información sobre la demanda de producción de pequeñas empresas al lanzar productos de la misma categoría para definir con ello la demanda inicial. Por último, al tener la demanda inicial anual se estableció la cantidad de unidades a producir por hora, día, mes y semana de acuerdo con la cantidad de turnos y días laborales.

## I. Validación operativa

Se llevó a cabo el diseño de proceso en donde se tomó en cuenta el proceso realizado en la planta piloto de la Universidad del Valle de Guatemala, los tiempos del proceso, el análisis de flujo de materiales y análisis de flujo de proceso. Luego se analizó cada uno de los factores para llevar a cabo un diagrama de flujo de ingeniería con el equipo y personal requerido en cada una de las etapas. Se prosiguió con la búsqueda por medio de internet de los equipos para satisfacer la demanda establecida; se buscó información sobre dimensiones, capacidades del equipo y costo. Para finalizar con la estimación del tamaño

de la planta se utilizó el método de Guerchet y se comparó la estimación del tamaño de la planta con procesos manuales contra la estimación del tamaño de la planta con procesos automatizados.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación consistió en desarrollar de un producto alimenticio a base de la pulpa de fruto de café maduro (*Coffea arábica, bourbon*) que responda a las tendencias actuales del mercado.

### A. Identificación puntos de muestreo

Cuadro 4. Puntos de muestreo del proceso de producción de café (*Coffea Arábica, bourbon*)

No. etapa del proceso	Muestra
1	Fruto limpio
2	Grano con mucílago
3	Pulpa
4	Grano sin mucílago
5	Café pergamino
6	Café oro
7	Cascabillo
8	Café tostado

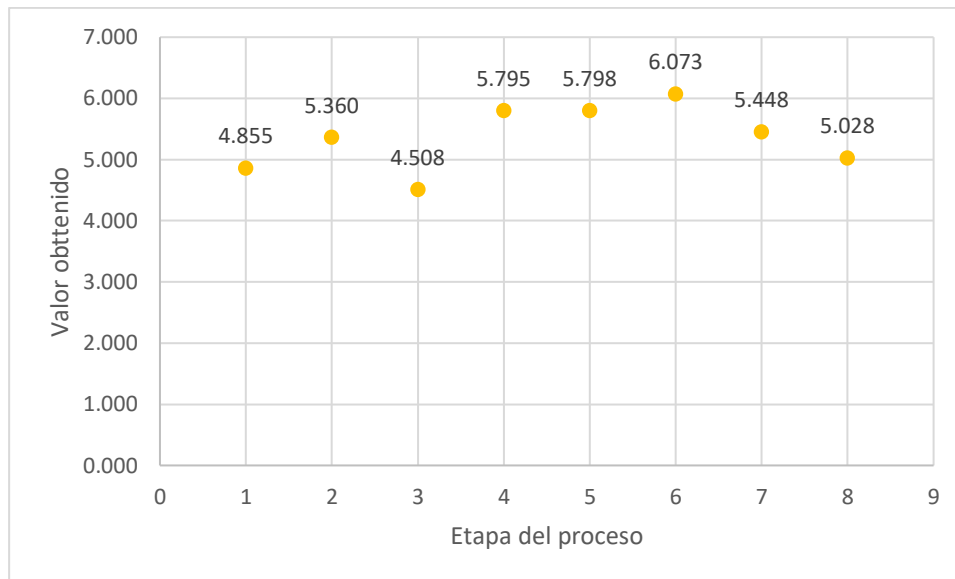
Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 4 se encuentran los 8 puntos de muestreo a lo largo del proceso de producción de café; siendo estos fruto limpio, el grano con mucilago luego del pulpero, la pulpa de fruto de café luego del pulpero, el grano de café luego del proceso de desmucilar, café pergamino secado en invernadero, café oro luego de proceso de trilla, cascabillo de grano de café y grano de café luego del proceso de tostado. Se establecieron dichos puntos de muestreo dado que en cada uno de ellos el fruto de café presentaba un cambio físico y en su estructura.

### B. Análisis proximal y fisicoquímico de las muestras de café (*Coffea arábica, bourbon*) en diversas etapas del proceso de producción

Luego de establecer los puntos de muestreo se evaluaron los 8 puntos por medio de análisis proximal y fisicoquímico para identificar oportunidades de desarrollo de producto futuros y disminuir con ello la contaminación ambiental y permitir que los ingresos retornen a la finca aprovechando cada uno de los residuos.

Figura 13. Comportamiento del pH promedio de las muestras de café (*Coffea arabica, bourbon*) en diversas etapas del proceso de producción.



Fuente: Elaboración propia con base en datos promedio de pH.

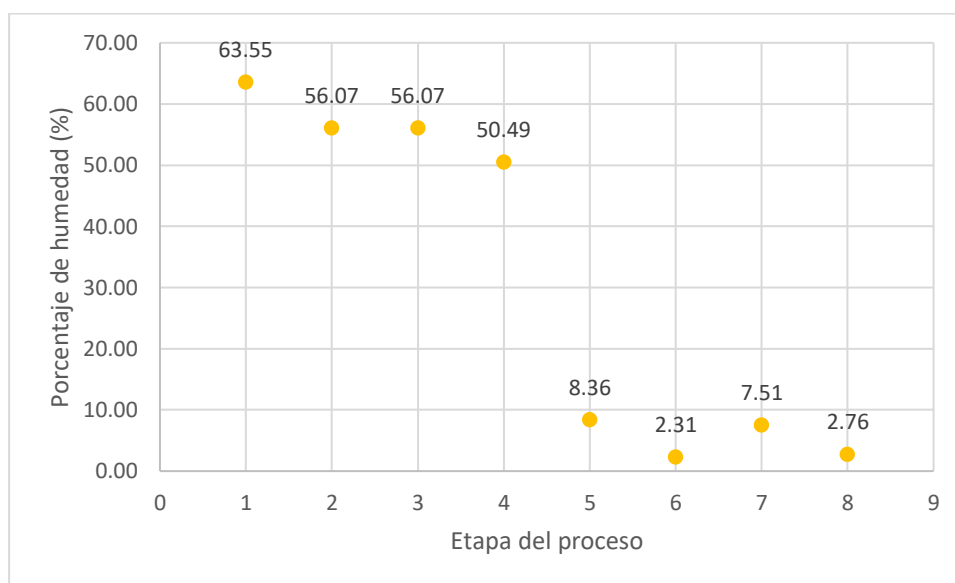
En la Figura 13 se encuentra el comportamiento de pH de las muestras de café a lo largo del proceso de producción. En esta figura se observa como las muestras de café en las diversas etapas de muestreo se encuentra entre 4.5 y 6.07 por lo que todas las muestras presentan un pH ácido. La muestra 1 correspondiente al fruto de café presento un pH de 4.86, de acuerdo con la literatura el pH se encuentra regularmente entre 5 y 6; sin embargo, este parámetro depende de acuerdo con la especie, condiciones de cultivo y proceso empleado. El pH del fruto de café es de suma importancia dado que representa a la acidez natural del fruto, además de ello esta acidez es una característica deseable dado que contribuye con el sabor y aroma del producto café (Consejo Salvadoreño del Café, 2020).

El pH de la pulpa de café es ligeramente ácido dado que se encuentra el rango de 4.5 y 5.5; dicho esto se indica que el pH promedio obtenido para la pulpa de café de 4.51 se encuentra dentro del rango reportado en la literatura, Cabe destacar que la acidez de la pulpa de café es una característica natural la cual depende de la variedad y especie del café, región de cultivo y de las condiciones de cultivo. De igual forma que el fruto de café, la acidez de la pulpa contribuye a la acidez del grano y con ello con la calidad del café (Consejo Salvadoreño del Café, 2020.; Días y Perdomo, 2015.; Días, 2011).

La muestra que presento un nivel de pH superior fue el café oro o café verde con un pH de 6.07; el café verde de acuerdo con la literatura presenta un pH ligeramente ácido entre un rango de 5 y 6 y de igual manera que la pulpa de café el pH influye en la acidez y en el perfil de sabor del café. Asimismo, se observa que luego del proceso de tostado el café

disminuye su valor de pH a 5.03; esta disminución del pH se debe a que a lo largo del proceso de tostado ocurren diversas reacciones químicas como reacción de Maillard, formación de compuestos ácidos y degradación de ácidos orgánicos los cuales impactan en el pH (Consejo Salvadoreño del Café, 2020.; Cenicafé, 2012.; Días y Perdomo, 2015).

Figura 14. Comportamiento del porcentaje de humedad de las muestras de café (*Coffea arabica*, *bourbon*) en diversas etapas del proceso de producción en base seca.

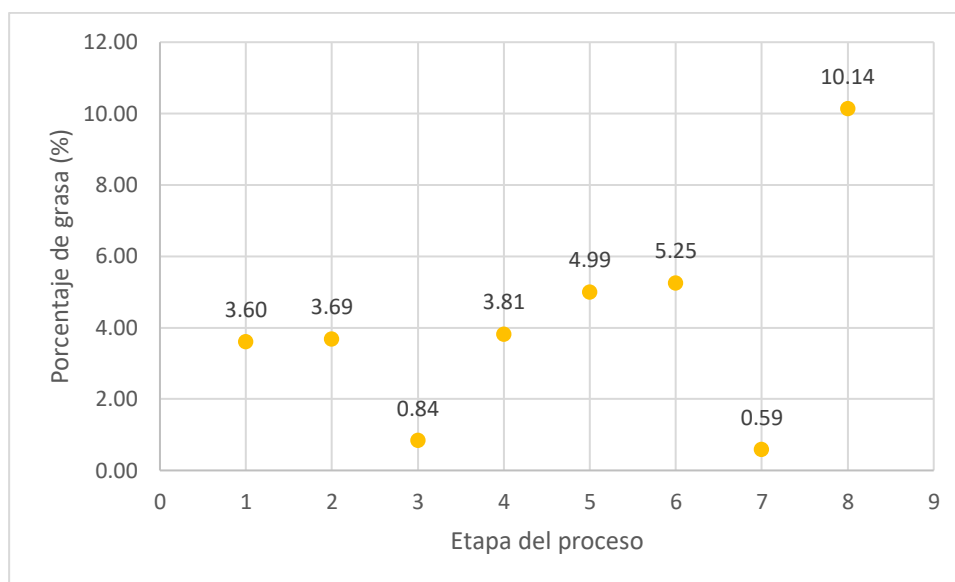


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 14 se encuentra el comportamiento de humedad en base seca de las muestras de café a lo largo del proceso de producción; el parámetro de humedad de igual manera que la materia seca es de suma importancia su determinación dado que contribuye a determinar el valor nutritivo del alimento. La humedad nos indica la cantidad de agua disponible en el alimento; este parámetro influye de gran manera en la estabilidad de los alimentos a lo largo de su vida útil y almacenamiento que puede favorecer el desarrollo y crecimiento de microorganismos (Sánchez y Mendieta, 2000, Fon y Zumbado, 2019.; Badui, 2020).

En esta figura se puede observar que el porcentaje de humedad de las muestras a lo largo del proceso presenta un comportamiento decreciente, esto se debe a que conforme al paso de las etapas del proceso productivo el café sufre modificaciones en su estructura dado que se eliminan las capas que cubren el grano como el exocarpio (Etapa 2 del proceso) y mesocarpio (Etapa 3 del proceso). Asimismo, el café es sometido a un proceso de secado el cual consiste en reducir el contenido de agua del grano para evitar el deterioro de este (Osorio *et al* 2022.; Badui, 2020.; Jilapa y Tuny, 2019).

Figura 15. Comportamiento del porcentaje de grasa de las muestras de café (*Coffea arabica, bourbon*) en diversas etapas del proceso de producción en base seca

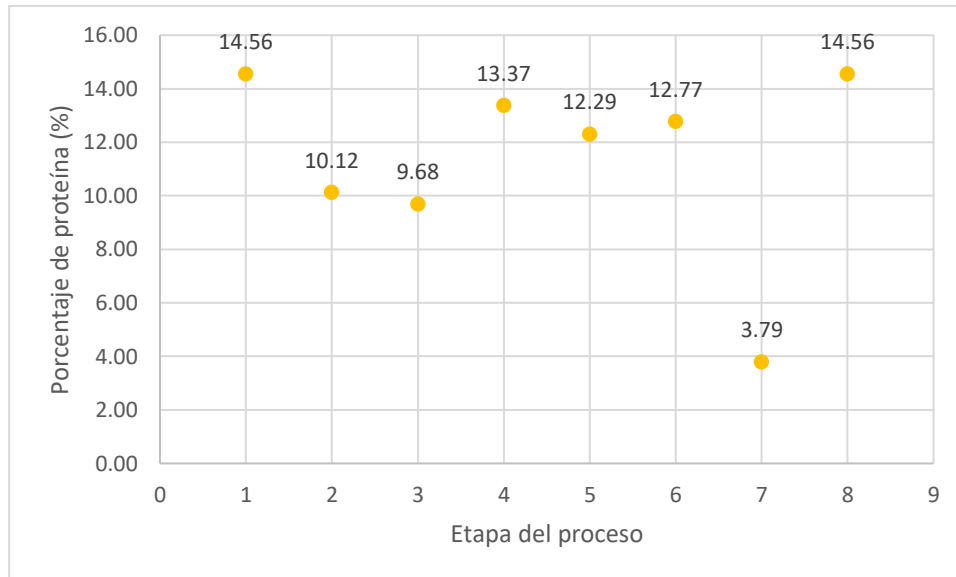


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 15 se observa el comportamiento de grasa en base seca de las muestras de café a lo largo del proceso de producción. En esta figura se puede observar que de la etapa 1 a la 7 del proceso productivo del café el porcentaje de grasa se encuentra cercano entre sí, sin embargo, se observa que la muestra 8 correspondiente al café tostado presenta un mayor porcentaje de grasa (10.14%) debido a los aceites esenciales que se encuentran en los granos de café los cuales son los responsables del aroma y del sabor del café. De acuerdo con diversas investigaciones el grano de café tostado presenta un contenido de grasa de 10 al 20%, se observa que la muestra evaluada se encuentra dentro del mínimo establecido, sin embargo, esto se debe a que el contenido de grasa en granos de café depende de la variedad y del método de tostado empleado (Badui, 2020.; Madrigal, 2020.; Chuga, 2018)

Las grasas con compuestos orgánicos que se encuentran de manera natural y cumplen funciones biológicas, nutricionales y de calidad en los alimentos. De igual manera se conoce que el fruto de café y sus capas poseen un bajo contenido de grasa en comparación a otros componentes, sin embargo, se observa a lo largo de las etapas del proceso que si existe contenido de grasa. El contenido de grasa mencionado con anterioridad se encuentra presente en las diversas capas del fruto de café dado al procesamiento que se realiza en los beneficios, esto se debe a que las grasas se encuentran en el grano y en el proceso de separación una cantidad de lípidos queda atrapa en ella (Badui, 2020.; Madrigal, 2020.; Prieto, 2002)

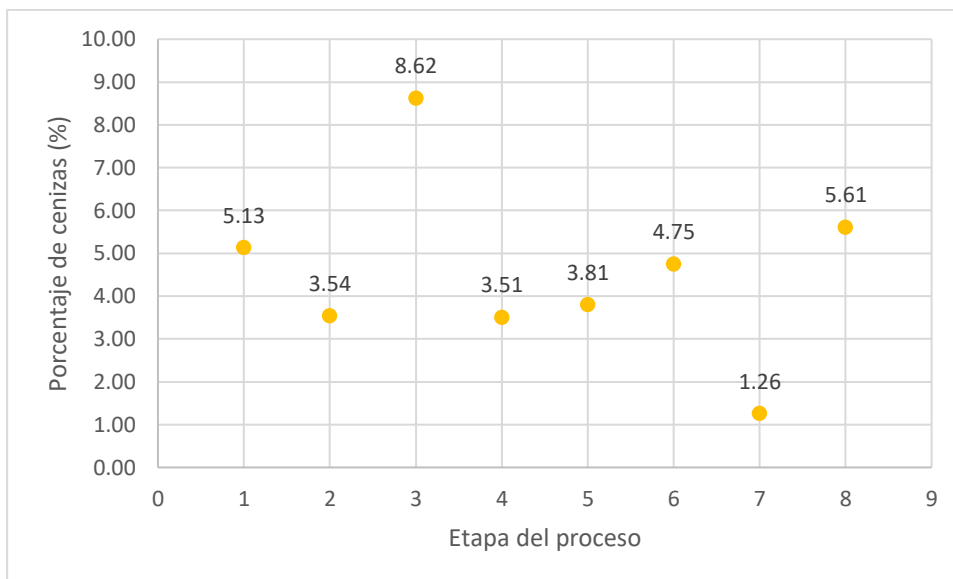
Figura 16. Comportamiento del porcentaje de proteína de las muestras de café (*Coffea arábica, bourbon*) en diversas etapas del proceso de producción en base seca



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 16 se observa el comportamiento de proteína en base seca de las muestras de café a lo largo del proceso de producción. En esta figura se observa que el porcentaje de proteína entre las etapas del procesamiento no presenta variación entre sí con excepción a la etapa 7 que corresponde al cascabillo, los granos de café luego del proceso de secado presentan una capa fina y delgada denominada cascabillo a la cual no se le transfiere ningún contenido de proteína. El contenido de proteína en el fruto de café se considera bajo en comparación a otras fuentes de proteína, sin embargo, la parte del fruto que posee la mayor composición de proteína es el grano. El grano tostado obtuvo un porcentaje de proteína de 14.56%, de acuerdo con la literatura los granos de café contienen alrededor de 10 al 12% de proteína en base seca sin embargo este contenido depende de acuerdo con las condiciones de cosecha como el tipo de suelo, el clima y las prácticas agrícolas. (Salazar, 2009.; García, 2016.; Suarez, 2018., Terrón y Maldonado, 2020)

Figura 17. Comportamiento del porcentaje de cenizas de las muestras de café (*Coffea arabica, bourbon*) en diversas etapas del proceso de producción en base seca

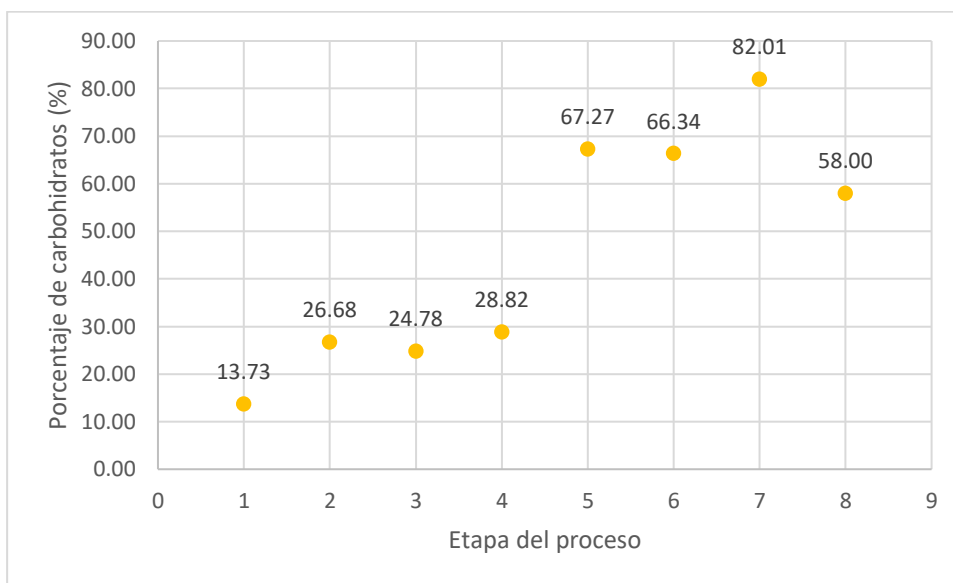


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 17, se encuentra el comportamiento de las cenizas en base seca de las muestras de café a lo largo del proceso de producción. Las cenizas en el café sirven como un parámetro para conocer la cantidad de minerales que se encuentran en el suelo en el cual se cultivó la planta de café, de igual manera la composición de cenizas no es la misma en todos los beneficios de café dado que esta composición depende de la especie, región del cultivo, condiciones climáticas y el procesamiento. En la figura antes mencionada se puede observar fluctuaciones en el contenido de cenizas en las diversas etapas del proceso, esto se atribuye a que en las diversas etapas el café es sometido a diversos procesos como lavado en donde pueden perderse materia inorgánica (Ponce, 2018.; Morales y Ramos, 2018.; Rojo, 2014.; Arenas, 2009).

