

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Caracterización y desarrollo de una harina de pulpa de café
(*Coffea arabica*)

Trabajo de graduación presentado por María Fernanda García
Pacay para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería
en Ciencias de los Alimentos

Guatemala,

2019

Caracterización y desarrollo de una harina de pulpa de café
(*Coffea arabica*)

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Caracterización y desarrollo de una harina de pulpa de café
(*Coffea arabica*)

Trabajo de graduación presentado por María Fernanda García
Pacay para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería
en Ciencias de los Alimentos

Guatemala,

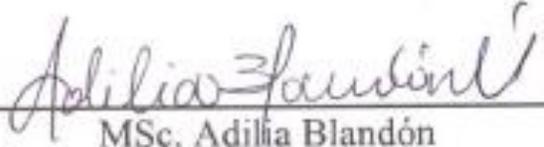
2019

Vo. Bo.

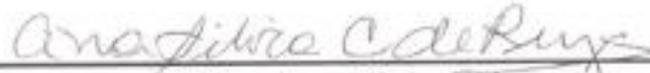
(f) 

MSc. Adilia Blandón
Asesor

Tribunal examinador:

(f) 

MSc. Adilia Blandón

(f) 

MSc. Ana Silvia Colmenares



MSc. Nancy Linde

Fecha de aprobación:

Guatemala, 5 de diciembre de 2019

PREFACIO

El objetivo de este trabajo es desarrollar y caracterizar una harina de pulpa de café (*Coffea arabica*). En el experimento se utilizó pulpa de café de la variedad Bourbon como materia prima. Se utilizaron los métodos de deshidratación y molienda para su elaboración. Este trabajo fue realizado durante el año 2019, en la Universidad del Valle de Guatemala.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la sabiduría y fortaleza necesaria para seguir adelante.

A mi mamá y papá por su apoyo económico, por su ejemplo de trabajo y superación.

A mis hermanas por su ayuda y cariño cuando más lo necesitaba.

A mis amigas por estar en cada momento y apoyo incondicional.

A mi asesora por su guía y orientación.

A los miembros del Centro de Investigación y del Departamento de Alimentos por su ayuda y paciencia.

CONTENIDO

PREFACIO	III
LISTA DE CUADROS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
III. MARCO TEÓRICO.....	6
A. GENERALIDADES DEL CAFETO ARÁBIGO	6
B. PRODUCCIÓN DEL CAFÉ	6
C. LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO Y DESCRIPCIÓN DEL CLIMA	10
D. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CAFÉ	12
E. PULPA DEL CAFÉ.....	14
F. DESPERDICIOS DE ALIMENTOS	16
G. SUSTITUCIÓN DE LA HARINA DE TRIGO EN PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN.....	17
IV. JUSTIFICACIÓN	18
V. OBJETIVOS	20
A. GENERAL.....	20
B. ESPECÍFICOS.....	20
VI. METODOLOGÍA	21
A. LOCALIZACIÓN	21
B. MÉTODOS O PROCEDIMIENTOS	21
VII. RESULTADOS.....	29
A. PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE PULPA DE CAFÉ.....	29

B. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA PULPA DE CAFÉ .	
.....	33
C. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA HARINA DE PULPA DE CAFÉ.....	34
D. FORMULACIÓN DE GALLETAS CON HARINA DE PULPA DE CAFÉ Y ANÁLISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO	36
VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	37
IX. CONCLUSIONES.....	42
X. RECOMENDACIONES.....	43
XI. BIBLIOGRAFÍA	44
XII. ANEXOS.....	47

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Composición química de la pulpa de café.....	15
Cuadro 2. Contenido de otros compuestos en la pulpa de café	15
Cuadro 3. Contenido de cenizas y de minerales en la pulpa de café	16
Cuadro 4. Formulación de galletas a base de harina de pulpa de café.....	27
Cuadro 5. Escala hedónica de 9 puntos para la evaluación sensorial	28
Cuadro 6. Análisis fisicoquímicos de la pulpa de café	33
Cuadro 7. Composición química de la pulpa de café en base seca y base húmeda	33
Cuadro 8. Medición de color de la pulpa de café	33
Cuadro 9. Análisis fisicoquímico de la harina de pulpa de café.....	34
Cuadro 10. Composición química de la harina de pulpa de café en base seca	34
Cuadro 11. Medición de color de la harina de pulpa de café.....	34
Cuadro 12. Formulación de las galletas con harina de pulpa de café	36
Cuadro 13. Análisis sensorial de galletas con harina de pulpa de café.....	36
Cuadro 14. Datos obtenidos en la deshidratación de la pulpa de café.....	51
Cuadro 15. Datos obtenidos en el análisis de humedad.....	51
Cuadro 16. Datos obtenidos en el análisis de actividad de agua	51
Cuadro 17. Datos obtenidos en el análisis de grados brix	51
Cuadro 18. Datos obtenidos en el análisis de pH.....	52
Cuadro 19. Datos obtenidos en el análisis de color	52
Cuadro 20. Datos obtenidos en el análisis de proteína	52
Cuadro 21. Datos obtenidos en el análisis de grasa	52
Cuadro 22. Datos obtenidos en el análisis de fibra cruda.....	52