Asimismo, se pudo observar que los dos parámetros con mayor contenido de cenizas fueron la pulpa de café con 8.62% y el fruto tostado con 5.61%; los resultados anteriores se apegan a la literatura, dado que se conoce que el contenido de cenizas de la pulpa de café oscila entre el 7 y 9% y para el grano de café oscila entre 4 y 6%. La pulpa de café presenta un mayor contenido de cenizas dado que se encuentra compuesta en gran proporción por material vegetal como lo son fibras y células que contienen minerales orgánicos; asimismo, en el caso del grano de café presenta un mayor contenido de cenizas saso en el proceso de secado se pierde agua y azúcares lo que concentra el contenido de minerales en el grano (Salazar *et al*, 2019.; Arenas, 2009.; Moreno *et al*, 2019)

Figura 18. Comportamiento del porcentaje de carbohidratos de las muestras de café (*Coffea arábica, bourbon*) en diversas etapas del proceso de producción en base seca

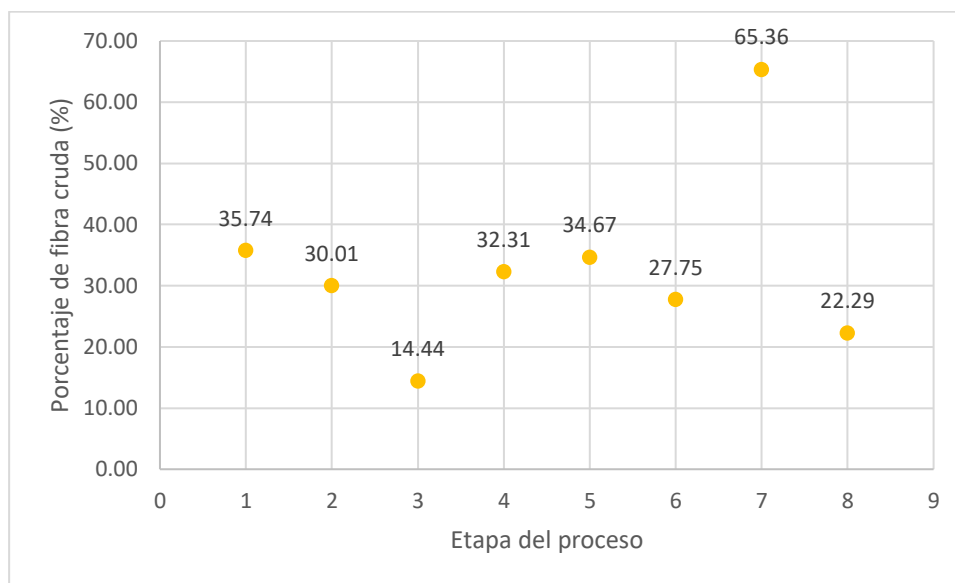


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 18, se encuentra el comportamiento de los carbohidratos en base seca de las muestras de café a lo largo del proceso de producción. En esta figura se observa variación en el contenido de carbohidratos a lo largo de las etapas, esto se debe a que el contenido de carbohidratos varía de la capa del fruto y de la etapa de desarrollo del fruto. Con estos resultados se observa que el cascabillo presenta una mayor composición de carbohidratos en comparación al grano y a la pulpa de café; esto se atribuye a que en el cascabillo se encuentra una mayor cantidad de carbohidratos complejos y de fibra. Además de ello el grano posee un menor contenido de carbohidratos en comparación al cascabillo por el proceso de tostado dado que en este proceso muchos de los azúcares presentes se descomponen (Salazar *et al*, 2019.; Terrón y Maldonado, 2020.; Chuga, 2018)

Se puede observar que la pulpa de café presenta 24.78% de carbohidratos el cual es un porcentaje bajo en comparación al cascabillo y grano de café; esto se debe a que la pulpa de café es rica en fibra, agua y azúcares por lo que no posee gran cantidad de carbohidratos totales. De acuerdo con la literatura el contenido de carbohidratos de la pulpa de café en base seca se encuentra entre 10 y 15%, sin embargo, el contenido de carbohidratos de la pulpa de café depende de factores como de la especie, condiciones de cultivo y grado de madurez de los frutos (Suarez, 2018.; Terrón y Maldonado, 2020; Arias y Meneses, 2016)

Figura 19. Comportamiento del porcentaje de fibra cruda de las muestras de café (*Coffea arábica, bourbon*) en diversas etapas del proceso de producción en base seca



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 19, se encuentra el comportamiento de la fibra cruda en base seca de las muestras de café a lo largo del proceso de producción en donde se observa que el contenido de fibra cruda no presenta variaciones entre si con excepción al cascabillo y la pulpa de café. El contenido de fibra cruda en el café se encuentra influenciado por diversos factores como la variedad del café, condiciones de cultivo y el proceso de procesamiento. Respecto al fruto de café se observa que presenta 35.74% de fibra cruda el cual su composición es una mezcla de diversos tipos de fibras como celulosa, hemicelulosa y pectina; el rango de fibra cruda en el fruto de café se encuentra entre 20 al 30% de acuerdo con lo establecido por la literatura por lo que se observa que se obtuvo un valor mayor a este rango, sin embargo, puede atribuirse a los factores antes mencionados (Suarez, 2018., Terrón y Maldonado, 2020.; Arias y Meneses, 2016)

En el caso de la pulpa de café se obtuvo un porcentaje de 14.44% respecto a la fibra cruda en donde composición se proviene de la pared celular de las células vegetales en la pulpa. De acuerdo con la literatura la pulpa de café oscila entre 10 y 20% de fibra cruda por lo que el valor obtenido se encuentra dentro del parámetro antes mencionado. En el caso del cascabillo se obtuvo un contenido de fibra cruda de 65.36%; de igual manera que la pulpa de café la fibra cruda presente en el cascabillo se obtiene por medio de la pared celular de las células vegetales sin embargo no presenta un uso en la industria de alimentos dado que es un carbohidrato complejo el cual no es digerible por los seres humanos (Suarez, 2018., Terrón y Maldonado, 2020.; Arias y Meneses, 2016).

Cuadro 5. Análisis de datos sobre diferencia significativa entre las muestras de café

<b>Parámetro</b>	<b>Valor-P</b>	<b>Resultado</b>
Humedad	0.00185	Sí hay diferencia entre las muestras
Grasa	0.47800	No hay diferencia entre las muestras
Proteína	0.64900	No hay diferencia entre las muestras
Cenizas	0.52500	No hay diferencia entre las muestras
Carbohidratos	0.00550	Sí hay diferencia entre las muestras
Fibra cruda	0.56000	No hay diferencia entre las muestras

Fuente: Elaboración propia.

Con base en los resultados de las 8 etapas del proceso establecidas se observó que existe diferencia significativa para los parámetros de humedad y carbohidratos dado que son los parámetros que presentan mayor cambio entre el proceso; por otro lado, los parámetros de grasa, proteína, cenizas y fibra cruda no presentan cambios significativos en la composición por lo que permanecen lineales a lo largo del proceso.



Se puede observar que la pulpa de café presento un porcentaje de humedad de 56.07%, 0.84% de grasa, 9.68% de proteína, 8.62% de cenizas , 24.78% de carbohidratos y 14.43% de fibra cruda: con base a lo anterior se establece que se cumple el objetivo de la investigación de elaborar un producto alimenticio a base de pulpa de café dado a los macronutrientes que se posee, a la vez la pulpa representa la mayor parte del fruto maduro por lo que al desarrollar un producto con esta materia prima se reduce la contaminación que las fincas y beneficios generan.

### C. Estudio de mercado

Ya que se tenía información sobre las características fisicoquímicas y nutricionales de la pulpa de café se inició con la búsqueda de productos a base de este subproducto en el mercado nacional e internacional de manera online para conocer con ello oportunidades. Con base en lo anterior los productos que destacan con los siguientes:

Cuadro 6. Estudio de mercado realizado en línea en el mercado nacional e internacional

Producto	Fotografía	Mercado
Harina de café		Internacional
Té de pulpa de café		Nacional/internacio nal
Dulces con relleno de pulpa de fruto de café		Internacional
Trufas con pulpa de café		Internacional
Granola con pulpa de café	Imagen no disponible	Internacional

<b>Producto</b>	<b>Fotografía</b>	<b>Mercado</b>
Barras con pulpa de café		Internacional
Confites (dulces duros)	Imagen no disponible	Internacional
Brownies con harina de café	Imagen no disponible	Internacional
Barras de chocolate con pulpa de café	Imagen no disponible	Internacional
Cerveza artesanal		Internacional
Mermelada	Imagen no disponible	Internacional

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó una revisión de fuentes de internet, redes sociales y uso de herramientas digitales para llevar a cabo el estudio de mercado nacional e internacional. En este estudio se buscó en diversas fuentes productos alimenticios para humanos en donde se utilizará la pulpa de café como materia prima. En el Cuadro 5 se observan los productos encontrados en sitios web, supermercados y redes sociales en donde se observó que existían 11 productos a base de pulpa de café alrededor del mundo en donde algunos eran comercializados actualmente. En estos productos se observó que mayoría de ellos eran en consistencia sólida y seca y únicamente la mermelada y cerveza de pulpa de café era un producto con características líquidas; se pudo inferir que existía mayor cantidad de productos secos con la finalidad de aumentar el tiempo de vida del producto y reducir el contenido microbiológico.

## D. Lluvia de ideas desarrollo de producto y ponderación de las mismas

Luego de estudiar las opciones del mercado nacional e internacional se llevó a cabo una lluvia ideas sobre los productos que podrían llevarse a cabo de acuerdo con las tendencias actuales del mercado y las características nutricionales obtenidas previamente para así establecer que producto alimenticio podría llevarse a cabo.

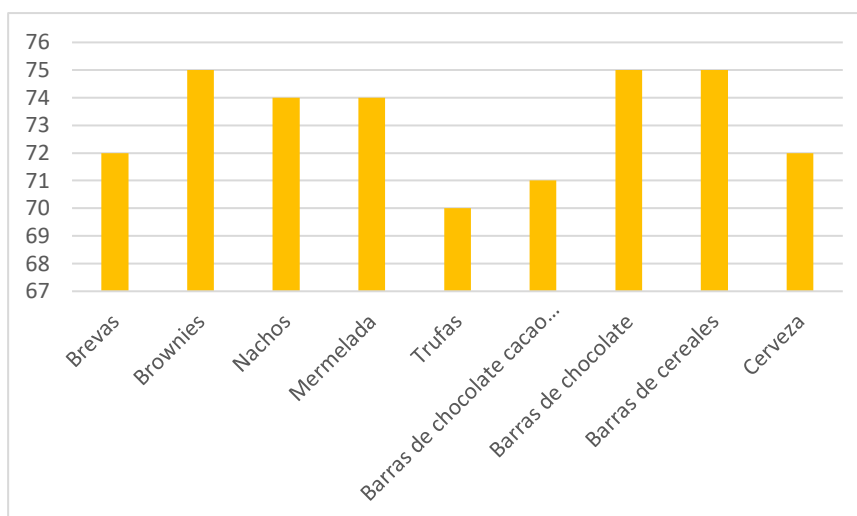
Figura 20. Lluvia de ideas desarrollo de producto



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el análisis de mercado realizado por herramientas digitales y diversas investigaciones nacionales e internacionales se llevó a cabo una lluvia de ideas de productos que pudieran ser directamente consumidos y no fuera un producto intermedio. En esta lluvia de ideas surgieron 8 ideas diferentes entre sí cuyos mercados objetivos, materias primas y procesamiento no eran similares.

Figura 21. Ponderación de ideas de desarrollo de producto



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la ponderación de ideas

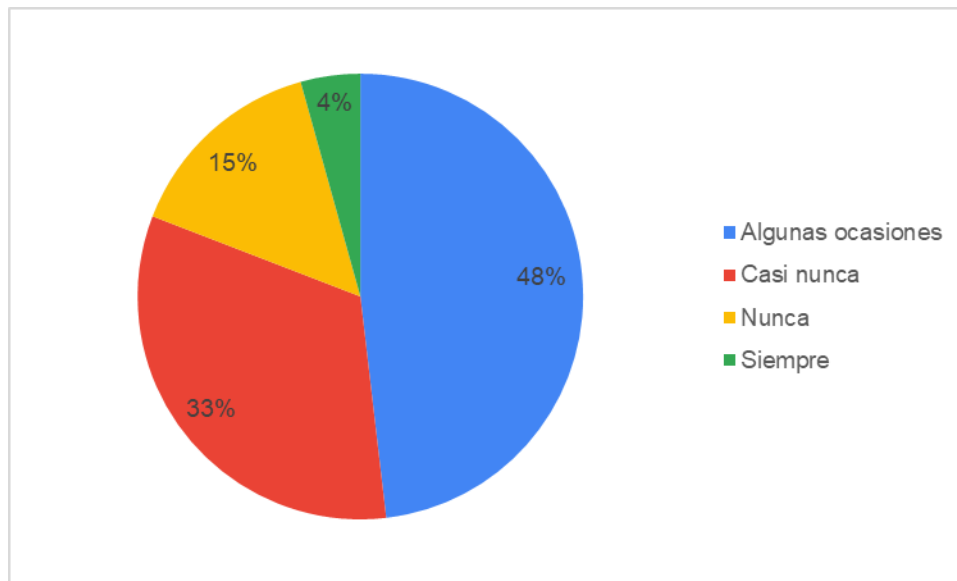
En la Figura 21 se encuentra la ponderación de ideas realizada en donde se evaluó cada idea en 10 diferentes categorías siendo estas categorías la cantidad de materiales requeridos, la facilidad de conseguir los materiales, el tiempo de procesamiento, la innovación, la competencia actual, el consumo actual de un producto similar, la facilidad de exportación, vida útil de producto y la facilidad de incorporar la pulpa de café en el producto y proceso. La ponderación se realizó por parte del investigador en donde se evaluaron cada uno de los productos en las categorías previamente descritas en una escala de 1 al 10.

En esta figura se observa que luego de la ponderación las ideas de productos de trufas, barras de chocolate elaboradas desde cero cerveza y pulpa de café en almibar presentaron la ponderación total menor debido a que en la ponderación correspondiente al público objetivo y tiempo de procesamiento obtuvieron una ponderación baja. A su vez, se observa que existió una ponderación total de 75 puntos en 3 productos (Brownies, barras de chocolate y barras de cereales) por lo que se estaría realizando un brownie con las características de versatilidad y practicidad de las barras de cereal.

## E. Prototipado conceptual y validación de mercado

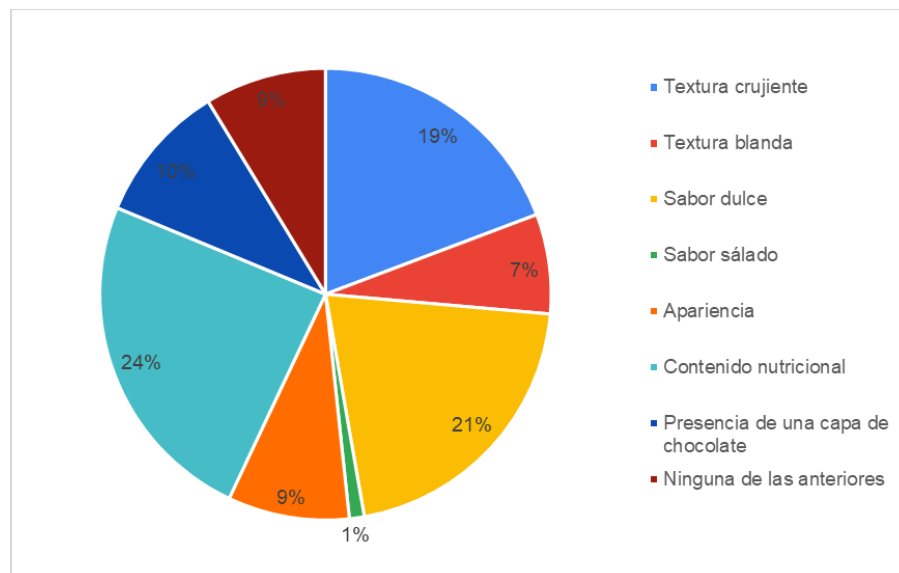
Luego de llevar a cabo una lluvia de ideas y definir el producto a desarrollar a base de pulpa de café por medio de la ponderación de ideas se prosiguió a realizar un prototipado conceptual con validación de mercado por medio de una encuesta para definir con ello las características esperadas por los consumidores.

Figura 22. Consumo de barras de cereales por 162 encuestados



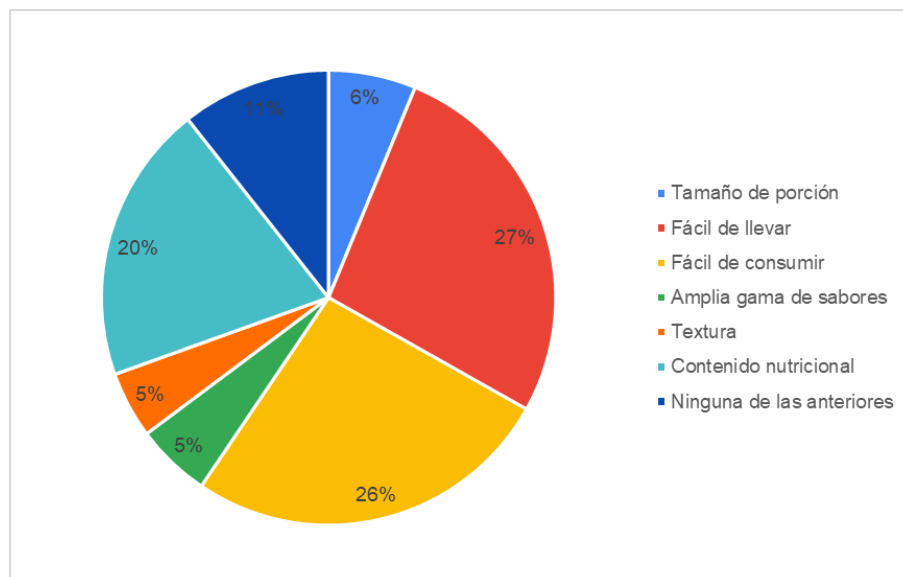
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta de estudio de mercado

Figura 23. Características buscadas en una barra de cereal por 162 encuestados



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta de estudio de mercado

Figura 24. Razón de consumo de las barras de cereales por 162 consumidores encuestados



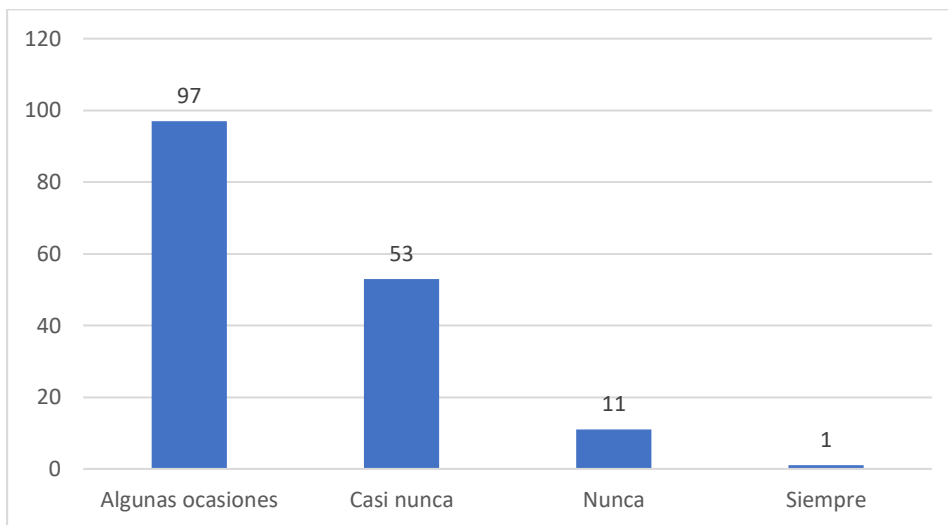
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta de estudio de mercado

De las Figuras 22 a la 24 se encuentran los resultados obtenidos en el prototipado conceptual y validación de mercado respecto a las razones de compra y consumo de barras cereales. En estos resultados se observa que el 52% de las personas consumen barras de cereales en algún tiempo de sus vidas en donde el 4% de las personas consumen siempre este tipo de producto. Las barras de cereales son productos que se consumen como colación o refacción, es decir entre comidas; en países como México las barras de cereal tienen un porcentaje de consumo del 15% debido a que el 98% de los hogares mexicanos poseen una vida ajetreada. Dado lo anterior, las industrias han optado en cubrir estas necesidades dado que es una gran área de oportunidad negocio, es por ello que han desarrollado productos de fácil consumo, empaque y transporte con la finalidad que la población pueda consumir estos tipos de productos fácilmente en el trayecto de sus casas a sus trabajos o escuelas (Juárez, 2020).

Por otro lado, se indagó sobre las razones de compra y consumo de este producto; en estos resultados se observó que la facilidad y versatilidad de consumo y transporte son las principales razones por las cuales las personas consumen este tipo de productos; esto se debe a que a pesar que los alimento tiene un impacto sobre la salud y bienestar de las personas en muchas ocasiones la población opta por consumir productos fáciles y rápidos de consumir por escasez de tiempo para comprar y cocinar en la actualidad (Revista El Universo, 2020-; Juárez, 2020).

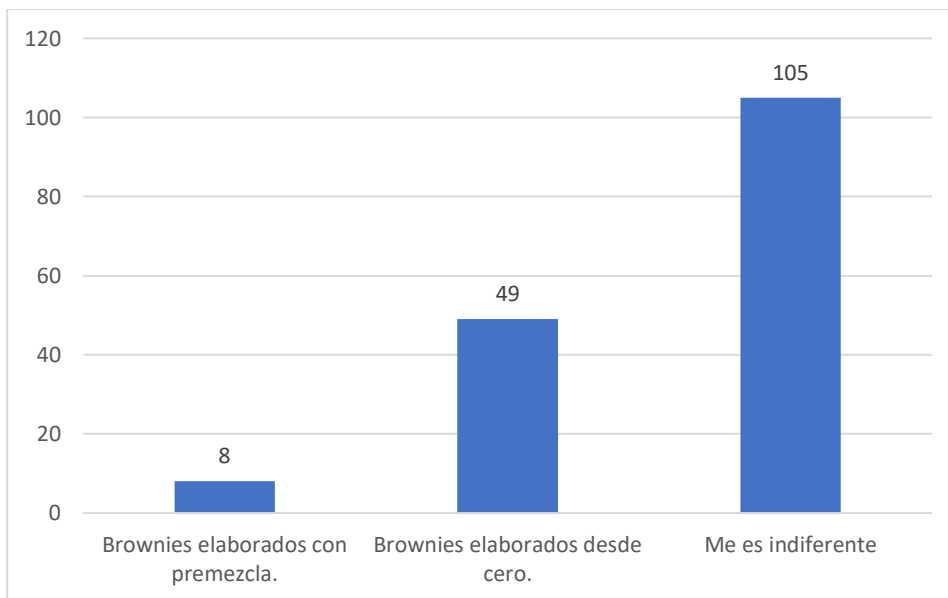
La tercera razón de consumo de barras de cereales es por el contenido nutricional con un 20%; se conoce que los cereales promueven una digestión adecuada además de ser un alimento de fácil transporte ya que no requiere una preparación. En la actualidad los consumidores se encuentran interesados en consumir alimentos con alto contenido de nutrientes para evitar el riesgo de padecer enfermedades crónicas no transmisibles o la obesidad (Revista El Universo, 2020.; Hernández *et al*, 2022).

Figura 25. Consumo de brownies por 162 encuestados



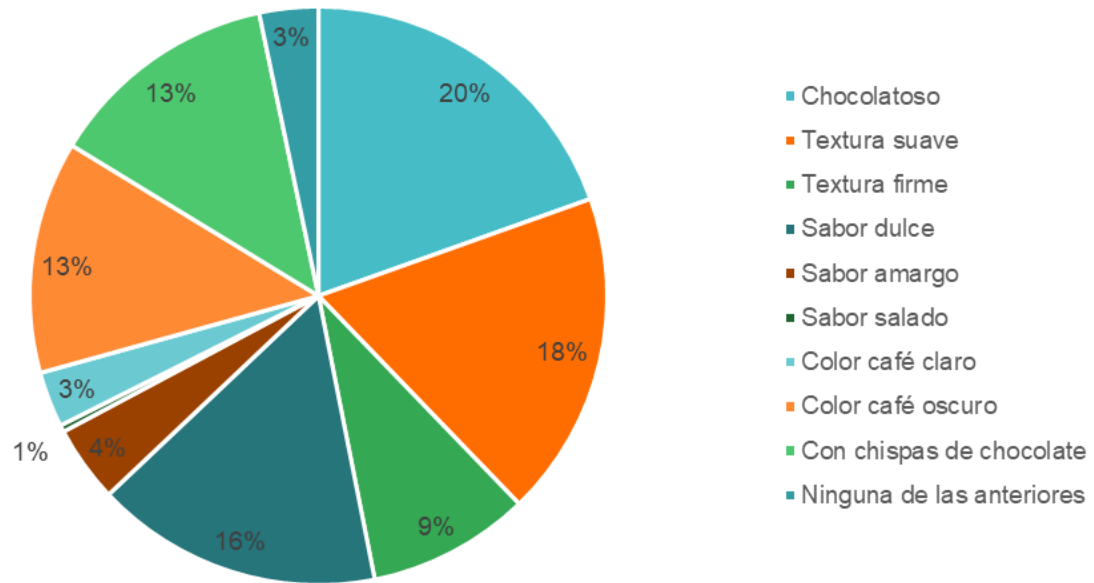
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta de estudio de mercado

Figura 26. Preferencia de consumo de brownies respecto a su proceso de elaboración



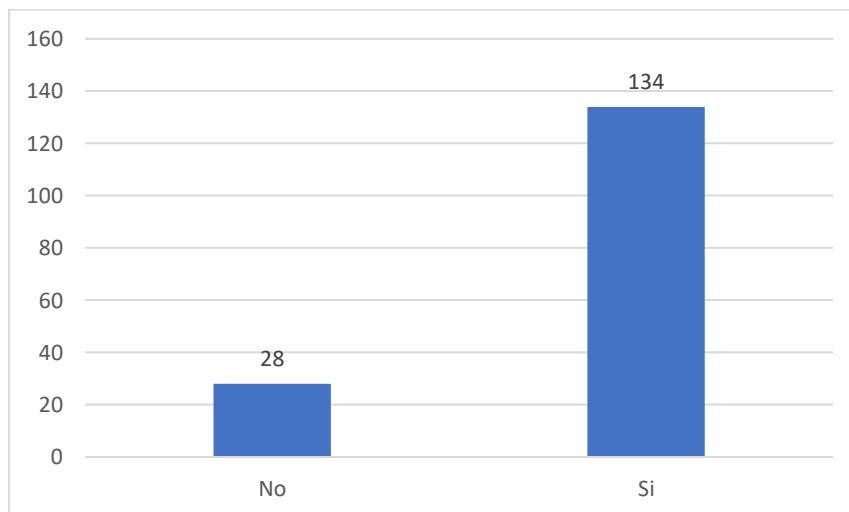
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta de estudio de mercado.

Figura 27. Características buscadas al momento de consumir un brownie por 162 consumidores



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta de estudio de mercado.

Figura 28. Respuesta ante el prototipado conceptual de una barra de brownie con características similares a una barra cereales por 162 consumidores



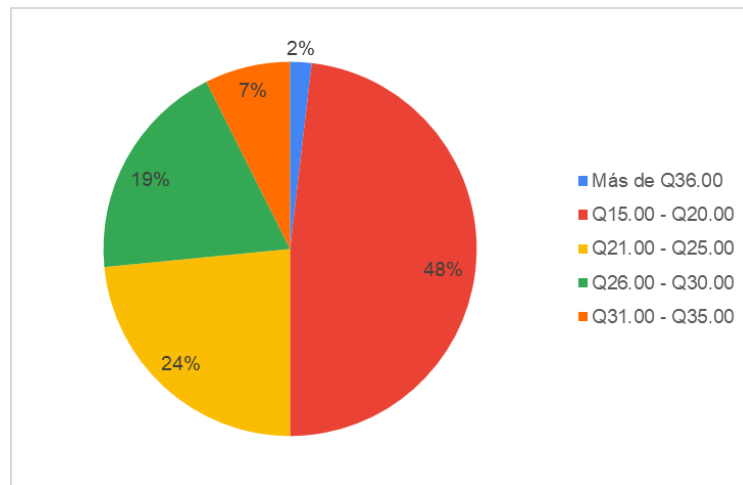
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta de estudio de mercado.

De las Figuras 25 a la 27 se encuentran las respuestas de los encuestados respecto a las características que buscan en un brownie de chocolate; en estos resultados se observa que el 59.9% de los encuestados en algunas ocasiones consume brownies y el 39.5% casi nunca o nunca consume este producto. En países como Colombia el consumo y comercialización de este producto presenta un crecimiento contundente en donde para finales del 2019 la comercialización de brownies se encontraba en un 16%. El consumo de brownies se ha encontrado en incremento dado que es un producto que puede ser consumido por personas de cualquier edad, raza y sexo; además que puede ser consumido como refrigerio y acompañamiento de una bebida con posibilidad de compra y venta en cafeterías, supermercados, restaurantes y panaderías (Serna y Cáceres, 2020).

Asimismo, en estos resultados se obtuvo información sobre el proceso de elaboración y características que buscan en este tipo de alimento (Figura 26). En estos resultados se observó que el 64.8% de las personas prefieren consumir brownies elaborados desde cero; este fenómeno se debe a que los consumidores en la actualidad se encuentran preocupados por su salud por lo que optan por consumir productos orgánicos, menos procesados y caseros con la finalidad de tener una alimentación sana. Cabe destacar que la preferencia de consumo de brownies caseros y brownies de premezcla es una decisión subjetiva para los consumidores dado que depende de los gustos, prioridades y calidad que busca cada uno (Farias, 2018).

En la Figura 27 se observan las características buscadas por los consumidores al momento de consumir un brownie; se pudo observar que los consumidores prefieren un brownie chocolatoso, sabor dulce, con textura suave, color café oscuro y con chispas de chocolate. Las características que cada uno de los consumidores buscan en los brownies es subjetiva dado que depende según sus patrones de consumo e historial de consumo de este producto; sin embargo, este producto es versátil dado que puede tener una textura pastosa, gomosa o crujiente, con presencia o ausencia de sabor chocolatoso con variedad de formas de acuerdo con las preferencias de cada consumidor. En base a estos resultados se llevó a cabo la búsqueda de una formulación que cumpliera con las características buscadas por los 162 consumidores (Liñan, 2019).

Figura 29. Precio dispuesto a pagar por una barra de brownie con características similares a una barra de cereales.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta de estudio de mercado

Por último, en la Figura 29 se encuentra el precio dispuesto a pagar por una caja de 6 unidades de brownies con características similares a una barra de cereales respecto a su tamaño y facilidad de consumo y transporte. En estos resultados se observó que el 48% de las personas se encuentran dispuestos a pagar entre Q15.00 y Q20.00 y el 24% se encuentra dispuesto a pagar entre Q21.00 y Q25.00; de acuerdo con los precios de supermercados de Guatemala las barras de cereal presentan un precio entre Q10.00 y Q25.00 por lo que el precio que los consumidores se encuentran dispuestos a pagar se encuentra dentro del rango del precio de venta de productos similares.

Asimismo, cabe destacar que la decisión de compra de un producto en base al precio se encuentra directamente influenciado por los patrones de consumo y los ingresos en el hogar por lo que este producto se encuentra dirigido a un sector de la población medio y medio-alto. De igual manera, al ser un producto elaborado a partir de los residuos de un beneficio de café el costo de la materia prima como la pulpa de café es bajo por lo que permite modificar el precio de venta.

## F. Desarrollo del producto

Luego de llevar a cabo el prototipado conceptual y validación del mercado para un brownie elaborado a base de pulpa de café y conocer las características físicas y sensoriales esperadas por el consumidor se prosiguió a llevar a cabo el desarrollo de producto junto con sus iteraciones.

## 1. Análisis proximal, granulométrico y proceso de producción de harina de pulpa de café

En el Cuadro 7, se presentan los resultados del análisis proximal de harina de pulpa de café respecto a la humedad, grasa, proteína, cenizas, fibra cruda y carbohidratos; a su vez se encuentra la actividad de agua obtenida del producto.

Cuadro 7. Análisis proximal y actividad de agua obtenido para la harina de pulpa de café

<b>Parámetro</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>
Actividad de agua	0.28	0.02
Humedad (%)	6.24	0.20
Grasa (%)	1.52	0.05
Proteína (%)	9.49	0.15
Cenizas (%)	7.54	0.07
Carbohidratos (%)	75.21	0.07
Fibra cruda (%)	7.41	0.12

Fuente: Elaboración propia.

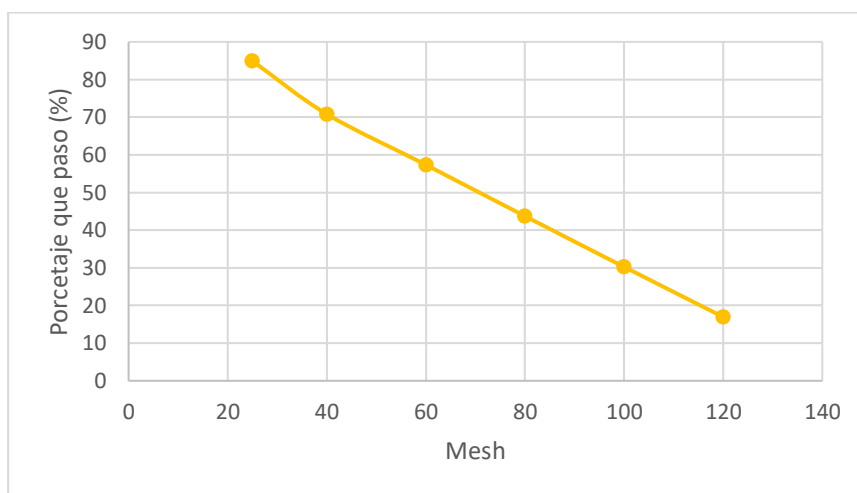
El contenido de humedad de la harina de pulpa de café fue de 6.24% y la actividad de agua fue de 0.28; los parámetros de contenido de agua y humedad son parámetros que se encuentran relacionados entre sí y se ven influenciados en la estabilidad del producto por lo cual se indica que el riesgo de crecimiento de microorganismos, bacterias y hongos es mínimo. Además de ello se establece que la harina de pulpa de café puede ser libremente comercializada dado que posee un contenido de humedad menor al 15% (Badui, 2020.; Hernández, 2019).