Cuadro 23. Datos obtenidos en el análisis de cenizas.....	53
Cuadro 24. Datos obtenidos en el análisis de carbohidratos.....	53
Cuadro 25. Datos obtenidos en el análisis de fibra dietética para pulpa y harina.....	53
Cuadro 26. Continuación de los datos obtenidos en el análisis de fibra dietética	54
Cuadro 27. Datos obtenidos en el análisis de cafeína.....	54
Cuadro 28. Datos obtenido en el análisis de polifenoles	54
Cuadro 29. Datos obtenidos en el análisis de humedad.....	55
Cuadro 30. Datos obtenidos en el análisis de actividad de agua	55
Cuadro 31. Datos obtenidos en el análisis de grados brix	55
Cuadro 32. Datos obtenidos en el análisis de pH.....	55
Cuadro 33. Datos obtenidos en el análisis de color	56
Cuadro 34. Datos obtenidos en el análisis de proteína	56
Cuadro 35. Datos obtenidos en el análisis de grasa	56
Cuadro 36. Datos obtenidos en el análisis de fibra cruda.....	56
Cuadro 37. Datos obtenidos en el análisis de cenizas.....	57
Cuadro 38. Datos obtenidos en el análisis de granulometría	57
Cuadro 39. Datos obtenidos en el análisis de cafeína.....	57
Cuadro 40. Datos obtenidos en el análisis de carbohidratos.....	58
Cuadro 41. Datos obtenidos en el análisis de azúcares.....	58
Cuadro 42. Datos obtenidos en el análisis de polifenoles.....	58
Cuadro 43. Datos de la evaluación sensorial	58
Cuadro 44. Resumen estadístico del análisis sensorial.....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Procesamiento del grano de café y sus subproductos.....	10
Figura 2. Proceso de producción de café en la localización de estudio	11
Figura 3. Diagrama de flujo de tecnología del proceso para la elaboración de harina de pulpa de café cuando el centro de proceso está cercano a la finca.	29
Figura 4. Diagrama de flujo de tecnología del proceso para la elaboración de harina de pulpa de café cuando el centro de proceso está lejano a la finca.	30
Figura 5. Diagrama de flujo de ingeniería del proceso para la elaboración de harina de pulpa de café cuando el centro de proceso está cercano a la finca.	31
Figura 6. Diagrama de flujo de ingeniería del proceso para la elaboración de harina de pulpa de café cuando el centro de proceso está lejano a la finca.	32
Figura 7. Granulometría de la harina de pulpa de café	35
Figura 8. Pulpa de café antes de la deshidratación	47
Figura 9. Pulpa de café deshidratada	47
Figura 10. Harina de pulpa de café	48
Figura 11. Galletas con harina de pulpa de café	48
Figura 12. Formulario de consentimiento de la prueba sensorial	49
Figura 13. Formato de prueba sensorial.....	50

RESUMEN

En este estudio se trabajó con pulpa fresca de café (*Coffea arabica*) procedente de la localidad de Antigua Guatemala. Este material se considera un residuo y fue seleccionado por su disponibilidad. El objetivo principal de este estudio fue desarrollar una harina de pulpa de café (*Coffea arabica*) para brindar una opción de uso a un producto considerado como desecho en la industria de café en Guatemala.

El principal problema de la pulpa de café es que es altamente perecedero, por su alto contenido de agua, por lo que su manipulación y comercialización se hace muy difícil. Por ello es necesario el desarrollo de productos derivados de este material que preserven las propiedades nutricionales y sensoriales de la pulpa de café, y que a su vez se logre aumentar la vida útil.

El proceso de elaboración de la harina inició con la recolección de la pulpa de café directamente del despulpador en la finca. Se transportó en cubetas de plástico hacia la planta piloto de ingeniería de alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala. Se realizó una limpieza para eliminar frutos sin despulpar, granos de café, piedras, hojas y ramas. Se colocó en bandejas de metal con papel encerado y se deshidrató en un deshidratador de gabinete. Se molió hasta obtener una harina con diámetro de partícula menor a 0.25mm.

La harina de pulpa de café se considera un producto estable a temperatura ambiente por su baja actividad de agua de 0.380 y tiene un pH de 4.42. Se determinó que la harina de pulpa de café es fuente significativa de carbohidratos (61.83%) y fibra dietética (47.79%).

Tiene un porcentaje de azúcares alto (23.43%), al igual que de proteína (13.77%) y es baja en grasa (1.15%) y cafeína (0.47%).

Según el análisis sensorial las galletas con harina de pulpa de café tuvieron una excelente aceptación principalmente por el color, debido a su similitud con galletas de chocolate. El olor fue el menos aceptado, se sintieron olores a ácido y olores afrutados.

La pulpa de café tiene un porcentaje de humedad de 81.63%, carbohidratos 13.68%, fibra dietética 12.27%, azúcares 5.57%, proteína 3.47%, fibra cruda 3.28%, cenizas 1.81%, grasa 0.27%, cafeína 0.10% y polifenoles 0.18 mg ácido tánico/g pulpa. Su actividad de agua fue de 0.932, grados brix de 9.30 y pH de 4.20.

I. INTRODUCCIÓN

La pulpa de café, el principal subproducto en la industria del café representa alrededor del 40% del peso de las cerezas frescas. Fue, y sigue siendo, tirado en pilas abiertas al lado de los ríos donde se encuentran comúnmente la mayoría de las plantas de procesamiento de café. Aunque se han realizado grandes esfuerzos para utilizar la pulpa de café fresca como alimento para los rumiantes, la cafeína, los polifenoles, los taninos, los ácidos clorogénicos y cafeicos contenidos en la pulpa limitan su uso de esta manera. (Wintgens, 2004)

La pulpa del café es un desecho que provoca problemas de contaminación por su alta demanda de oxígeno y su rápida fermentación. En muchas zonas cafetaleras del país se le considera como basura y los métodos comunes para deshacerse de este material incluyen su descarga en los ríos o su amontonamiento en terrenos agrícolas cercanos, con el consecuente daño al ambiente. (Hochstetter, 2010)

El objetivo de este trabajo de graduación fue desarrollar una harina de pulpa de café como un uso potencial para el aprovechamiento de la pulpa de café fresca. El desarrollo de este producto logrará disminuir la contaminación por este subproducto, así mismo, generará más ingresos económicos para los productores de café.

La pulpa para este estudio fue recolectada en la localidad de Antigua Guatemala, las plantaciones en este lugar tienen una altura de 5,000 a 6,500 pies a nivel del mar, a estas alturas se reconoce que es café único por su pureza, acidez, cuerpo y aroma. (“Finca San Sebastián,” 2019)

La pulpa de café contiene altos porcentajes de humedad y es muy voluminoso por lo que su transporte y comercialización se dificulta, además de tener una vida útil menor a 10 horas. (Wintgens, 2004) Para la elaboración de la harina se eliminó esta humedad por medio de la deshidratación y posteriormente se molió por lo que se redujo su volumen y peso. La harina se puede considerar como un producto estable por tener baja actividad de

agua, se puede almacenar fácilmente en espacios pequeños y tiene una vida útil mucho más larga que la pulpa fresca. Los usos que se le pueden dar a la harina son variados, como productos de panificación, elaboración de salsas o infusiones de té.

La harina de pulpa de café es un producto con nutrientes esenciales como carbohidratos, fibra y proteína. Tiene bajo contenido de grasa y cafeína. Su sabor es afrutado y no es parecido al sabor del café. El olor es afrutado y ácido. Su color es marrón oscuro y en productos de panificación se logra un color parecido al chocolate. La alta concentración de antioxidantes de la harina de café prolonga naturalmente su vida útil, extendiendo también la vida útil del producto terminado. (The Coffee Cherry Co, 2019a)

II. ANTECEDENTES

En el año 2009, los autores Joachin y Bressani desarrollaron un estudio sobre la utilización en pan francés de la fibra dietética total de la pulpa de café. En este estudio se sometió la pulpa de café a varios tratamientos para limpiar y concentrar la fibra dietética, a la cual se le midieron propiedades fisicoquímicas y se utilizó como sustituto parcial de la harina de trigo, para elaborar pan francés. Los resultados obtenidos en el análisis proximal de la pulpa de café fueron un bajo contenido de humedad, el material seco tuvo 12.32% de proteína, 4.11% de grasa, 7.28% de ceniza y 21.81% de fibra cruda. El mejor tratamiento para concentrar la fibra dietética de la pulpa de café fue agua con metabisulfito de sodio. Se determinó el contenido de fibra dietética en la pulpa con valores entre 19.97 a 28.70% base seca. También obtuvieron el valor de fibra dietética en la pulpa molida a 20 mesh y se obtuvo 34.73% de fibra dietética total, es decir 6% más que la pulpa control.

Para la elaboración del pan francés se evaluaron cuatro porcentajes de sustitución 0, 5, 10 y 15%. Estadísticamente determinaron que el pan que más gustó era el que tenía el 5% de concentrado de fibra, seguido del control; mientras que los panes con 10 y 15% no llenaron las expectativas de los panelistas, especialmente en cuanto al color y textura. La incorporación en aumento de harina de pulpa de café disminuyó la altura, el diámetro y el volumen de los panes, pero aumentó la humedad, proteína y fibra dietética total. (Joachin & Bressani, 2009)

En un estudio realizado por Alejandra Días en Ecuador se evaluó la pulpa de café como fuente alternativa de antioxidantes. Se extrajeron los compuestos antioxidantes de la pulpa por el método de extracción con mezcla de solventes (metanol/acetona) y se obtuvo cantidades de DPPH 22.85, ABTS 17.93, FRAP 25.58 $\mu\text{Mol eq. Trolox /g PF}$ respectivamente y fenoles totales 135.16 mg eq. ácido gálico /100g PF. Dados estos resultados concluyeron que la pulpa fresca de café tiene una capacidad antioxidante considerable en comparación con frutas reconocidas como fuente de antioxidantes. (Días, 2011)