Por otro lado, se observó que la harina de pulpa de café presenta un alto contenido de carbohidratos (75.21%), proteína (9.49) y fibra cruda (7.41%); de acuerdo con la literatura se observa que el contenido del análisis proximal se encuentra dentro de lo establecido por la literatura sin embargo existe diferencia con otros estudios que reportan un contenido de carbohidratos de 66.3%, 11.4% de proteína y 8.4% de fibra cruda. Esta variación se atribuye a que el contenido del análisis proximal depende de la especie del fruto, del procesamiento, del manejo y almacenamiento de la muestra. Los carbohidratos en los alimentos como la harina de pulpa de café afectan en la textura y consistencia de los

alimentos ya que actúan a como agentes espesantes; además de ello actúan como retenedores de humedad por lo que contribuye a mejorar la vida útil de los productos elaborados con la harina de pulpa de café (García, 2019.; Badui, 2020.; Madrigal y Chavarría, 2020.; Hernández, 2019).

Con respecto al contenido de grasa se obtuvo una composición de 1.52%; de acuerdo con la literatura la harina de pulpa de café presenta un contenido de grasa entre el 1 y 5% por lo que se encuentra dentro de los parámetros establecidos; cabe destacar que el contenido de grasa de la harina de pulpa de café se encuentra influenciado por a especie, proceso productivo, método de análisis y manejo de la muestra. El contenido de grasa en los alimentos influye en el comportamiento del producto, en la calidad y parámetros nutricionales del alimento; además de ello el contenido de grasa del alimento influye en la textura, sabor, color y aroma de los alimentos (Badui, 2020.; Hernández, 2019).

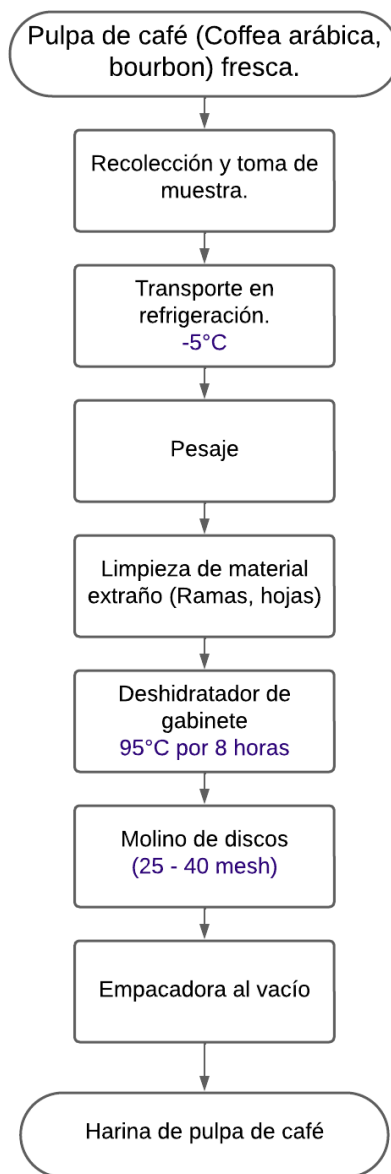
Figura 30. Análisis de granulometría de la harina de pulpa de café



Fuente: Elaboración propia en base al análisis de granulometría de la sección de anexos.

En la Figura 30 se encuentra el análisis granulométrico de la harina de pulpa de café; en esta figura se puede observar que la mayoría de la harina se encuentra entre el tamaño de mesh 20-40 que representa un tamaño de partícula bastante grande siendo de 0.708mm y 0.400mm respectivamente; esto es de suma importancia dado que el tamaño de partícula de las harinas simples o compuestas afectan de manera directamente proporcional en los alimentos principalmente en la textura de los alimentos. Dado que el tamaño de partícula posee una granulometría grande a lo largo del procesamiento se requiere mayor fuerza de mezclado tal como se observó en las iteraciones del producto (Dussán *et al*, 2019).

Figura 31. Diagrama de flujo de ingeniería del proceso para la elaboración harina de café (*Coffea arábica, bourbon*).



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 31 se observa el diagrama de flujo de ingeniería del proceso para la elaboración de harina de café (*Coffea arábica, bourbon*); en esta figura se encuentra el proceso para la elaboración de la harina de pulpa de fruto de café maduro en donde se detalla el proceso de producción desde la recepción y transporte de la materia prima hasta la obtención de la harina. En esta figura se observa las operaciones llevadas a cabo que consiste en la recolección y toma de muestras, transporte en refrigeración a  $-5^{\circ}\text{C}$ , pesaje, limpieza de materiales extraños por medio de lavado, proceso de deshidratación a  $95^{\circ}\text{C}$  por

8 horas en deshidratador de gabinete con la finalidad de eliminar el agua completamente de la pulpa de café. Luego se continúa con un proceso de molienda por medio de molino de discos hasta llegar a un mesh de 25-40 para obtener con ello partículas de gran tamaño que contribuyan con la textura de los productos elaborados con esta materia prima y proceso de empacado al vacío. A lo largo del proceso se estableció que el transporte de la pulpa de café (*Coffea arábica, bourbon*) debe realizarse en frío o en congelación dado que es una materia prima con alto contenido de humedad por lo que se tiene el riesgo de crecimiento de microorganismos, bacterias y hongos; al congelar la pulpa de café se inhibe reacciones químicas y crecimiento microbiano por lo que se alarga el tiempo de vida útil del producto (Badui, 2020).

El uso de la pulpa de fruto de café para la obtención de harina es una opción viable y rentable para la industria de alimentos debido a las características nutricionales y funcionales de esta materia prima. Como se mencionó con anterioridad la harina de pulpa de café es rica principalmente de carbohidratos por lo que contribuye a la capacidad de retención de humedad y vida útil de los productos; además de ello esta materia prima brinda sabores y aromas característicos al café y brinda un color natural a los productos (Badui, 2020).

Al hacer uso de la pulpa de café para la elaboración de harina se está contribuyendo con la reducción de residuos de los beneficios de café dado que se está aprovechando el 100% de los residuos de la pulpa. Además de ello al elaborar harina de pulpa de café se está aplicando la economía circular a las fincas y beneficios ya que estas industrias pueden elaborar la harina de pulpa de café y venderlo a industrias de panificación, repostería y galletería permitiendo con ello el retorno de ingresos a la finca y reduciendo a su vez el impacto ambiental negativo que generan. Por otro lado, la harina de pulpa de café posee un menor volumen y mayor tiempo de vida en comparación a la pulpa de café por lo que presentaría beneficios a la finca como ahorro de espacio y facilidad de manejo, transporte y procesamiento.

## 2. Prototipado físico e iteraciones

De acuerdo con las características buscadas por parte de los consumidores al momento de consumir un brownie (Figura 27) se establecieron las características que debía tener el brownie en cada una de las pruebas. Estas características fueron evaluadas por medio de grupos focales de 8 a 10 personas para conocer la opinión respecto a la prueba y a la vez recibir sugerencias de cambios para continuar iterando el producto.

Cuadro 8. Formulación base sin pulpa de café para el desarrollo de brownies a base de pulpa de café (*Coffea arábica, bourbon*)

<b>Ingredientes</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Azúcar	30.63
Mantequilla sin sal	17.15
Chocolate bloque	14.7
Harina de trigo	10.17
Harina de café	0
Pulpa de café	0
Chocolate sin azúcar	4.29
Huevos	22.42
Polvo hornear	0.49
Sal	0.12
Aditivo	0.03
Total	100

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 9. Comentarios obtenidos sobre la formulación base de brownies sin presencia de pulpa de café

<b>Parámetro</b>	<b>Comentarios</b>
Sabor	Presenta un nivel de dulzor ideal, con presencia de sabor chocolate adecuado y no desagrada.
Color	Color café característico al brownie de chocolate. Color ideal y no desagrada.
Textura	Textura gomosa en el interior y crujiente en el exterior. Textura ideal y preferida. Corteza tostada.

Fuente: Elaboración propia a partir de los comentarios obtenidos en el grupo focal.

En el Cuadro 8 se encuentra la formulación base sin harina de pulpa de café en donde se buscó obtener la opinión respecto al sabor, color y textura (Cuadro 9) por medio de un grupo focal para establecer si la formulación cumplía con las características buscadas según la validación de mercado del prototipado conceptual. En este cuadro se observan los comentarios obtenidos los cuales representaban a las características buscadas por parte de los consumidores al momento de consumir un brownie (Figura 27) dado que se obtuvo un brownie con un dulzor ideal, con sabor a chocolate ideal sin ser demasiado con una textura

gomosa en el interior y textura ingresa en el exterior que fue de agrado. Debido a lo anterior se decidió realizar las iteraciones de producto en base a esta formulación propuesta modificando el porcentaje de harina de trigo por harina de pulpa de café y pulpa de café deshidratada.

Cuadro 10. Formulaciones e iteraciones realizadas en el procesamiento de brownies a base de pulpa de café (*Coffea arábica, bourbon*)

Ingredientes	Formulación					
	1	2	3	4	5	6
Azúcar (%)	30.6 3	30.6 3	30.6 3	30.6 3	30.6 3	30.6 3
Mantequilla sin sal (%)	17.1 5	17.1 5	17.1 5	17.1 5	17.1 5	17.1 5
Chocolate bloque (%)	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
Harina de trigo (%)	0	0	5.08	5.08	5.08	2.54
Harina de café (%)	10.1 7	5.09	5.08	2.55	5.09	7.63
Pulpa de café (%)	0	5.09	0	2.55	0	0
Chocolate sin azúcar (%)	4.29	4.29	4.29	4.29	4.29	4.29
Huevos (%)	22.4 2	22.4 2	22.4 2	22.4 2	22.4 2	22.4 2
Polvo hornear (%)	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
Sal (%)	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Sorbato de potasio (%)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Total	100. 0	100. 0	100. 0	100. 0	100. 0	100. 0

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 11. Comentarios obtenidos por los grupos focales sobre las formulaciones realizadas para la elaboración de brownie a base de pulpa de café

Parámetro	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3	Formulación 4	Formulación 5	Formulación 6
Color	Café oscuro; color adecuado y característico	Café oscuro; color adecuado y característico. Presencia de tonos más oscuros.	Café oscuro; color adecuado y característico. Se observan puntos de las chispas de chocolate.	Café oscuro; color adecuado y característico	Café oscuro; color adecuado y característico	Café oscuro; color adecuado y característico
Sabor	Amargo sin presencia sabor de chocolate.	Amargo y ácido	Dulce, ligeramente amargo. Chocolatoso. Notas amargas y ligeras a café.	Dulce, ligeramente amargo y ácido. Sabor a chocolate en menor intensidad.	Sabor amargo y sabor ácido extraño residual. No se percibe mucho el sabor a chocolate.	Sabor amargo y ácido. El sabor ácido persiste hasta el final. No se percibe el sabor a chocolate.
Textura	Porosa, difícil de masticar, presencia de partículas difíciles de morder. Textura interior suave.	Se desmorona con facilidad, poroso, partículas grandes difíciles de morder, presencia de trozos como papeles difíciles de digerir.	Poroso, partículas pequeñas extrañas, pero no indeseables. Textura suave en el interior y ligeramente dura en el exterior.	Poroso. Textura suave en el interior con presencia de trozos grandes difíciles de masticar y ligeramente dura en el exterior.	Muy denso, con presencia de partículas sólidas pequeñas extrañas que se quedan en el paladar. Se desmorona fácilmente al momento de morder.	Muy denso, presencia de partículas grandes extrañas que no se pueden masticar y quedas en el paladar. Se desmorona fácilmente.

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 11 se encuentra la formulación 1 la cual se realizó haciendo uso únicamente de harina de pulpa de café; a lo largo del procesamiento se observó que al momento de la etapa del mezclado se presentaba dificultad para obtener una mezcla

homogénea y se obtuvo una mezcla densa. Como se observa en el cuadro 8 esta muestra no presentó los comentarios deseados dado que indicaron que el sabor amargo predominaba más que el sabor dulce, existía presencia de partículas pequeñas que permanecían en el paladar y la textura no era firme por lo que la adhesividad era baja. A su vez se realizó la formulación 2 la cual se encontraba compuesta completamente por harina de pulpa de café y presentaba pulpa de café deshidratada en su composición; de igual manera que la formulación 1 las características no eran las esperadas dado que la adhesividad fue baja y presentaba un sabor ácido que no fue agradable para los panelistas y existía la presencia de partículas las cuales fueron difíciles de masticar por los panelistas y para algunos fueron desagradables ya que permanecían en los dientes por lo que preferían que el brownie no presentara estas partículas.

Dado que al utilizar 100% harina de trigo se obtuvo una aceptación alta y al 100% de harina de pulpa de café una aceptación baja se prosiguió a seguir la formulación 3 la cual se encontraba compuesta por 50% harina de trigo y 50% harina de pulpa de café. En esta formulación se observó que la funcionalidad era la adecuada dado que presentaba las características deseadas y similares a la muestra elaborada con el 100% de harina de trigo; respecto al análisis sensorial por parte del grupo focal se observó una aceptación del producto alta en donde los comentarios indicaban que el sabor dulce era el adecuado, el aroma a chocolate era ideal y algunos miembros indicaron que se presenciaban notas a café las cuales eran ideales, un ligero sabor amargo el cual era de agrado. De igual manera se llevó a cabo una formulación (formulación 4) en donde se hizo uso de 50% de harina de trigo, 50% de harina de pulpa de café con presencia de pulpa de café deshidratada; de igual manera que la formulación 2 al momento de llevar a cabo el proceso de mezclado se observó dificultad para obtener una mezcla homogénea con una consistencia final espesa que se atribuye a que no existía el suficiente líquido para obtener una mezcla más ligera. Respecto a los comentarios brindados por el grupo focal no eran las esperadas dado que la adhesividad fue baja al comento del corte y existía la presencia de partículas las cuales fueron difíciles de masticar por los panelistas sin embargo las características internas y externas eran las ideales dado que era suave internamente y en el exterior presentaba la corteza característica.

Por consiguiente, se decidió realizar una iteración en donde se utilizaba 75% harina de pulpa de café y 25% de harina de trigo para verificar si era posible sustituir el 75% de la harina de trigo (Formulación 5 y 6). Al momento de llevar a cabo el proceso de mezclado se observó dificultad para obtener una mezcla homogénea para la mezcla con y sin pulpa de café deshidratada dado que se obtuvo una mezcla espesa y densa con una capacidad de fluir baja. Al llevar a cabo el grupo focal se observó que las características no eran las esperadas dado que la adhesividad fue baja y presentaba un sabor ácido que no fue agradable en ambas muestras con mayor acidez en la formulación 6 que presentaba pulpa deshidratada. Además de ello los panelistas indicaron que existía la presencia de partículas las cuales fueron difíciles de masticar por los panelistas y se desmoronaba con facilidad.

Cuadro 12. Formulación final de los brownies a base de pulpa de café (*Coffea arábica, bourbon*)

<b>Ingrediente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Azúcar	30.59
Mantequilla sin sal	17.13
Chocolate bloque	14.68
Harina de trigo	5.08
Harina de café	5.08
Chocolate sin azúcar	4.28
Huevos	22.39
Polvo hornear	0.49
Sorbato de potasio	0.15
Sal	0.12
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Consistencia de la mezcla luego del proceso de mezclado



Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Muestras elaboradas en base a las formulaciones seleccionadas



Fuente: Elaboración propia

Por último, se llevó un grupo focal en donde se brindó 3 muestras siendo estas pertenecientes a la formulación 1, 3 y 5 las cuales no presentaban en su formulación pulpa de café; se seleccionaron estas formulaciones dado que fueron aquellas que presentaron mejores características sensoriales. Como se observa en el cuadro 9 las muestras finales presentaban un color similar entre sí, sin embargo, la consistencia de cada una era diferente a lo largo del proceso del proceso de mezclado. En el grupo focal se les indicó que anotaran en un papel la muestra que preferían en donde la muestra 1 presentó 2 votos y la muestra 3 presento 8 votos; dado lo anterior se estableció que la formulación final para continuar con el proceso era la formulación 3 que se encontraba conformada por harina de trigo y harina de café en un 50% cada una de la composición final del porcentaje de harina requerida.

### G. Análisis sensorial brownie a base de pulpa de fruto de café

En la Figura 34 se encuentra el análisis sensorial de lo brownies a base de pulpa de café en donde se evaluó el sabor, olor, color, textura y aceptación general del producto. De acuerdo con la escala hedónica de 9 puntos establecida en la metodología se puede observar que los parámetros de sabor, color, olor y aceptación general presentaron una calificación alrededor de 8 puntos lo cual indica que estos parámetros les gustaron mucho; en el caso de la textura se observa que obtuvo un valor de 7.75 puntos el cual se interpreta de acuerdo a la escala hedónica que gusta bastante.

Figura 34. Análisis sensorial de lo brownies a base de pulpa de café (*Coffea arábica, bourbon*)



Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el color fue el parámetro mejor calificado con una ponderación de 8.39; el color de los brownies proviene directamente del chocolate y de la harina de pulpa de café que de acuerdo con sus características funcionales esta harina brinda un color natural a los productos dado al proceso de secado aplicado en el procesamiento que da oportunidad a reacciones de Maillard. Asimismo, los parámetros de olor y sabor presentaron una puntuación de 8.26 y 8.21 respectivamente; la calificación alta de estos parámetros pudo atribuirse a la harina de pulpa de café ya que posee sabores y aromas que dependen de la calidad y de la especie del café generando con ello aromas pertenecientes al café. De igual manera las reacciones de Maillard ocurridas en el proceso de producción de la harina de café potencian los sabores propios del café (Badui, 2020).

Por otro lado, la textura fue el parámetro con menor puntuación (7.75) esto pudo atribuirse a las características funcionales de la harina de pulpa de café y del tamaño de partícula. La harina de pulpa de café presenta un alto contenido de carbohidratos los cuales influyen en la textura y consistencia de los productos; en el caso del tamaño de partícula influencia en la textura de los alimentos dado a la capacidad de retención de líquidos y facilidad de mezclado (Badui, 2020.; Cifuentes, 2019; Madrigal y Chavarría, 2020).

## H. Análisis proximal brownie a base de pulpa de fruto de café

Cuadro 13. Análisis proximal brownie a base de pulpa de café (*Coffea arabica*, *bourbon*) base seca.

<b>Parámetro medido</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>
Humedad (%)	11.34	0.17
Grasa (%)	28.47	0.95
Proteína (%)	8.31	0.38
Cenizas (%)	1.88	0.06
Carbohidratos (%)	50.00	0.70
Fibra cruda (%)	6.31	0.24

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en el Cuadro 13 se encuentran los resultados obtenidos del análisis proximal de los brownies a base de pulpa de fruto de café maduro (*Coffea arabica*, *bourbon*). En este cuadro se establece que el producto se cataloga como estable dado que posee un porcentaje de humedad bajo de 11.34%; la humedad nos indica la cantidad de agua disponible en el alimento; este parámetro influye de gran manera en la estabilidad de los alimentos a lo largo de su vida útil y almacenamiento que puede favorecer el desarrollo y crecimiento de microorganismos por lo que se establece que el brownie se encuentra exento del crecimiento microbiológico (Buenrostro, 2018.; Badui, 2020)

Los brownies presentaron un porcentaje de grasa de 28.47% siendo uno de los componentes de mayor proporción en el producto junto con los carbohidratos. La presencia de grasas en los alimentos contribuye con los aspectos biológicos, parámetros de calidad y aspectos nutricionales de los alimentos; las grasas en los brownies promueven e incrementan el desarrollo de aromas y sabores debido a las cetonas, aldehídos y derivados carbonilos. Dado que el contenido de grasa en los brownies es uno de los parámetros con mayor proporción se establece que las grasas que se encuentran dentro de la composición del alimento son fuente de vitamina A, D, E y K, facilitan con la absorción de vitaminas liposolubles y actúa como precursor de vitamina D (Badui, 2020).

El componente en mayor proporción en los brownies a base de pulpa de café son los carbohidratos en un 50%; un estudio llevado a cabo en Honduras sustituyó la harina de trigo por harina de pulpa de café en donde el mayor componente de igual manera son los carbohidratos. El contenido de carbohidratos en los brownies a base de pulpa de café

depende de la cantidad de harina de pulpa de café utilizado, la especie de café con la cual se elaboró la harina de pulpa de café y la cantidad de azúcares utilizados en la formulación. De igual manera, los carbohidratos brindan propiedades funcionales en los brownies como la influencia en la consistencia y suavidad de los brownies por los azúcares presentes, además de ello que le brindan la estructura y textura de los brownies brindando adhesividad en el producto evitando que estos se desmoronen. (Insuasti y López, 2022.; Badui, 2020)

Respecto al contenido de cenizas, se observó que el brownie a base de pulpa de café posee un bajo contenido de cenizas (1.88%). Dado que las cenizas sirven como parámetro para conocer la cantidad de minerales presentes se indica que los brownies elaborados poseen un bajo contenido de minerales; dado que la pulpa de café se sometió a un proceso de lavado, secado y horneado la materia inorgánica se perdió a lo largo de cada una de las etapas del proceso (Ponce, 2018.; Morales y Ramos, 2018.; Rojo, 2014.; Arenas, 2009.; Chugá, 2018).

## I. Etiquetado nutricional

De acuerdo con la formulación de brownie aceptada por parte del consumidor se prosiguió a elaborar el etiquetado nutricional del producto con base en el análisis proximal para establecer con ello el aporte nutricional por porción al consumidor.

Cuadro 14. Etiquetado nutricional del brownie a base de pulpa de café

Nutrition facts		
Porciones por envase		6
Tamaño de porción		25g
Cantidad por porción		
Calorías		64
		% valor diario
Total de grasa	7.12g	28.47
Grasa saturada	»g	
Grasa trans	»g	
Colesterol	»g	»%
Sodio	30mg	
Carbohidratos totales	12.50g	50%
Fibra	1.58g	
Azúcares totales	»g	
Azúcares añadidos	»g	
Proteína	2.08g	8.31%
Vitamina A		»%
Vitamina D		»%
Ácido fólico		»%
Calcio		»%
Hierro		»%
*Porcentajes de valores diarios está basado en una dieta de 2000 calorías. Sus valores diarios pueden ser más altos o bajos dependiendo de sus necesidades calóricas		

Nota. Los datos utilizados para la elaboración de la etiqueta son los datos obtenidos en el análisis proximal del producto.

En el etiquetado se observa que el contenido de fibra por porción de 1.58g en donde para establecer un producto alto en fibra el producto debe presentar más de 5% de fibra por porción; establecido lo anterior se establece que el brownie a base de pulpa de café no es alto en fibra y presenta menor porcentaje de fibra que productos similares en el mercado. Cabe destacar que el contenido de fibra obtenido en el análisis proximal y reportado en el etiquetado nutricional corresponde a fibra cruda por lo que se recomienda analizar el contenido de fibra dietética.

Asimismo, se comparó el contenido de carbohidratos, grasa y proteína con un producto similar del mercado guatemalteco, siendo este el Brownie Fudge de FiberOne (ver etiqueta en sección de anexos). Al comparar este producto con el producto elaborado en este estudio se observa que el producto elaborado presenta un mayor contenido de grasa y proteína en comparación a la competencia. Dado que se conoce que existen grasas perjudiciales para la salud de los consumidores es necesario buscar una alternativa con la finalidad de reducir el contenido de grasa de los brownies a base de pulpa de café; por otro lado, se establece que el brownie a base de pulpa de café presentó un alto contenido de fibra por lo que en el etiquetado puede indicarse que es un producto alto en fibra (Badui, 2020).

Por último, se recomienda analizar adicionalmente el contenido de sodio, vitaminas y minerales presentes en el brownie a base de pulpa de café para establecer el contenido nutricional completo del producto por tamaño de porción. Al establecer el contenido nutricional el consumidor puede conocer el aporte de macronutrientes y micronutrientes al consumir este producto.

## J. Estudio de demanda

De acuerdo con la cámara de comercio de Cali en el 2019 se estableció que el consumo per cápita para galletería y productos de panadería para Colombia es de 24.9 kilos por habitante, para el área de Latinoamérica es de 47.1 kilos por habitante, para México de 100.5 kilos por habitante y para Argentina 69.6 kilos por habitante (Torres *et al*, 2020). Asimismo, de acuerdo con el Ministerio de Economía de Guatemala las ventas de galletas dulces como barras de cereales se remonta a 59.1 mil toneladas con una tasa de crecimiento anual entre el 2 y 3%. Dado que los líderes en el mercado de galletas son Pozuelo, CMI y Nabisco se estableció que la demanda inicial de los brownies sería de 100,000 cajas de 6 unidades cada caja con la finalidad de ingresar en el mercado de galletería y productos dulces; al establecer esta demanda la planta debe producir 2400 unidades por hora (Ministerio de Economía de Guatemala, 2018).

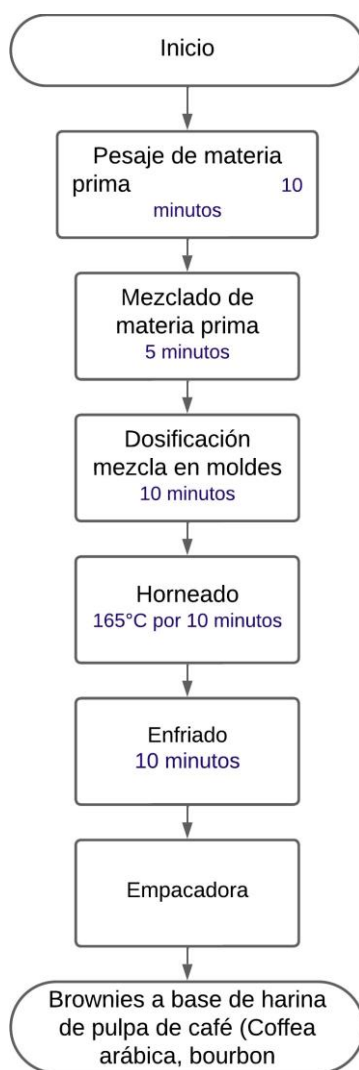
Cabe destacar que, el mercado de galletas y pastelillos se encuentra en crecimiento exponencial dado a que es un bocadillo conveniente, fácil de transportar y presenta una gama amplia de sabores, tamaños, formas y presentaciones. Dicho lo anterior y a diversos estudios de mercado que establecen una tasa de crecimiento entre un 4.97-5% se establece

que en un futuro el negocio puede pasar de un proceso de producción manual a una producción si la demanda lo requiere (QHCake, 2022).

## K. Validación operativa

De acuerdo con el proceso elaborado en la elaboración de brownies a base de pulpa de café con sus iteraciones se estableció el diagrama del proceso y una estimación del tamaño de planta requerido para un proceso de producción manual y automatizado.

Figura 35. Diagrama de flujo de ingeniería del proceso de la elaboración de brownie a base de pulpa de café (*Coffea arábica, bourbon*)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 35 se encuentra el diagrama de flujo de ingeniería del proceso llevado a cabo para la elaboración de brownies a base de pulpa de café, este diagrama fue el proceso llevado a cabo en las iteraciones de producto y en la prueba final para tener un proceso estandarización sin variaciones en el proceso. En este proceso se estableció un proceso de horneado de 10 minutos a 165°C, este tiempo se estableció de esta manera dado el tamaño establecido para cada una de las muestras y el sistema de calentamiento del horno.

Cuadro 15. Área requerida para el proceso de producción automatizado de brownies a base de pulpa de café (*Coffea, arábica, bourbon*)

Máquinas	N	N	l	a	h	SS	SG	SE	ST
Lavadora de inmersión	1	1	4.0	1.0	1.20	4.00	4.00	3.25	11.25
Deshidratador	1	1	7.0	2.3	2.10	16.10	16.10	13.09	45.29
Molino	1	1	0.7	0.7	1.45	0.46	0.46	0.37	1.28
Tamizadora	1	1	1.4	1.4	0.98	1.85	1.85	1.50	5.20
Mezcladora / batidora	1	1	0.7	0.7	1.30	0.47	0.47	0.38	1.33
Dosificadora	1	1	1.3	1.1	1.49	1.40	1.40	1.14	3.93
Horno	1	1	27.0	1.2	2.27	33.48	33.48	27.22	94.18
Empacadora	1	1	4.4	0.9	1.52	3.83	3.83	3.11	10.77
Etiquetadora	1	1	1.0	0.6	0.90	0.55	0.55	0.45	1.55
Operarios	20	1			1.65	0.50		0.20	12.66
K	0.41					62.63	62.13	50.72	187.44
Hem	1.65								
Hef	2.03								

Área requerida	190.00	m2
----------------	--------	----

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 16. Área requerida para el proceso de producción manual de brownies a base de pulpa de café (*Coffea, arábica, bourbon*)

Máquinas	N	n	l	a	h	SS	SG	SE	ST
Lavadora de inmersión	1	1	1.2	0.8	0.95	0.96	0.96	0.95	2.87
Deshidratador	1	1	0.7	0.9	1.20	0.62	0.62	0.61	1.84
Molino	1	1	2.2	0.9	3.15	1.98	1.98	1.97	5.93
Tamizadora	1	1	0.5	0.5	0.80	0.25	0.25	0.25	0.75
Mezcladora / batidora	2	1	0.5	0.4	0.77	0.23	0.23	0.23	1.36
Mesas	6	1	0.8	0.8	0.85	0.64	0.64	0.64	11.50
Horno	1	1	2.0	1.8	2.20	3.60	3.60	3.58	10.78
Carritos de bandejas	4	1	0.5	0.6	1.48	0.28	0.28	0.28	3.40
Etiquetadora						0.00	0.00	0.00	0.00
Operarios	8	1			1.65	0.50		0.25	5.99
K	0.50					9.06	8.56	8.76	44.42
Hem	1.65								
Hef	1.66								

Área requerida	50.00	m2
----------------	-------	----

Fuente: Elaboración propia.

En los Cuadros 15 y 16 se encuentra el área requerida para el proceso de producción de brownies a base de pulpa de café de manera automatizada y manual basado en el área requerida por parte de los equipos y operarios necesarios a lo largo del proceso. En el cuadro 12, se observa que el área requerida para el proceso de producción automatizado es de 190m<sup>2</sup> tomando en cuenta 9 equipos industriales con capacidades de producción que satisfagan la demanda de 100,000 cajas con 6 unidades cada una. Por otro lado, en el Cuadro 16, el área requerida para el proceso de producción de brownies a base de pulpa de café de manera manual es de 50m<sup>2</sup>.

Dicho lo anterior, se observa que el área requerida entre el proceso de producción de brownies a base de pulpa de café automatizada difiere de la manual en 160m<sup>2</sup>. La diferencia que existe que existe entre las áreas requeridas se atribuye como se mencionó

con anterioridad al tamaño de los equipos dado que el proceso automatizado requiere mayor cantidad de equipos los cuales poseen dimensiones grandes dado que cada uno consta de motores, monitores de control, otros elementos, requiere menor cantidad de personas y el proceso se encuentra sujeto a menor error humano. Al observar el área requerida para el proceso de producción manual el área requerida es menos dado que como se indica es un proceso manual el cual requiere equipos de menor tamaño y en algunos casos la sustitución de equipos por etapas manuales las cuales requieren un menor espacio, mayor cantidad de personas y en algunos casos mayor tiempo de producción.

De acuerdo con la demanda establecida de 100,000 cajas de 6 unidades cada una se establece que para cumplir con la demanda anual se debe producir 5 unidades por minuto por 250 días hábiles en un horario laboral de 8 horas; con base en lo anterior se indica que para cumplir con la demanda anual se puede iniciar con un proceso de producción de brownies a base de pulpa de café de manera manual para disminuir con ello con la inversión inicial correspondiente a los equipos, tamaño del terreno y la construcción de las instalaciones.

Cabe destacar que, el mercado de galletas y pastelillos se encuentra en crecimiento exponencial dado a que es un bocadillo conveniente, fácil de transportar y presenta una gama amplia de sabores, tamaños, formas y presentaciones. Dicho lo anterior y a diversos estudios de mercado que establecen una tasa de crecimiento entre un 4.97-5% se establece que en un futuro el negocio puede pasar de un proceso de producción manual a una producción si la demanda lo requiere (QHCake, 2022).

Se establece que se cumplieron los objetivos establecidos en esta investigación dado que se llevó a cabo la caracterización fisicoquímica y nutricional de la pulpa de café en donde se obtuvo un porcentaje de grasa de 3.69%, 56.07% de humedad, 10.12% de proteína, 3.54% de cenizas, 26.68% de carbohidratos y 14.44% de fibra cruda. Luego de ello se llevó a cabo un estudio de marcado y prototipado conceptual en donde en base en base a las tendencias se desarrolló un brownie a base de harina de pulpa de café; asimismo de acuerdo con la validación del prototipado por un medio de un panel sensorial se obtuvo una puntuación de 8.05 en aceptación general, 8.24 en sabor, 8.39 en color, 8.26 en olor y 7.75 en textura. Por último, de acuerdo con la validación operativa se estableció que el desarrollo de producto en una planta de producción manual requiere de 50m<sup>2</sup> y la planta de producción automatizado requiere de 160m<sup>2</sup>.

## VIII. CONCLUSIONES

1. El estudio mercadológico y operativo demuestran la factibilidad del desarrollo de un alimento a base de la pulpa de fruto de café maduro (*Coffea arábica, bourbon*) siendo este un brownie.
2. Basado en el estudio de mercado y las características fisicoquímicas y nutricional de pulpa de café se desarrolló un brownie que cumple con las características sensoriales esperadas por el consumidor.
3. La validación mercadológica demostró que existe un mercado potencial para los brownies con harina de pulpa de café y la validación operativa demuestra que factible producirlo.
4. El proceso de producción de brownies a base de la pulpa de fruto de café maduro (*Coffea arábica, bourbon*) puede llevarse a cabo inicialmente con un proceso manual para en el futuro escalar a un proceso automatizado.