Por otro lado, López (2013) evaluó el incremento de la capacidad antioxidante de extractos de pulpa de café por fermentación láctica en medio sólido. Según López, la pulpa de café es una excelente fuente de antioxidantes naturales, la mayoría son difíciles de eliminar debido a su interacción química en las paredes celulares. La fermentación con bacterias ácido-lácticas es un proceso biológico sumamente importante para la obtención de compuestos polifenólicos o eliminación de ellos. En el estudio concluyeron que la pulpa de café fermentada podría ser una fuente redituable para la obtención de compuestos fenólicos que son capaces de reducir radicales libres, responsables de la aparición de células dañinas en el cuerpo humano. Los compuestos bioactivos liberados fueron identificados usando HPLC-MS. *Lactobacillus casei* mejoró la capacidad antioxidante de los extractos debido a la liberación de altas concentraciones de compuestos fenólicos como ácido clorogénico y resorcinol. (López *et al.*, 2013)

Figuroa y Mendoza en un estudio cuantificaron minerales (K, Ca, Mg y P) en pulpa y pergamino de café (*Coffea arabica* L. var. Typica). El café fue proveniente de Ecuador. Los resultados obtenidos para la pulpa de café expresados en base seca fueron: K 3.1%; Ca 0.46%; Mg 0.14% y P 0.13%. Se observa que la pulpa es fuente significativa de potasio en comparación con otros minerales. Mientras que en el pergamino de café se obtuvo resultados de K 0.16%; Ca 0.14%; Mg 0.06% y P 0.02%. También se realizó una caracterización del café en el cual se determinaron los siguientes parámetros: Color, mediante la carta de colores de la RHS, Orange-Red Group N34-A. Índice de madurez, en función a la concentración de sólidos solubles o grados Brix (10.63) y acidez titulable (8.23 ml NaOH 0.1N/100 g), 1.3, según este resultado se consideró que las muestras en cerezo no alcanzaron en su totalidad la madurez óptima. Humedad: 74.95%, cenizas 6.67%, proteína 10.73% y fibra 22.7%, todos los resultados están expresados en base seca. (Figuroa & Mendoza, 2010)

En Guatemala, Hochstetter (2010) diseñó y condujo un estudio con el fin de evaluar el uso de la pulpa de café como una alternativa para producir vinagre. Se concluyó que dados los niveles de fermentación, de alcohol y del consiguiente vinagre, se puede considerar que la producción de vinagre a partir de pulpa de café es viable. El mayor obstáculo en cuanto

a la elaboración/producción del vinagre a partir de la pulpa de café está en la competencia frente a las otras fuentes de elaboración/producción. Cabe mencionar que la disponibilidad de la pulpa es estacional, también que el proceso de limpieza de los residuos sólidos de la pulpa requiere un cuidado que actualmente no se tiene por parte de los trabajadores en los beneficios, y en cuanto a la aceptabilidad, Hochstetter afirma que el problema sería que la mayoría de la gente en Guatemala está acostumbrada a vinagres de color claro, por lo que el color oscuro del vinagre de pulpa de café les puede parecer señal de mala calidad. (Hochstetter, 2010)

En México, Fierro *et al* (2018) caracterizaron nutrimental y químicamente la pulpa de café (*Coffea arabica L.*). Se determinó humedad, pH, sólidos solubles, fenoles totales, capacidad antioxidante, proteína, grasa, fibra, cafeína y cenizas como parámetros químicos, mientras que como parámetros nutrimentales se cuantificaron N, P, K, Ca, Mg, Na, B, Cu, Fe, Mn, Zn y C. Los resultados muestran que la pulpa de café seca tiene alto contenido de fenoles totales, 10.63% de proteína, 5.78% de extracto etéreo y 9.58% de cenizas. Obtuvieron una relación C/N de 31.4. Estos resultados muestran que la pulpa de café es una fuente significativa de nutrientes esenciales. (Fierro-Cabrales, Contreras-Oliva, González-Ríos, Rosas-Mendoza, & Morales-Ramos, 2018)

III. MARCO TEÓRICO

A. Generalidades del cafeto arábigo

Se presume que el *Coffea arabica* fue definido por primera vez por Carlos Linneo en el año 1753. Las variedades más conocidas del café que se consume actualmente son *Typica* y *Borbón*, pero a partir de éstas se han desarrollado muchas cepas y cultivares diferentes. El cafeto normal de Arábica es un arbusto grande con hojas ovaladas verde oscuro. El fruto es ovalado y tarda en madurar de 7 a 9 meses, el cual pasa de un color verde intenso a rojo-cereza. (Arcila, Farfán, Moreno, Salazar, & Hincapié, 2007) La vida productiva de la planta del café inicia a los cinco años y dura hasta 25 años. (Hochstetter, 2010) El fruto del café contiene habitualmente dos semillas aplastadas (los granos de café); cuando sólo se desarrolla una semilla se llama grano caracol. El café Arábica se cultiva en toda Latinoamérica, en África Central y Oriental, en la India y un poco en Indonesia. (Arcila *et al.*, 2007) En Guatemala se cultivan variedades de la especie *Coffea arabica* L. Es la más difundida en el mundo con 70%-75% de la producción. (Orozco & Hernández, 2017)