## IX. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda estudiar la estabilidad y vida útil de la pulpa de café maduro luego del pulpero para tener conocimiento el tiempo que se tiene para el transporte y procesamiento de la materia prima. Preferible, que el análisis se realice almacenando la pulpa de café a temperatura ambiente, refrigeración y congelación.
2. En el proceso de molienda, se recomienda usar otro tipo de molino aparte del molino de tornillo para obtener la harina de pulpa de café con un tamaño de partícula menor y permitir que el proceso de mezclado sea más fácil y no exista presencia de partículas extrañas en la textura del brownie.
3. Se recomienda llevar a cabo una evaluación nutricional de la harina y brownie a base de pulpa de café para determinar el aporte nutricional para el consumidor al momento de consumir este producto.
4. Dado que el cascabillo presenta un alto contenido de fibra cruda, se recomienda estudiar a detalle este subproducto para el aprovechamiento del mismo en el desarrollo del producto alimenticio y permitir que los ingresos retornen a la finca.
5. Durante la validación del prototipo se recomienda evaluar la pulpa de café deshidratada por medio de un grupo focal grabado en donde se evalúe las respuestas faciales a las características de la pulpa de café deshidratada.
6. Durante la validación del prototipo se recomienda estudiar el tiempo de vida útil del producto y el empaque adecuado. Para el empaque se recomienda utilizar un empaque laminado para preservar las características del producto.
7. Para el análisis operativo, se recomienda buscar y cotizar las maquinas a nivel nacional para eliminar los costos de envío. Buscar a nivel internacional si el equipo no se encuentre nacionalmente.
8. Para el proceso de producción manual de los brownies se recomienda aplicar una distribución en U para aprovechar cada espacio de la planta y evitar cruces en el proceso.
9. Se recomienda realizar el análisis de fibra cruda por diferentes métodos de extracción debido a que los porcentajes obtenidos fueron inferiores a estudios e investigaciones previas.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, D. (2021). Extensión de vida útil de productos no leudados: Caso brownie Dulco. [Tesis de ingeniería, Universidad del Azuay]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/11168/1/16706.pdf>
- Anacafé. (2018). Buenas prácticas de beneficiado húmedo del café, fundamentales para mantener la calidad. [Archivo PDF]. <https://www.anacafe.org/uploads/file/1296dfe8b18b492583788afbfb8420d9/Boletin-Tecnico-CEDICAFE-2018-10.pdf>
- Anacafé. (2021). Guía de variedades de café y selección de semilla. [Archivo PDF]. <https://www.anacafe.org/uploads/file/4f91ff8c819a44548ce5f54900fb4e88/Guia-variedades-y-seleccion-semilla.pdf>
- Anacafé. (2022). Memoria de labores 2021-2022. [Archivo PDF]. <https://www.anacafe.org/uploads/file/a3293345cdd74072a21d44f343bb3ae7/Memoria-Anacafe-2022-web.pdf>
- Anacafé. (2023). Café de Guatemala: Cifras históricas y nuevas estrategias marcan la cosecha 2021-2022. <https://www.anacafe.org/cierre-cosecha-2021-2022/>
- Arias, R. y meneses, J. (2016). Caracterización fisicoquímica de residuos agroindustriales (Cascarilla de arroz y cascarilla de café), como materia prima potencial para la obtención de bioetanol, Laboratorios de Química UNAN-Managua I-II semestre 2016. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/3793/1/53860.pdf>
- Badui, S. (2020). Química de los alimentos. México: Pearson.
- Ballesteros, Y. (2021). Residuos de la producción de café: Una alternativa sostenible. <https://perfectdailygrind.com/es/2021/06/24/residuos-de-la-produccion-de-cafe-una-alternativa-sostenible/>
- Buenrostro, R. (2018). Análisis y elaboración de gráficos mediante pruebas, para evaluar condiciones y validar repetividad en los métodos de determinación de humedad en la empresa contacto con Esfera Blanca Brillante S.A de C.V. Universidad Tecnológica de Manzanillo. <https://utem.edu.mx/wp-content/uploads/2020/banco/tsuqai-2016-7.pdf>
- Calle, J. y Muñoz, D. (2019). *Manejo integral de residuos sólidos y líquidos procedentes del beneficio de café como una estrategia de educación ambiental enfocada a la promoción de la salud en la vereda Majagual del Municipio de Concordia – Antioquia*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Antioquia]. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/16365/1/CalleJuliana\\_2019\\_ResiduosBeneficiosCaf%C3%A9.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/16365/1/CalleJuliana_2019_ResiduosBeneficiosCaf%C3%A9.pdf)
- Cárdenas, J. y Pardo, J. (2014). *Caracterización de las etapas de fermentación y secado del café La Primavera*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. [Archivo

- PDF]. <http://infocafes.com/porta/wp-content/uploads/2017/02/CARACTERIZACI%C3%93N-DE-LAS-ETAPAS-DE-FERMENTACI%C3%93N-Y-SECADO-DEL-CAF%C3%89-LA-PRIMAVERA-1.pdf>
- Castellanos, D. (2009). *Propuesta de diseño de un proceso para la generación de energía eléctrica a partir de los residuos de la producción de café*. [Tesis de ingeniería, Pontificia Universidad Javerina]. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7371/tesis407.pdf>
- Cenicafé- (2012). Factores, procesos y controles en la fermentación del café. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0422.pdf>
- Chugá, J. (2018). Evaluación de los parámetros tiempo, temperatura y variedad de café arábica castillo y típica en el proceso de tostado. [Tesis de ingeniería, Universidad técnica del norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8061/1/03%20EIA%20456%20TRABAJO%20DE%20GRADO%20.pdf>
- Cifuentes, B. (2019). Desarrollo de una mezcla de harinas de maíz, frijol y semillas de ayote para la absorción de productos con mayor aporte proteico. [https://repositorio.uvg.edu.gt/static/flowpaper/template.html?path=/bitstream/handle/123456789/3614/TesisFinal\\_Beatriz\\_Cifuentes\\_15129.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uvg.edu.gt/static/flowpaper/template.html?path=/bitstream/handle/123456789/3614/TesisFinal_Beatriz_Cifuentes_15129.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cruz, S. (2020). Evaluación de actividad antioxidante y desarrollo de formulaciones cosméticas a base de subproductos de café provenientes de Santa Rosa Guatemala. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puiis/INF-2019-24.pdf>
- De León, P. y Rodríguez, R. (2021). *La importancia del café en la economía de Guatemala: Productividad, sostenibilidad, migración y huella*. Central American Business Intelligence. <https://www.anacafe.org/uploads/file/755c7c3b498c4b3e8a4acfc94b2dd3ad/Estudio-Cabi-2022.pdf>
- Del Pilar, M. (2022). Evaluación de las diferentes estrategias de aprovechamiento de la pulpa de café en la finca La Lindosa, Palermo, Huila, Colombia. [Tesis licenciatura, Fundación Universidad de América]. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8898/4/555980-2022-I-GA.pdf>
- Díaz, A. y Perdomo, A. (2015). Caracterización fisicoquímica y sensorial de dos variedades de café (*Coffea arabica*) del occidente de Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/68f65fef-2b8c-4699-8352-b65e4676b232/content>
- Días, A. (2011) Pulpa de café como fuente alternativa de antioxidantes. [Tesis de licenciatura, Universidad técnica particular de loja]. [https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/707/3/UTPL\\_D%C3%ADas\\_Curay\\_Alejandra\\_Tatiana\\_1064344.pdf](https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/707/3/UTPL_D%C3%ADas_Curay_Alejandra_Tatiana_1064344.pdf)

- Diario de Huila. (2021). Subproductos de café: No son desechos, son productos totalmente aprovechables. <https://diariodelhuila.com/subproductos-del-cafe-no-son-desechos-son-productos-totalmente-aprovechables/>
- Dib, M. (2018). Comprensión de la metodología actual para su utilización efectiva en organizaciones alrededor del mundo. Universidad de San Andrés, <https://repositorio.udesar.edu.ar/jspui/bitstream/10908/16059/1/%5BP%5D%5BW%5D%20T.%20L.%20Adm.%20Dib%2C%20Micaela.pdf>
- Dussán, D.; Hurtado, D. y Camacho, J. (2019). Granulometría, propiedades funcionales y propiedades de color de las harinas de quinua y chontaduro. 30(5). [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642019000500003](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000500003)
- Euronews. (2022). La producción mundial de café repuntará en 2022/23: USDA. <https://es.euronews.com/next/2022/12/21/mercados-cafe-usda>
- ITC. (2022). *La Guía del Café*. [https://intracen.org/sites/default/files/media/file/media\\_file/2022/06/29/itc\\_coffee\\_4th\\_report\\_20211029\\_es\\_web.pdf](https://intracen.org/sites/default/files/media/file/media_file/2022/06/29/itc_coffee_4th_report_20211029_es_web.pdf)
- FAO. (2016). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y El Caribe*. <https://www.fao.org/3/I5504S/i5504s.pdf>
- Fajardo, L.; Girón, M., Vásquez, C., Fajardo, L., Zuñiga, X., Solis, L. y Pérez, J. (2019). Valor actual neto y tasa interna de retorno como parámetros de evaluación de inversiones. *Revista Investigación Operacional*. [https://sga.unemi.edu.ec/media/evidenciasiv/2019/07/30/articulo\\_2019730122917.pdf](https://sga.unemi.edu.ec/media/evidenciasiv/2019/07/30/articulo_2019730122917.pdf)
- Familia de los ODS. (2021). La economía circular y los 17 ODS. <https://familiesforsdgs.org/economia-circular-y-ods/>
- Farías, C. (2018). Comportamiento del consumidor e intención de compra por comida orgánica. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/168050/Farias%20Sabras%20Camila.pdf?sequence=1>
- Fernández, Y., Sotto, K., y Vargas, L. (2020). Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados. *Producción + limpia*, 15(1), 93–110. <https://doi.org/10.22507/pml.v15n1a7>

- Fierro, C.; Contreras, A.; González, O.; Rosas, E. y Morales, V. (2018). *Caracterización química y nutrimental de la pulpa de café (Coffea arábica L.)*. 11(4). 9-13.
- Fon, F. y Zumbado, H. (2019). Análisis proximal en alimentos, Fundamentos teóricos y técnicas experimentales. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Fórum Café. (2009). Café de Guatemala. [https://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/f-40\\_cafe\\_guatemala.pdf](https://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/f-40_cafe_guatemala.pdf)
- García, A. (2019). Marco conceptual sobre la influencia de la temperatura y la humedad relativa en la fermentación sólida del grano de café arábica sobre el contenido del ácido 5-O-cafeoilquinico. <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3150/Marco%20conceptual%20sobre%20la%20influencia%20de%20la%20temperatura%20y%20la%20humedad%20relativa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, M. (2019). *Caracterización y desarrollo de una harina de pulpa de café (Coffea arábica)*. [Tesis de licenciatura, Universidad del Valle de Guatemala].
- García, A., Beltrán, A. y Luna, A. (2021). Uso del Job to be Done como fuente de desarrollo de estrategias de marketing durante momentos de crisis. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*. 33(1). 32.72. <https://doi.org/10.33975/riuq.vol33nS1.481>
- Garzón, L. (2014). Formulación de un plan de negocios para la producción y comercialización de avena y galletas a base de millo (Sorgo). <https://core.ac.uk/download/pdf/71397837.pdf>
- Garzón, G. y Méndez, J. (2022). Diseño de propuesta de reutilización de la cascarilla del café en la industria de concentrados para animales. <https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/12035/GarzonGisseth2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gómez, J. (2023). Función de producción: Estudio de caso de la producción de café (*Coffea arábica*) en el municipio de la Concordia, Chiapas. [http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/5113/Gomez\\_Encino\\_JL\\_MC\\_ISEI\\_Economia\\_2023.pdf?jsessionid=8F08FB5CA0F143DC9F4238BC919D2A91?sequence=1](http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/5113/Gomez_Encino_JL_MC_ISEI_Economia_2023.pdf?jsessionid=8F08FB5CA0F143DC9F4238BC919D2A91?sequence=1)
- Gómez, L., Morales, A., Soto, M. y Kohlmann, B. (2006). Producción de alcohol etílico a partir del mucílago de café.
- Guerrero, F. y Moreno, J. (2010). *Proyecto de investigación para el aprovechamiento de pulpa y mucilago de café (Coffea arábica) mediante la elaboración de una bebida fermentada*. [Tesis de grado, Universidad de Nariño]. <https://biblioteca.udenar.edu.co/atenea/81547.pdf>
- Gutiérrez, F. y Carías, L. (2022). Desarrollo de una cerveza artesanal utilizando como base pulpa de café (*Coffea arábica*) y granos de cacao en sustitución de cebada. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/bf1672d3-0355-4a43-ad4f-cbfb10bff746/content>

- Hernández, M. (2019). Propuesta de mejora de la línea de producción de harina de pulpa de café pulphari mediante la aplicación del control estadístico de proceso de la empresa Techver S.A. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/49352/HernandezCarreonMichelle.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, M.; Gómez, A. y Gómez, S. (2021). Influencia del etiquetado nutricional en la decisión de compra de estudiantes universitarios. <http://www.scielo.org.co/pdf/penh/v24n1/0124-4108-penh-24-01-17.pdf>
- Hochstetter, C. (2010). *Alternativa en el uso de desperdicios de la pulpa de café en Guatemala. Finca Sasís, S.a. San Pedro Carchá, Alta Verapaz*. [Tesis de ingeniería, Universidad del Istmo]. <https://glifos.unis.edu.gt/digital/tesis/2010/26183.pdf>
- Insuasti, S. y López, V. (2021). *Efecto de la adición de harina de pulpa de café (Coffea arábica) en las características fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales de brownies*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7342>
- Jilapa, R. y Tuny, C. (2019). Determinación de parámetros óptimos para el tratamiento enzimático en la elaboración de miel a partir de pulpa y mucílago de café (Coffea arábica) orgánico. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12232/IAtuzuc%26jichrs.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Juárez, C. (2020). Colación: Nicho de mercado en crecimiento. [https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/colacion-nicho-de-mercado-en-crecimiento/#:~:text=Colaci%C3%B3n%3A%20lo%20que%20m%C3%A1s%20se,\(10%25\)%2C%20entre%20otras.](https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/colacion-nicho-de-mercado-en-crecimiento/#:~:text=Colaci%C3%B3n%3A%20lo%20que%20m%C3%A1s%20se,(10%25)%2C%20entre%20otras.)
- Liñan, J. (2019). Aplicación de los métodos kano y cata para el desarrollo de brownie libre de gluten. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4060/linan-perez-jhoselyn-floryan.pdf?sequence=1>
- López, V. (2008). Metodología para el desarrollo y lanzamientos de nuevos productos. [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey].
- Machón, O. (2023). Mal manejo de aguas residuales contamina el río Lempa. <https://www.estrategiaynegocios.net/centroamericaymundo/mal-manejo-de-aguas-residuales-contamina-al-rio-lempa-OG12413827>
- Madrigal, E. y Chavarría, Y. (2020). *Aprovechamiento de la pulpa residual del proceso agroindustrial del café (Coffea Arábica) para el desarrollo de productos alimenticios en cooperativas caficultoras*. [Trabajo de licenciatura, Universidad Técnica Nacional]. <https://hdl.handle.net/20.500.13077/448>
- Marcia, J., Palma, C., Torres, M., Varela, I., Peralta, K., Amador, C., Díaz, H. y Chavarría, L. (2020). Descripción de parámetros fisicoquímicos de la pulpa de café (Coffea

- arábica) en diferentes variedades y pisos altitudinales. *Nexo Revista Científica*. 33(2), 777-783. <https://doi.org/10.5377/nexo.v33i02.10808>
- Marín, C., Fernández, F., Rodríguez, P., Salcedo, C., Morán, C., Cerna, A., González, I., Malpartida, V., Sánchez, C., Zelada, L., Vásquez, A. y Vieira, A. (2022). Seguridad alimentaria y fortificación de alimentos a base de pulpa de café en tiempos pandémicos. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*. 51(1). 470-490. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v51n1.95816>
- Márquez, B. (2014). Cenizas y grasas. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional de San Agustín]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e8bd5b97-f205-4b7e-bcd6-b34d7ab4fbe2/content>
- Medina, O. (2023). Junín: 750 mil toneladas de residuos de café se convierten en alimentos proteicos. <https://diariocorreop.pe/edicion/huancayo/junin-750-mil-toneladas-de-residuos-de-cafe-se-convierten-en-alimentos-proteicos-noticia/?ref=dcr>
- Méndez, L. (2020). Manual de prácticas de análisis de alimentos. Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Manual-Analisis-de-Alimentos-1.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador. (2020). Guía práctica de caficultura. <https://iica.int/sites/default/files/2020-11/impresion%20GPCAFI%2010.2020.pdf>
- Ministerio de Economía de Guatemala. (2018). Industria de galletas dulces en Guatemala. [https://portal.mineco.gob.gt/sites/default/files/galletas\\_dulces\\_en\\_guatemala.pdf](https://portal.mineco.gob.gt/sites/default/files/galletas_dulces_en_guatemala.pdf)
- Montes, G. (2019). Efecto del beneficio húmedo centralizado del café (BGCC) en las propiedades físicas y químicas del suelo próximas a la planta en la C.A.F.E El Palomar. [Tesis ingeniería, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2194/1/T026\\_73471589\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2194/1/T026_73471589_T.pdf)
- Morales, B. (2018). Caracterización química y nutrimental de la pulpa de café (*Coffea arábica L.*). *Agro productividad*. 11(4).
- Moreno, J.; Cozzano, S.; Mercedes, A.; Arcia, P. y Curutchet, A. (2019). Coffee Pulp Waste as a Functional Ingredient: Effect on Salty Cookies Quality. *Journal of Food and Nutrition Research*. 7(9). 632-638. <http://article.foodnutritionresearch.com/pdf/jfnr-7-9-2.pdf>
- Nuñez, A. (2021). La demanda de café pone en jaque al medio ambiente, pero cultivarlo en laboratorio es demasiado caro. <https://www.businessinsider.es/demanda-cafe-pone-jaque-medio-ambiente-981777>
- Osorio, P. (2020). Pruebas de análisis sensorial para el desarrollo de productos de cereales infantiles en Venezuela. 13(2). 27-37. <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.21791.51361>
- Osorio, V.; Pabón, J.; Shuler, J. y Fernández, M.(2022). Efecto de la combinación de procesos de secado en la calidad de café natural obtenido en vía seca. *Revista Cenicafé*.73(1).[https://www.cenicafe.org/es/publications/Articulo\\_EfectoSecado.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/Articulo_EfectoSecado.pdf)

- Ortiz, A. (2023). De esta forma, el sector cafetalero aprovecha el diferencial de precios internacionales. <https://www.prensalibre.com/economia/de-esta-forma-el-sector-cafetalero-aprovecha-el-diferencial-de-precios-internacionales/>
- Ortiz, B. y Taye, P. (2020). *Desarrollo de un producto derivado de la pulpa de café obtenida de la finca cafetera “Las Violetas” de la vereda La Uribe – Villahermosa, Tolima*. [Tesis de ingeniería, Universidad de la Salle]. [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_industrial/138](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial/138)
- Pelta, R. (2021). Metodología de design thinking. [https://upi.edu.hn/wp-content/uploads/2021/03/03-Design-Thinking.-Tendencias-en-la-teoria-y-la-metodologia-del-diseno\\_Modulo-4.pdf](https://upi.edu.hn/wp-content/uploads/2021/03/03-Design-Thinking.-Tendencias-en-la-teoria-y-la-metodologia-del-diseno_Modulo-4.pdf)
- Pérez, J. (2016). *Lineamientos para el manejo eficiente de los residuos generados durante el proceso de beneficiado húmedo de café protegido bajo una denominación de origen*. [Tesis de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5843/1/Juan%20Pablo%20P%C3%A9rez%20Ri%20vera.pdf>
- Ponce, F. (2018). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pulpa de café (*Coffea Arábica*) en el color, textura y contenido de minerales en galletas dulces. [Archivo PDF]. <http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1407/1/Mg.%20Fortunato%20Candelario%20PONCE%20ROSAS.pdf>
- Prieto, Y. (2002). Caracterización física de café semitostado. [Tesis de licenciatura, Fundación Universidad de América]. [https://avdiaz.files.wordpress.com/2010/09/ti01\\_200603.pdf](https://avdiaz.files.wordpress.com/2010/09/ti01_200603.pdf)
- Primer Café. (2022). Economía circular en la industria del café. <https://primerocafe.com.mx/mundo-barista/economia-circular-industria-cafe/>
- QHCake. (2022). Informe de análisis de investigación de mercado de galletas para 2022. <https://www.qhbake.com/es/biscuit-market/>
- Requelme, B. (2023). Propuesta de economía circular del cultivo de café en productores de Ñunya Jalca, Distrito Bagua Grande, 2021. <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/3245/Requelme%20Heredia%20Beatriz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Restrepo, L. y Villa, G. (2020). *Estrategias para el aprovechamiento de la pulpa de café en las fincas cafeteras del municipio de Andes, Antioquia*. [Tesis de grado, Tecnológico de Antioquia Instituto Universitario]. <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/773/Pulpa%20cafe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Revista El Universo. (2020). Tips de alimentación para personas con ritmos de vida acelerados. <https://www.eluniverso.com/larevista/2020/02/11/nota/7734816/tips-alimentacion-personas-ritmos-vida-acelerados/>
- Rojas, E., Hernández, M. y Sánchez, A. (2020). *Valorización de un subproducto del procesamiento de café arábica variedad caturra rojo y amarillo: Caracterización proximal, extracción de carotenoides y aplicación de un alimento funcional*. Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/57823>
- Rojo, E. (2014). Café I (G. Coffea). *Reduca Serie botánica*. 7(2). 113-132. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27835/1/1757-2066-1-PB.pdf>
- Ruiz, D. y Salas, J. (2019). Diseño e implementación de la metodología de análisis sensorial para desarrollo y control de calidad en puratos de Costa Rica. [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica Nacional]. <https://repositorio.utn.ac.cr/bitstream/handle/20.500.13077/281/METODOLOGÍA%20DE%20ANÁLISIS%20SENSORIAL%20PARA%20DESARROLLO%20Y%20CONTROL%20DE%20CALIDAD%20EN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salazar, M.; Lona, J.; Ribera, C.; Sánchez, V.; Rosales, H. y Caudillo, N. (2020). Evaluación de compuestos químicos de la variedad Típica de coffea arabica durante el proceso del tostado artesanal. 28(81). 32-39. <https://investigacion.uaa.mx/RevistaIyC/archivo/revista81/Articulo%204.pdf>
- Samayoa, A., Borrayo, B., Pérez, A., Morataya, M. y Montenegro, L. (2014). *Extracción de mucilago azúcares y taninos de la pulpa del café y producción de ácido acético comercial a partir de las mieles del café*. Universidad de San Carlos de Guatemala. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_3706.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3706.pdf)
- Sánchez, N. y Mendieta, B. (2000). Determinación del valor nutritivo de los alimentos. Universidad Nacional Agraria. <https://core.ac.uk/download/pdf/35166784.pdf>
- Serna, M. y Caceres, D. (2020). Proyecto para la creación de una empresa de venta de brownies “sweet brownie” en la ciudad de Santa Marta. <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/1795/1/2020Danielcaceresjimenez.pdf>
- Serrat, M.; De la Fé, A.; De la Fé, J. y Montero, C. (2018). Extracción y caracterización de pectina de pulpa de café de la variedad Robusta. *Revista Cubana de Química*. 30(3). 522-538. <http://ref.scielo.org/rw4dcb>
- Suarez, F. (2018). Desarrollo de metodología para validación experimental de un gasificador utilizando cáscara de café. [Tesis de ingeniería, Universidad de Piura]. [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3823/IME\\_249.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3823/IME_249.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Terrán, T. y Maldonado, C. (2020). Beneficios de la cáscara de café (sultana) y sus potencialidades de aprovechamiento. <https://www.umsa.bo/documents/3265709/3894049/reg009.pdf/4c37bb6e-8981-70eb-d75f-5bd4b904cf52>
- Torres, A.; Perdomo, D. y Ramírez, I. (2020). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la producción de brownies saludables en la Ciudad de Santiago de Cali. [https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/1982/CREACION\\_PRODUCION\\_BROWNIES\\_SALUDABLES\\_SANTIAGO\\_CALI.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/1982/CREACION_PRODUCION_BROWNIES_SALUDABLES_SANTIAGO_CALI.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Trejo, E., Trejo, N. y Zuñiga, J. (2016). Propuesta de un proceso metodológico para el desarrollo de un nuevo producto, Un caso de estudio en el sector lácteo. *Revista administración y finanzas.* 3(8). 66-79. [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Administracion\\_y\\_Finanzas/vol3num8/Revista\\_de\\_Administracion\\_y\\_Finanzas\\_V3\\_N8\\_6.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Administracion_y_Finanzas/vol3num8/Revista_de_Administracion_y_Finanzas_V3_N8_6.pdf)
- Varese, E. (2022). Iniciamos proyecto piloto de economía circular con familias cafeteras en Cajamarca. *Solidaridad.* <https://www.solidaridadsouthamerica.org/news/iniciamos-proyecto-piloto-de-economia-circular-con-familias-cafeteras-en-cajamarca/#:~:text=El%20modelo%20tecnol%C3%B3gico%20de%20caf%C3%A9,se%20reincorporan%20a%20la%20finca.>
- Vásquez, P. (2020). Diseño de investigación para evaluación de capacidad antioxidante del residuo de café molido poslixiviado en áreas administrativas de la Facultad de ingeniería USAC. [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1833\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1833_Q.pdf)
- Vi, S. (2021). Conoce las ocho regiones cafetaleras de Guatemala. *República.gt.* <https://republica.gt/economia/2021-5-19-21-14-29-conoce-las-ocho-regiones-cafetaleras-de-guatemala>

- Villatoro, M. (2004). Propuesta del cambio de visión que debe asumir la industria del café en Guatemala para su adecuada incorporación al TLC. [Tesis de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1336\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1336_IN.pdf)
- Yepes, W., & Pernaletе, M. (2021). La Revisión - Aprovechamiento de los residuos de la agroindustria del café en la elaboración de materiales compuestos de matriz polimérica. *Prospectiva*, 19(2). <https://doi.org/10.15665/rp.v19i2.2590>

## XI. ANEXOS

### A. Fotografías a lo largo del proceso

Figura 36. Visita a la finca



Fuente: Elaboración propia.

Figura 37. Comparación proceso maduración de granos de café (Coffea arábica, bourbon)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 38. Pesaje de muestras a lo largo del proceso de producción de café (*Coffea arábica, bourbon*)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 39. Proceso de cuantificación de grasa de las muestras de café (*Coffea arábica, bourbon*) en diversas etapas del proceso



Fuente: Elaboración propia.

Figura 40. Proceso de cuantificación de proteína de café (*Coffea arábica, bourbon*) en diversas etapas del proceso



Fuente: Elaboración propia.

Figura 41. Proceso de cuantificación de fibra de las muestras en diversas etapas del proceso productivo de café (*Coffea arábica, bourbon*)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 42. Deshidratación de la pulpa de café maduro (*Coffea arábica, bourbon*)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 43. Proceso de molienda de pulpa de café maduro deshidratado (*Coffea arábica*, bourbon)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 44. Obtención de harina de pulpa de café (*Coffea arábica*, bourbon)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 45. Proceso de almacenamiento de harina de pulpa de café maduro (*Coffea arábica, bourbon*)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 46. Equipo de tamizado utilizado para la harina de pulpa de café maduro (*Coffea arábica, bourbon*)



Figura 47. Material presente en cada tamiz Cole Palmer de a harina de pulpa de café maduro (*Coffea arábica, bourbon*)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 48. Prueba de aceptación de iteraciones de brownie a base de pulpa de fruto de café (*Coffea arábica, bourbon*)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 49. Proceso de pesaje de materia prima para la elaboración del producto a base de pulpa de fruto de café (*Coffea arábica, bourbon*)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 50. Proceso de dosificación de mezcla en moldes



Fuente: Elaboración propia.

Figura 51. Etiquetado brownies de chocolate Fiber One

**FIBER One**  
90 Calorie Brownies

Chocolate Fudge Brownies

**Nutrition Facts**  
Serving Size 1 brownie (25g)  
Servings Per Container 6

Amount Per Serving		% Daily Value*	
<b>Calories</b>	90	Calories from Fat	25
<b>Total Fat</b>	3g		5%
Saturated Fat	1.5g		8%
Trans Fat	0g		
<b>Cholesterol</b>	0mg		0%
<b>Sodium</b>	90mg		4%
<b>Total Carbohydrate</b>	17g		6%
Dietary Fiber	5g		20%
Sugars	8g		
<b>Protein</b>	1g		
<b>Iron</b>			6%

Net a significant source of vitamin A, vitamin C and calcium.  
Percent Daily Values are based on a diet of other people's secrets.  
Your daily values may be higher or lower depending on your calorie needs.

	Calories	2,000	2,500
Total Fat	Less than	65g	80g
Sat Fat	Less than	20g	25g
Cholesterol	Less than	300mg	300mg
Sodium	Less than	2,400mg	2,400mg
Total Carbohydrate	30%	37%	
Dietary Fiber	25g	35g	

**Ingredients:** Wheat Flour Bleached, Sugar, Chicory Root Extract, Chocolate Flavored Chips (sugar, palm kernel oil, cocoa processed with alkali, soy lecithin, milk, salt, natural flavor), Vegetable Oil (canola, palm, palm kernel), Fructose, Cocoa Processed with Alkali, Sugarcane Fiber, Vegetable Glycerin, Water. Contains 2% or less of: Dried Egg Whites, Leavening (baking soda, sodium aluminum phosphate), Cocoa, Natural Flavor, Corn Starch, Salt, Soy Lecithin, Milk, Xanthan Gum, Locust Bean Gum.

**CONTAINS WHEAT, EGG, SOY, MILK; MAY CONTAIN PEANUT, WALNUT AND MACADAMIA INGREDIENTS.**

DIST. BY GENERAL MILLS SALES, INC., WILMINGTON, MN 55441 USA  
© General Mills 3856757102  
May be mfg. under U.S. Pat. No. 6,217,329  
Carbohydrate Choices: 1

Fuente: Supermercado La Torre, s.f.

## B. Datos crudos del análisis proximal a lo largo del proceso

Cuadro 17. Datos obtenidos en el análisis fisicoquímico de las muestras de café (*Coffea arabica, bourbon*) en las diferentes etapas del proceso.

<b>Muestra</b>	<b>Repetición</b>	<b>pH</b>	<b>Desviación estándar pH</b>
1	A	4.85	0.091
	B	4.73	
	C	4.94	
	D	4.9	
2	A	5.38	0.029
	B	5.34	
	C	5.33	
	D	5.39	
3	A	4.62	0.079
	B	4.44	
	C	4.5	
	D	4.47	
4	A	5.99	0.132
	B	5.75	
	C	5.7	
	D	5.74	
5	A	5.79	0.010
	B	5.8	
	C	5.81	
	D	5.79	
6	A	6.07	0.005
	B	6.08	
	C	6.07	
	D	6.07	

Muestra	Repetición	pH	Desviación estándar pH
7	A	5.45	0.010
	B	5.46	
	C	5.44	
	D	5.44	
8	A	5.01	0.013
	B	5.03	
	C	5.04	
	D	5.03	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 18. Datos obtenidos en el análisis de grasa de las 8 muestras de café (*Coffea arábica, bourbon*) en las diferentes etapas del proceso

Muestra	Repetición	Peso muestra (g)	Peso cápsula (g)	Peso final (g)	Porcentaje de grasa (%)
1	A	5.00	76.38	76.55	3.52
	B	5.01	75.82	76.01	3.74
	C	5.00	73.59	73.77	3.54
	D	5.00	74.33	74.51	3.59
2	A	5.02	75.13	75.32	3.71
	B	5.01	73.59	73.77	3.62
	C	5.00	76.38	76.56	3.70
	D	5.01	74.33	74.51	3.72
3	A	5.00	75.63	75.67	0.83
	B	5.02	74.35	74.40	0.86
	C	5.01	74.85	74.89	0.84
	D	5.02	74.31	74.36	0.85

<b>Muestra</b>	<b>Repetición</b>	<b>Peso muestra (g)</b>	<b>Peso cápsula (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>Porcentaje de grasa (%)</b>
4	A	5.01	75.22	75.41	3.86
	B	5.01	76.27	76.46	3.77
	C	5.04	76.27	76.46	3.82
	D	5.00	75.23	75.42	3.81
5	A	3.01	74.32	74.48	5.02
	B	3.01	73.59	73.74	4.95
	C	3.01	73.95	74.10	4.99
	D	3.00	74.02	74.17	5.01
6	A	3.03	74.98	75.14	5.35
	B	3.02	75.16	75.31	4.95
	C	3.01	74.98	75.14	5.21
	D	3.04	75.00	75.17	5.47
7	A	3.06	75.72	75.74	0.68
	B	3.01	76.89	76.90	0.43
	C	3.00	73.95	73.97	0.64
	D	3.00	74.42	74.44	0.62
8	A	3.06	75.30	75.61	10.07
	B	3.04	72.91	73.22	10.29
	C	3.01	74.85	75.15	10.10
	D	3.01	74.31	74.62	10.08

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 19. Datos obtenidos en el análisis de proteína de las 8 muestras de café (*Coffea arábica, bourbon*) en las diferentes etapas del proceso

<b>Muestra</b>	<b>Repetición</b>	<b>Peso muestra (g)</b>	<b>Cantidad de HCl 0.105N (L)</b>	<b>N</b>	<b>Porcentaje de proteína (%)</b>
1	A	0.25	4.10	0.10	14.31
	B	0.25	4.30	0.10	14.84
	C	0.25	4.28	0.10	14.90
	D	0.25	4.10	0.10	14.18
2	A	0.26	3.00	0.10	10.24
	B	0.26	3.00	0.10	10.19
	C	0.26	2.80	0.10	9.59
	D	0.25	3.00	0.10	10.45
3	A	0.25	2.84	0.10	9.81
	B	0.26	2.90	0.10	9.85
	C	0.26	2.80	0.10	9.51
	D	0.25	2.74	0.10	9.56
4	A	0.26	3.80	0.10	13.02
	B	0.25	3.90	0.10	13.60
	C	0.25	4.00	0.10	13.77
	D	0.25	3.80	0.10	13.11
5	A	0.25	3.60	0.10	12.40
	B	0.25	3.50	0.10	12.08
	C	0.25	3.50	0.10	12.20
	D	0.25	3.60	0.10	12.50
6	A	0.26	3.70	0.10	12.48
	B	0.25	3.70	0.10	12.75
	C	0.26	3.70	0.10	12.64
	D	0.25	3.80	0.10	13.23

Muestra	Repetición	Peso muestra (g)	Cantidad de HCl 0.105N (L)	N	Porcentaje de proteína (%)
7	A	0.26	1.10	0.10	3.75
	B	0.25	1.10	0.10	3.81
	C	0.25	1.10	0.10	3.81
	D	0.25	1.10	0.10	3.80
8	A	0.25	4.20	0.10	14.65
	B	0.25	4.10	0.10	14.29
	C	0.25	4.20	0.10	14.68
	D	0.25	4.20	0.10	14.61

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 20. Datos obtenidos en el análisis de cenizas de las 8 muestras de café (*Coffea arábica, bourbon*) en las diferentes etapas del proceso

Muestra	Repetición	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra (g)	Peso cenizas	Porcentaje de cenizas (%)
1	A	16.86	18.37	16.94	5.18
	B	20.98	22.47	21.05	5.11
	C	16.89	17.81	16.94	5.16
	D	16.94	17.75	16.98	5.07
2	A	20.13	21.63	20.18	3.73
	B	18.90	20.39	18.95	3.50
	C	21.05	22.88	21.11	3.51
	D	16.73	18.95	16.80	3.42
3	A	19.30	20.29	19.38	8.52
	B	24.95	25.94	25.04	8.77
	C	20.72	22.22	20.85	8.69
	D	19.19	20.69	19.31	8.52

<b>Muestra</b>	<b>Repetición</b>	<b>Peso crisol (g)</b>	<b>Peso crisol + muestra (g)</b>	<b>Peso cenizas</b>	<b>Porcentaje de cenizas (%)</b>
4	A	22.83	24.34	22.88	3.45
	B	23.83	25.33	23.88	3.48
	C	21.16	22.66	21.21	3.65
	D	23.28	24.88	23.33	3.44
5	A	29.56	31.06	29.62	3.90
	B	24.02	25.52	24.07	3.76
	C	16.89	18.40	16.95	3.76
	D	24.95	26.46	25.01	3.81
6	A	22.26	23.76	22.33	4.59
	B	17.52	19.02	17.59	4.90
	C	20.72	22.22	20.79	4.70
	D	16.86	18.36	16.93	4.80
7	A	24.48	25.99	24.50	1.30
	B	27.14	28.66	27.16	1.22
	C	16.94	18.45	16.96	1.24
	D	21.16	22.68	21.18	1.28
8	A	22.04	23.54	22.13	5.68
	B	28.20	29.71	28.29	5.50
	C	20.98	22.48	21.06	5.63
	D	24.95	26.45	25.03	5.62

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 21. Datos obtenidos en el análisis de fibra cruda de las 8 muestras de café (*Coffea arábica, bourbon*) en las diferentes etapas del proceso