En Guatemala, la variedad de café más cultivada es Borbón. Su producción es de 20 a 30% mayor que la de *Typica*. El fruto es de menor tamaño y un poco más corto. Se adapta a regiones con altitud hasta de 1676 msnm. (Eskenasy, 2018)

B. Producción del café

En Guatemala, en total cerca de 90 millones de cafetos son cultivados cada año (Fórum Café, 2009). En el beneficio húmedo se transforman los frutos del café de su estado uva a café pergamino. Este se desarrolla en dos fases; la primera es la húmeda o despulpe y la segunda es el secado que termina con la obtención de café pergamino seco para su almacenamiento. (Hochstetter, 2010)

1. Generalidades de la pulpa de café

Las bayas de café maduras poseen cáscara delgada, carne mucilaginosa, una cubierta y capas de cáscara de plata alrededor de la semilla, todo lo cual se debe eliminar antes de que los granos crudos se comercialicen. Las características genéticas atribuidas a las especies condicionan su potencial: las diferencias entre las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora* son inherentes a su genotipo y organizadas en 44 cromosomas para *arabica* y en 22 para *canephora*. (Hochstetter, 2010)

2. Recolección

La situación ideal es cosechar todas las cerezas frescas y maduras con el menor daño posible al árbol, independientemente del sistema de procesamiento que se utilice. Con la tecnología de recolección disponible en la actualidad, la recolección del 100% de cerezas solo se puede lograr mediante la selección manual selectiva, que corresponde principalmente a la opción más costosa disponible. No importa cuán buenos sean los recolectores y cuán uniforme sea la maduración, siempre se debe esperar un pequeño porcentaje de cerezas inmaduras y demasiado maduras durante la recolección. (Wintgens, 2004)

En el caso de la selección manual selectiva, la elección de las cerezas maduras se realiza por medios visuales utilizando el color como criterio. (Wintgens, 2004) Las bayas de café se cortan a mano y se transportan en costales hasta el beneficio húmedo o seco. El fruto recién cortado no debe pasar mucho tiempo en los costales debido a que empieza a fermentarse. (Hochstetter, 2010)

El almacenamiento de las cerezas frescas en bolsas, sacos, tolvas o silos no debe durar más de 8 h. De lo contrario, la fermentación generará los temidos frijoles “apestosos”, que aparecen cuando la temperatura antes de la producción de la pulpa supera los 40-42 °C. (Wintgens, 2004)

3. Despulpe

El café cereza cosechado es despulpado inmediatamente. Para facilitar el beneficiado y reducir los riesgos de contaminación por hongos y micotoxinas, los frutos secos, sobre maduros y vanos, así como de las hojas y materias extrañas, están separados de las cerezas maduras. (Gómez, 2010)

Una cereza madura contiene mucha agua, por lo que los granos de pergamino saldrán fácilmente cuando se exprima la cereza. Esto es lo que sucede cuando presionamos una cereza de café madura entre nuestros dedos. (Wintgens, 2004)

4. Fermentación

Después del despulpado, el café es colocado en tanques de fermentación para permitir la remoción del mucílago. El mucílago es insoluble en agua y se adhiere al pergamino con demasiada fuerza para eliminarlo con un simple lavado. (Wintgens, 2004) Este período varía entre 10 y 14 horas, se debe estar pendiente del progreso para evitar sobre fermentación del café. Una vez fermentado en su punto óptimo, el café será lavado con abundante agua limpia para sacar todo el mucílago. (Gómez, 2010)

Durante la fermentación del mucílago actúan bacterias, levaduras y enzimas, que transforman los compuestos pécticos y azúcares, en alcoholes y ácidos orgánicos. Estos microorganismos hacen parte de la flora natural de los frutos de café. (Peñuela-Martínez, Oliveros-Tascón, & Sanz-Urbe, 2010) El pergamino fermentado debe lavarse inmediatamente después de que se complete la fermentación. (Wintgens, 2004)

5. Secado

Esta es la etapa más delicada e importante del proceso de producción de café y lo que se persigue es conservar la calidad del café. El secado puede realizarse de dos formas individuales o realizar ambas. La primera y más económica y ecológica es el secado al sol.

El secado al sol se realiza en grandes patios planos en donde se aprovecha la energía solar. La segunda opción es hacerlo en máquinas secadoras, estas funcionan con combustible o electricidad. (Hochstetter, 2010)

En el secado al sol el café pergamino debe extenderse sobre un suelo de hormigón o baldosas en capas delgadas de no más de 2.5 cm de espesor. Mientras se seca previamente, el pergamino debe voltearse muy a menudo, al menos cada media hora y con mayor frecuencia si el día está nublado. (Wintgens, 2004)

Se deben tener ciertas consideraciones como: realizar el secado inmediatamente después del lavado para detener la fermentación, no se debe pisar el café durante el secado al sol, usar equipos de protección contra lluvias para evitar que se moje, el aire de secado no debe ser mayor de 55°C o se deteriora la calidad del café y no se debe interrumpir el proceso de secado. (Hochstetter, 2010)