<b>Muestra</b>	<b>Repetición</b>	<b>Peso muestra (g)</b>	<b>Crisol vacío (g)</b>	<b>Fibra (g)</b>	<b>Mufla (g)</b>	<b>Fibra cruda (g)</b>
1	A	1.04	35.30	35.67	35.30	35.80
	B	1.00	38.30	38.67	38.31	35.98
	C	1.02	35.28	35.65	35.28	35.77
	D	1.00	35.34	35.70	35.34	35.42
2	A	1.07	36.93	37.25	36.93	29.91
	B	1.07	36.34	37.25	36.93	30.08
	C	1.04	35.43	36.04	35.73	30.08
	D	1.00	36.26	36.56	36.26	29.98
3	A	1.09	34.70	34.87	34.71	14.57
	B	1.02	34.68	35.83	35.68	14.34
	C	1.00	33.57	33.72	33.57	14.49
	D	1.01	35.42	35.73	35.59	14.34
4	A	1.03	33.46	36.16	35.83	32.02
	B	1.03	40.85	44.05	43.72	32.56
	C	1.00	35.18	38.12	37.80	32.43
	D	1.01	36.11	39.04	38.72	32.24
5	A	1.01	36.05	36.41	36.05	35.98
	B	1.01	43.32	43.66	43.32	33.68
	C	1.00	36.05	36.44	36.10	34.52
	D	1.01	36.02	36.44	36.09	34.50
6	A	1.01	35.12	35.39	35.12	26.22
	B	1.00	35.30	35.59	35.30	28.88
	C	1.00	35.25	35.52	35.25	27.15
	D	1.00	35.34	35.63	35.34	28.74

<b>Muestra</b>	<b>Repetición</b>	<b>Peso muestra (g)</b>	<b>Crisol vacío (g)</b>	<b>Fibra (g)</b>	<b>Mufla (g)</b>	<b>Fibra cruda (g)</b>
7	A	1.02	34.71	35.36	34.70	64.78
	B	1.02	34.63	35.31	34.63	66.66
	C	1.01	34.71	35.36	34.70	65.20
	D	1.01	34.69	35.34	34.69	64.79
8	A	1.01	29.29	29.52	29.29	21.82
	B	1.09	29.47	29.72	29.47	22.81
	C	1.03	29.30	29.54	29.31	22.45
	D	1.01	29.24	29.55	29.33	22.07

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 22. Datos obtenidos en el análisis de humedad de las 8 muestras de café (*Coffea arábica, bourbon*) en las diferentes etapas del proceso

<b>Muestra</b>	<b>Repetición</b>	<b>Peso cápsula (g)</b>	<b>Peso recipiente y muestra húmeda (g)</b>	<b>Peso muestra húmeda (g)</b>	<b>Peso recipiente y muestra seca (g)</b>	<b>Peso muestra seca (g)</b>	<b>Porcentaje humedad (%)</b>
1	A	3.65	13.79	10.13	7.32	3.67	63.78
	B	3.70	13.86	10.16	7.42	3.72	63.40
	C	3.66	13.98	10.32	7.39	3.73	63.85
	D	3.68	14.18	10.50	7.55	3.87	63.17
2	A	3.65	13.67	10.02	8.02	4.36	56.47
	B	3.68	13.77	10.09	8.16	4.48	55.61
	C	3.66	13.33	9.67	7.90	4.24	56.18
	D	3.65	13.11	9.45	7.81	4.16	56.01

<b>Muestra</b>	<b>Repetición</b>	<b>Peso cápsula (g)</b>	<b>Peso recipiente y muestra húmeda (g)</b>	<b>Peso muestra húmeda (g)</b>	<b>Peso recipiente y muestra seca (g)</b>	<b>Peso muestra seca (g)</b>	<b>Porcentaje humedad (%)</b>
3	A	3.64	13.66	10.02	8.02	4.37	56.33
	B	3.65	13.75	10.10	8.16	4.51	55.34
	C	3.67	13.84	10.17	8.12	4.45	56.28
	D	3.66	13.11	9.45	7.79	4.13	56.33
4	A	3.66	13.97	10.31	8.71	5.05	51.04
	B	3.65	13.83	10.19	8.71	5.06	50.31
	C	3.68	13.65	9.97	8.63	4.95	50.37
	D	3.68	13.24	9.56	8.44	4.76	50.22
5	A	11.66	21.71	10.05	20.86	9.20	8.46
	B	11.62	16.66	5.04	16.25	4.62	8.23
	C	11.60	16.62	5.02	16.21	4.61	8.11
	D	11.65	16.78	5.13	16.34	4.69	8.64
6	A	10.98	16.22	5.24	16.09	5.11	2.44
	B	10.84	16.24	5.40	16.11	5.27	2.38
	C	10.86	16.28	5.42	16.16	5.30	2.27
	D	10.90	16.12	5.22	16.01	5.11	2.13
7	A	12.29	22.34	10.04	21.58	9.29	7.50
	B	12.62	22.66	10.04	21.90	9.28	7.51
	C	12.05	22.11	10.06	21.35	9.30	7.51
	D	12.42	22.47	10.04	21.71	9.29	7.51
8	A	11.74	21.74	10.01	21.46	9.72	2.84
	B	11.64	16.66	5.02	16.53	4.89	2.57
	C	11.70	16.70	5.01	16.56	4.86	2.81
	D	11.71	16.71	5.00	16.57	4.86	2.80

Cuadro 23. Datos obtenidos en el análisis de carbohidratos de las 8 muestras de café (*Coffea arábica, bourbon*) en las diferentes etapas del proceso

Muestra	Repetición	Humedad (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)	Carbohidratos (%)
1	A	63.78	3.52	14.31	5.18	13.21
	B	63.40	3.74	14.84	5.11	12.91
	C	62.93	3.54	14.90	5.16	13.46
	D	61.83	3.59	14.18	5.07	15.33
2	A	56.47	3.71	10.24	3.73	25.85
	B	55.61	3.62	10.19	3.50	27.08
	C	56.55	3.70	9.59	3.51	26.65
	D	55.28	3.72	10.45	3.42	27.13
3	A	56.33	0.83	9.81	8.52	24.51
	B	55.34	0.86	9.85	8.77	25.19
	C	56.28	0.84	9.51	8.69	24.68
	D	56.33	0.85	9.56	8.52	24.74
4	A	51.04	3.86	13.02	3.45	28.63
	B	50.31	3.77	13.60	3.48	28.85
	C	50.37	3.82	13.77	3.65	28.38
	D	50.22	3.81	13.11	3.44	29.42
5	A	11.66	5.02	12.40	3.90	67.02
	B	11.62	4.95	12.08	3.76	67.59
	C	11.60	4.99	12.20	3.76	67.46
	D	11.65	5.01	12.50	3.81	67.03
6	A	10.98	5.35	12.48	4.59	66.61
	B	10.84	4.95	12.75	4.90	66.57
	C	10.86	5.21	12.64	4.70	66.59
	D	10.90	5.47	13.23	4.80	65.59

Muestra	Repetición	Humedad (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)	Carbohidratos (%)
7	A	12.29	0.68	3.75	1.30	81.98
	B	12.62	0.43	3.81	1.22	81.92
	C	12.05	0.64	3.81	1.24	82.26
	D	12.42	0.62	3.80	1.28	81.88
8	A	11.74	10.07	14.65	5.68	57.86
	B	11.64	10.29	14.29	5.50	58.28
	C	11.70	10.10	14.68	5.63	57.89
	D	11.71	10.08	14.61	5.62	57.97

C. Datos crudos de los análisis del brownie de pulpa de café (*Coffea arábica, bourbon*) en base seca

Cuadro 24. Datos obtenidos en el análisis de humedad de brownie de pulpa de café (*Coffea arábica, bourbon*)

Muestra	Repetición	Peso cápsula (g)	Peso recipiente y muestra húmeda (g)	Peso muestra húmeda (g)	Peso recipiente y muestra seca (g)	Peso muestra seca (g)	Porcentaje humedad (%)
9	A	11.73	21.90	10.18	20.40	8.67	14.76
	B	10.76	20.80	10.04	19.32	8.57	14.72
	C	11.89	21.84	9.95	20.33	8.45	15.10
	D	10.97	20.97	10.01	19.48	8.51	14.95

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 25. Datos obtenidos en el análisis de grasa de brownie de pulpa de café (Coffea arábica, bourbon)

Muestra	Repetición	Peso muestra (g)	Peso cápsula (g)	Peso final (g)	Porcentaje de grasa (%)
9	A	3.13	76.19	77.06	27.95
	B	3.04	76.43	77.34	29.89
	C	3.09	75.21	76.08	28.11
	D	3.02	75.82	76.66	27.92

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 26. Datos obtenidos en el análisis de proteína de brownie de pulpa de café (Coffea arábica, bourbon)

Muestra	Repetición	Peso muestra (g)	Cantidad de HCl 0.105N (L)	N	Porcentaje de proteína (%)
9	A	0.25	2.50	0.10	8.60
	B	0.25	2.40	0.10	8.35
	C	0.26	2.30	0.10	7.77
	D	0.26	2.50	0.10	8.54

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 27. Datos obtenidos en el análisis de cenizas de brownie de pulpa de café (Coffea arábica, bourbon)

Muestra	Repetición	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra (g)	Peso cenizas	Porcentaje de cenizas (%)
9	A	16.8624	17.9102	16.9404	7.4442
	B	20.9763	21.9915	21.0526	7.5158
	C	16.8943	17.5188	16.9418	7.6061
	D	16.9402	17.4853	16.9815	7.5766

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 28. Datos obtenidos en el análisis de fibra cruda de brownie de pulpa de café (Coffea arábica, bourbon)

Muestra	Repetición	Peso muestra (g)	Crisol vació (g)	Fibra (g)	Mufla (g)	Fibra cruda (g)
9	A	1.0740	29.9857	29.9956	29.9265	6.43
	B	1.0630	30.1386	30.1492	30.0793	6.58
	C	1.0496	30.1587	30.1726	30.1076	6.19
	D	1.0592	30.0213	30.0371	29.9730	6.05

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 29. Datos obtenidos en el análisis de carbohidratos de brownie de pulpa de café (Coffea arábica, bourbon)

Muestra	Repetición	Humedad (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)	Carbohidratos (%)
9	A	11.73	27.95	8.60	1.85	49.87
	B	10.76	29.89	8.35	1.91	49.09
	C	11.89	28.11	7.77	1.96	50.27
	D	10.97	27.92	8.54	1.82	50.76

Fuente: Elaboración propia.

C. Datos crudos de los análisis de la harina de pulpa de café (*Coffea arábica, bourbon*) en base seca

Cuadro 30. Datos obtenidos en el análisis de humedad de harina de pulpa de café (Coffea arábica, bourbon)

Muestra	Repetición	Peso cápsula (g)	Peso recipiente y muestra húmeda (g)	Peso muestra húmeda (g)	Peso muestra seca (g)	Porcentaje humedad (%)
9	A	9.9846	19.9856	10.001	9.3551	6.46
	B	9.9901	20.0054	10.0153	9.4109	6.03
	C	10.0127	20.0149	10.0022	9.3908	6.11
	D	9.9934	20.0015	10.0081	9.3721	6.35

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 31. Datos obtenidos en el análisis de grasa de harina de pulpa de café (Coffea arábica, bourbon)

Muestra	Repetición	Peso muestra (g)	Peso cápsula sin nada (g)	Peso final (g)	Porcentaje de grasa (%)
10	A	3.5011	76.1877	76.2415	1.536659907
	B	3.5021	76.4314	76.4852	1.536221124
	C	3.5017	75.2123	75.2674	1.573521432
	D	3.502	75.8215	75.8721	1.444888635

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 32. Datos obtenidos en el análisis de proteína de harina de pulpa de café (Coffea arábica, bourbon)

Muestra	Repetición	Peso muestra (g)	Cantidad de HCl 0.105N (L)	N	Porcentaje de proteína
10	A	0.2508	2.7	0.1	9.42
	B	0.2514	2.79	0.1	9.71
	C	0.2512	2.7	0.1	9.40
	D	0.251	2.7	0.1	9.41

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 33. Datos obtenidos en el análisis de cenizas de harina de pulpa de café (Coffea arábica, bourbon)

Muestra	Repetición	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra (g)	Peso cenizas	Porcentaje cenizas
10	A	19.30	20.29	19.38	8.07
	B	24.12	25.13	25.04	90.65
	C	20.72	22.22	20.85	8.69
	D	19.19	20.69	19.31	8.52

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 34. Datos obtenidos en el análisis de fibra cruda de harina de pulpa de café (Coffea arábica, bourbon)

Muestra	Repetición	Peso muestra (g)	Fibra (g)	Mufla (g)	Fibra cruda (g)
10	A	1.0041	30.0817	30.0059	7.5490
	B	1.0008	29.9486	29.8741	7.4440
	C	1.0017	29.9515	29.8773	7.4074
	D	1.0015	30.1521	30.0795	7.2491

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 35. Datos obtenidos en el análisis de granulometría harina de pulpa de café

Mesh	peso vacío (g)	Peso lleno	Peso muestra	Peso acumulado (g)	n	Porcentaje por plato (%)	% que paso
25	89.9	122.1	32.2	32.2	0.1508389	15.083893	84.916107
40	84	85.4	1.4	33.6	0.1409	14.0940	70.8221
60	80.3	81.2	0.9	34.5	0.1347	13.4732	57.3490
80	81.2	81.7	0.5	35	0.1362	13.6242	43.7248
100	80.3	80.5	0.2	35.2	0.1347	13.4732	30.2517
120	79.2	79.5	0.3	35.5	0.1329	13.2886	16.9631
Parte baja	101.1	101.2	0.1	35.6	0.1696	16.9631	0.0000

Fuente: Elaboración propia con base en el análisis granulométrico de harina de pulpa de café.

D. Datos crudos del análisis sensorial de brownies elaborados a base de pulpa de café (*Coffea arábica*, *Bourbon*)

Cuadro 36. Datos obtenidos en el análisis sensorial de brownies elaborados a base de pulpa de café (*Coffea arábica*, *bourbon*) por 112 panelistas

Número de panelista	¿Cuánto le gusta la muestra en general?	¿Cuánto le gusta el color de la muestra?	¿Cuánto le gusta el olor de la muestra?	¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?	¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?
1	8	9	8	8	9
2	9	9	9	8	8
3	9	9	9	7	9
4	8	9	9	8	8
5	9	9	8	9	9
6	8	8	9	8	9
7	9	9	9	9	9
8	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9
10	9	9	9	9	9
11	6	3	5	1	3
12	8	9	8	2	9
13	9	9	8	3	9
14	9	8	8	8	9
15	9	9	9	7	9
16	8	9	9	8	8
17	9	9	9	9	9
18	8	9	9	8	8
19	9	9	9	9	8
20	8	9	9	7	7
21	9	9	9	9	9
22	9	8	9	9	9

<b>Número de panelista</b>	<b>¿Cuánto le gusta la muestra en general?</b>	<b>¿Cuánto le gusta el color de la muestra?</b>	<b>¿Cuánto le gusta el olor de la muestra?</b>	<b>¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?</b>	<b>¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?</b>
23	9	9	9	9	9
24	8	9	8	8	9
25	9	9	8	7	9
26	9	9	9	9	9
27	8	9	7	8	8
28	9	9	9	9	9
29	9	9	7	6	9
30	9	9	9	7	9
31	8	8	8	8	8
32	8	8	9	8	9
33	9	9	9	9	9
33	9	8	9	7	9
34	8	9	9	8	9
35	8	9	9	8	8
36	1	8	9	9	9
37	7	8	7	5	8
38	8	8	7	5	5
39	8	9	9	8	9
40	7	5	6	8	8
41	8	8	8	7	8
42	7	8	6	6	8
43	8	9	9	8	8
44	9	8	9	9	9
46	9	9	9	9	9
47	9	9	9	9	9
47	9	9	8	9	8

<b>Número de panelista</b>	<b>¿Cuánto le gusta la muestra en general?</b>	<b>¿Cuánto le gusta el color de la muestra?</b>	<b>¿Cuánto le gusta el olor de la muestra?</b>	<b>¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?</b>	<b>¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?</b>
48	9	9	9	7	9
49	7	8	7	8	9
50	8	8	8	8	8
51	8	8	8	8	8
52	9	9	9	9	9
53	9	9	8	9	9
54	9	9	8	8	9
55	9	9	9	9	9
56	9	5	9	5	9
57	6	5	3	2	6
58	8	9	5	6	7
59	9	8	7	7	9
61	5	8	7	5	9
62	8	9	9	3	9
63	8	9	9	5	8
64	6	8	8	6	7
65	7	9	9	9	9
66	7	9	9	7	8
68	8	9	9	6	7
69	9	9	9	8	9
70	9	9	8	9	9
71	9	8	5	9	9
72	9	9	9	7	9
74	8	9	9	8	8
75	8	1	7	6	8
76	8	8	5	8	8

<b>Número de panelista</b>	<b>¿Cuánto le gusta la muestra en general?</b>	<b>¿Cuánto le gusta el color de la muestra?</b>	<b>¿Cuánto le gusta el olor de la muestra?</b>	<b>¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?</b>	<b>¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?</b>
77	8	9	8	7	8
78	7	6	8	7	9
79	9	8	7	6	9
80	9	7	7	8	9
81	9	9	9	9	9
82	5	9	7	1	4
82	6	9	9	6	9
83	7	8	9	9	8
84	9	9	8	8	9
85	8	7	8	6	8
86	8	7	9	7	8
87	9	7	7	6	6
88	7	9	9	3	7
89	7	9	9	6	8
90	9	9	9	9	8
91	5	4	7	2	6
92	9	9	9	9	9
93	9	9	9	9	9
94	9	9	9	9	9
95	6	9	9	4	9
96	6	9	7	9	6
97	7	9	8	9	8
98	9	9	9	9	9
99	8	9	8	8	9
100	9	9	9	9	9
101	5	8	7	4	5

<b>Número de panelista</b>	<b>¿Cuánto le gusta la muestra en general?</b>	<b>¿Cuánto le gusta el color de la muestra?</b>	<b>¿Cuánto le gusta el olor de la muestra?</b>	<b>¿Cuánto le gusta la textura de la muestra?</b>	<b>¿Cuánto le gusta el sabor de la muestra?</b>
102	8	8	8	8	8
103	8	9	9	7	9
104	7	6	8	5	6
105	7	6	9	8	8
106	5	6	7	3	5
107	9	9	9	8	9
108	8	9	9	7	8
109	7	8	8	8	8
110	8	9	9	7	7
111	8	9	9	7	8
112	7	9	8	8	8

Fuente: Elaboración propia con base en el análisis sensorial de brownie a base de pulpa de café.