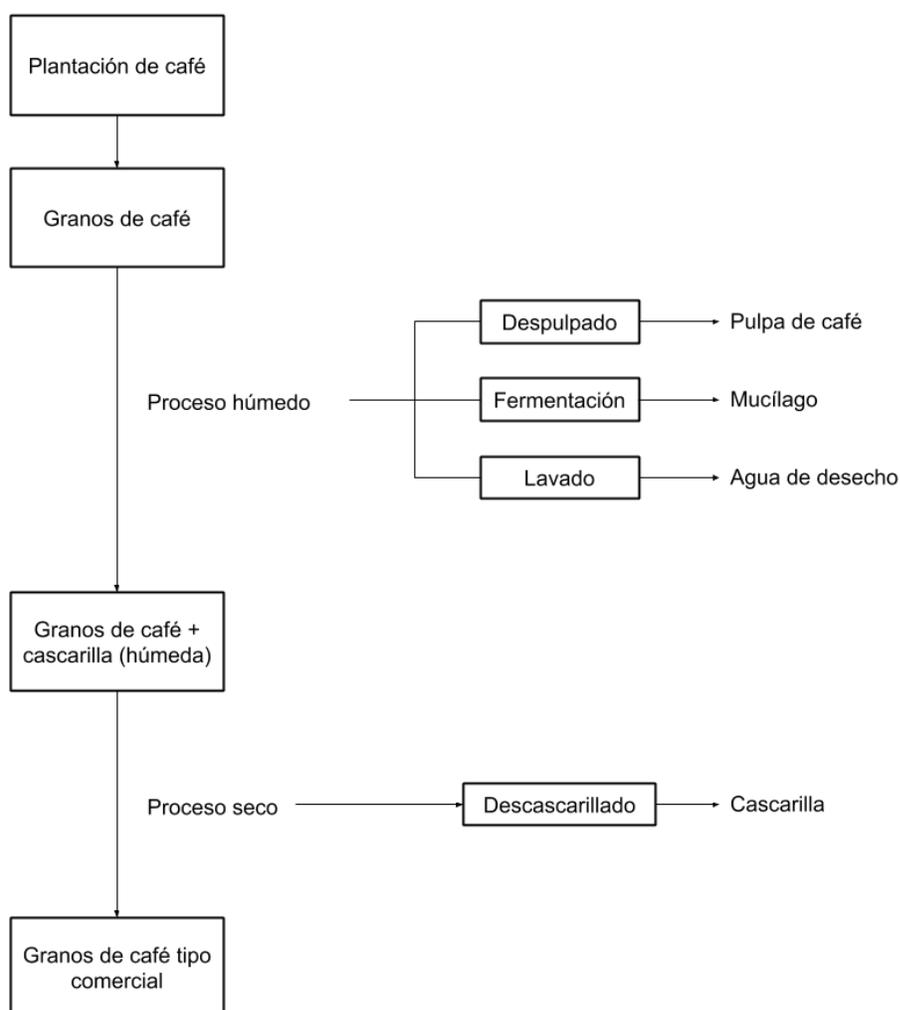
6. Descascarillado y clasificación de los granos

Para su exportación, es necesario retrillar el café para quitarle la fina capa o cáscara que sigue envolviendo al grano pergamino. Al ya no tener esta capa al café se le denomina “oro” y se clasifican según su tamaño, peso y calidad, se eliminan los granos malos o deformes y las impurezas. (Hochstetter, 2010) Los productores revisan los granos para identificar defectos físicos que deterioren la calidad, y miden la humedad de los granos. (Gómez, 2010)

7. Conservación y almacenaje

El café se guarda en un lugar seco, oscuro, fresco y sellado al vacío. El lugar de almacenaje debe estar limpio, cuando el ambiente está húmedo y frío se rehumedece y es atacado por hongos, y cuando el ambiente está muy seco y cálido se sobre seca y pierde peso. (Hochstetter, 2010)

Figura 1. Procesamiento del grano de café y sus subproductos



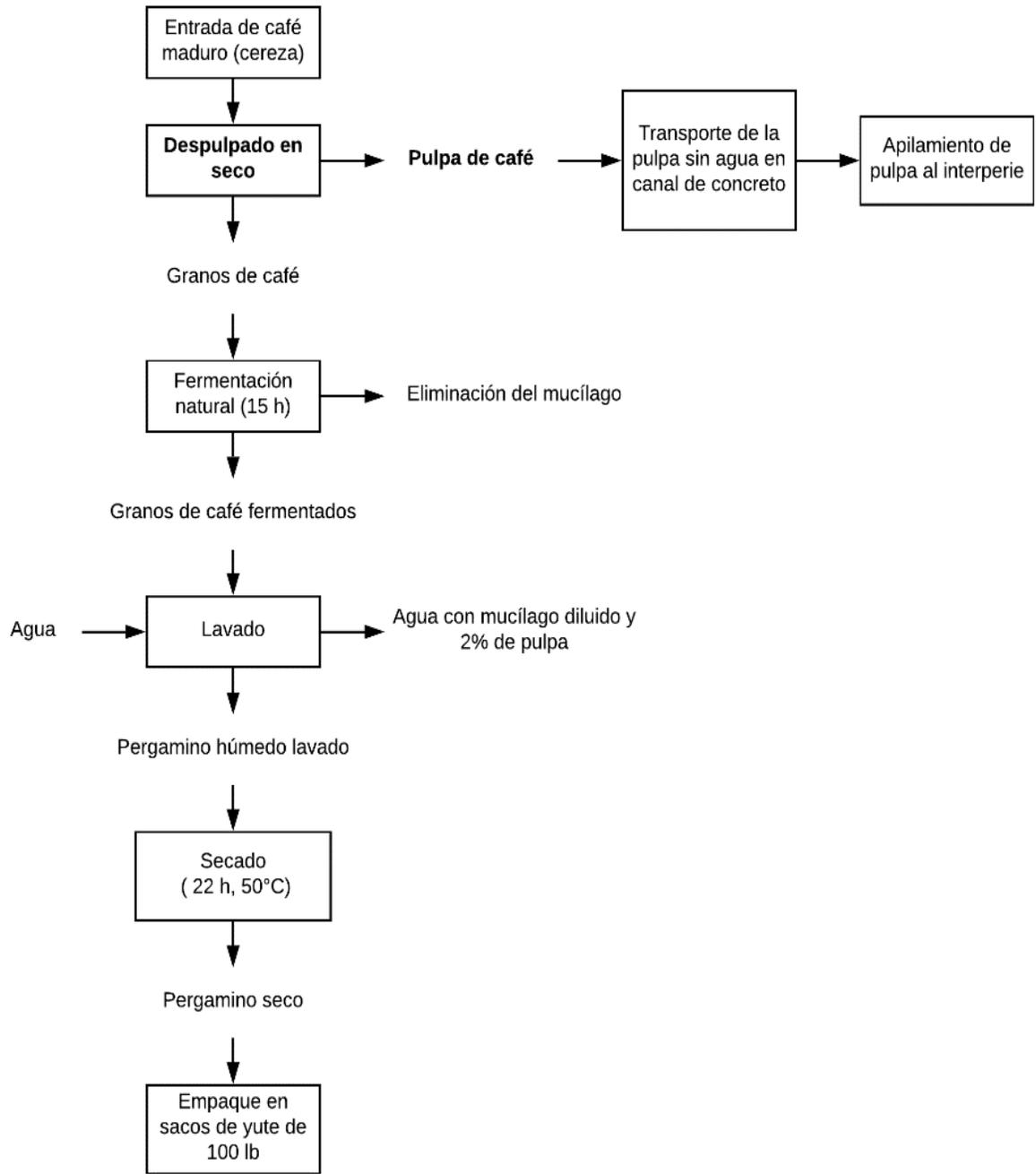
Fuente: (Braham & Bressini, 1978)

C. Localización del estudio y descripción del clima

La pulpa de café utilizada fue recolectada en la localidad de Antigua Guatemala, la cual pertenece a la región Antigua Clásico. Los cafés de Antigua son conocidos como clásicos porque provienen de la cuna del café guatemalteco, y porque es una de las regiones productoras más conocidas. El valle de Antigua está dominado por los volcanes de Fuego, Agua y Acatenango, gracias a los cuales la zona posee suelos volcánicos que se caracterizan por su riqueza y buen drenaje. La taza de café de Antigua Clásico tiene un

cuerpo pronunciado, un aroma rico y balanceado y una acidez fina y destacada. En esta región el grano es cosechado a una altura de 1400-1700 metros. La cosecha se realiza en los meses de noviembre a marzo. Las principales variedades cultivadas son Typica, Caturra, Bourbon Typica y Pache. (Fórum Café, 2009)

Figura 2. Proceso de producción de café en la localización de estudio



Fuente: Elaboración propia.

D. Importancia económica del café

1. A nivel mundial

La oferta de café depende del cambio climático. Para el 2050, se estima que el consumo de café puede llegar a 300 millones de sacos, algunos países serán más afectados por sequías y no estarán en la producción. (Eskenasy, 2018)

Brasil es el principal productor a nivel mundial y segundo consumidor. La producción de Brasil para la temporada 2018/2019 ha sido estimada en un rango de entre 55 a 60.7 millones de sacos de 60 kilos. El consumo se estima que subirá a 22.5 millones de sacos. (Eskenasy, 2018)

La demanda de café en Estados Unidos está creciendo, gracias al grupo conocido como los millennials, jóvenes entre los 19 y 34 años. Los millennials están empujando el café a niveles récord, ya que actualmente consumen el 44% del café en Estados Unidos. Durante la última década, el consumo de café entre el grupo de 18 a 24 años se incrementó de un 34% a un 48%. Entre el grupo de 25 a 39 años se incrementó de un 51% a un 60%, según datos de Asociación Nacional del Café de Nueva York, quienes también reportaron que el consumo, entre los adultos de 60 años y más, disminuyó del 76% al 64%. En el grupo de los 40 a 59 años también ocurrió un descenso. Los millennials actualmente empiezan a tomar café a los 14.7 años comparado a 17.1 años en 1982, debido a la expansión de la cultura del café, las tiendas de café y del sistema encapsulado, además del proceso de urbanización en los países emergentes que luego se convierten en consumidores habituales. (Eskenasy, 2018)

La alta competencia en la economía mundial requiere mejoras constantes en términos de producción, procesamiento, empaque, distribución y ventas. Los productores y procesadores de café deben actualizarse día a día y el lema es "competitividad". Sumado a esto, un compromiso moral y ecológico hacia la preservación del agua, el suelo y la vegetación es una consideración predominante. (Wintgens, 2004)

2. En Guatemala

En Guatemala el cultivo del café es trascendental para el desarrollo económico, educativo, social y cultural desde la primera mitad del siglo XVIII. El café es un símbolo de identidad para Guatemala según el Acuerdo Ministerial 606-2018, publicado el 17 de agosto de 2018 “Conocimientos Tradicionales de la Caficultura”. A nivel mundial, el café guatemalteco destaca por su calidad y su proceso de producción. Dicha calidad se debe en gran medida a las diferentes altitudes que posee la geografía nacional y la variedad de microclimas con patrones de lluvia beneficiosos para este cultivo. (ANACAFE, n.d.)

Guatemala es el mayor productor de café de Centroamérica. Se cultiva básicamente café arábica la mayor parte del cual, cerca del 90%, se vende al exterior como café de calidad. Estados Unidos es el principal socio comercial de Guatemala, el 27% de todos los cafés de Guatemala son exportados a Europa. (ANACAFE, n.d.)

Unos 460 gramos de café de Guatemala pueden llegar a valer entre 14 o 15 dólares USA; ello hace que no sólo propietarios de grandes fincas lo vendan en el mercado internacional sino también los pequeños caficultores reunidos en cooperativas, modalidad que empezó en la década de 1960. (Fórum Café, 2009)

Más de 59,000 caficultores guatemaltecos son pequeños productores, empresas familiares que han mantenido la tradición de cultivar este producto agrícola desde hace más de tres generaciones. En algunas de las regiones, como Nuevo Oriente y Atitlán, del 80 al 90% del grano, es producido por pequeños caficultores (Fórum Café, 2009). Por lo que, se ve la necesidad de aprovechar todos los subproductos de la producción de café. Los pequeños productores pueden comercializar la pulpa de café deshidratada.

Actualmente el área cultivada de café representa solamente el 2.5% del área total del país. Más de 61 mil empresarios pequeños, medianos y grandes se dedican al cultivo del

café, promoviendo el desarrollo de sus comunidades. La caficultura emplea cerca del 11% de la población económicamente activa. (Fórum Café, 2009)

Durante la cosecha 98-99, gracias al cultivo del café, ingresaron en Guatemala US\$581 millones en divisas, resultado de los 4,9 millones de sacos de 60 kg. exportados a Norteamérica, Europa y Asia. (Fórum Café, 2009)

E. Pulpa del café

La pulpa de café es una capa gruesa (5 milímetros) de células esponjosas que rodea el grano en el cafeto (Hochstetter, 2010). La pulpa y el mucílago constituyen los subproductos más abundantes del proceso de beneficio húmedo del café y representan alrededor del 60% del peso del fruto fresco. Cuando no se utilizan adecuadamente generan la mayor fuente de contaminación ambiental en la zona cafetera. Se ha calculado que la pulpa y el mucílago generados durante el beneficio húmedo del café, para la obtención de una arroba de café pergamino seco, producen una contaminación equivalente a la generada por los excrementos y orina de 100 personas en un día. (Blandon Castaño, Davila Arias, & Rodriguez Valencia, 1999)

Cuando la pulpa de café se vierte en campo abierto, en unos pocos días hay una proliferación auto inhibida de microorganismos termofílicos que fermentan la pulpa de café generando altas temperaturas, un pH bajo y una gran demanda de oxígeno biológico. (Wintgens, 2004)

La posibilidad de usar la pulpa de café se limita teniendo en cuenta que tiene una vida útil de alrededor de 10 horas, con lo cual se hace estrictamente necesario procesar el mucílago y la pulpa antes de su descomposición, lo que implica realizar un movimiento logístico que garantice su aprovechamiento adecuado. (Ramirez & Jaramillo, 2013)

La utilización de la pulpa siempre ha constituido un problema tanto en el procesado en seco como en el húmedo, puesto que los granos secos constituyen solo la tercera o cuarta parte del peso de los frutos frescos. (Hochstetter, 2010)

Cuadro 1. Composición química de la pulpa de café

Parámetro (%)	Fresca	Deshidratada	Fermentada naturalmente y deshidratada
Humedad	76.7	12.6	7.9
Materia seca	23.3	87.4	92.1
Extracto etéreo	0.48	2.50	2.60
Fibra cruda	3.40	21.0	20.8
Proteína cruda N x 6.25	2.10	11.2	10.7
Cenizas	1.50	8.30	8.80
Extracto libre de nitrógeno	15.8	44.4	49.2

Fuente: (Braham & Bressini, 1978)

Cuadro 2. Contenido de otros compuestos en la pulpa de café

Compuesto	% base seca
Taninos	1.80-8.56
Sustancias pécticas totales	6.50
Azúcares reductores	12.40
Azúcares no reductores	2.00
Cafeína	1.30
Ácido clorogénico	2.60
Ácido cafeico total	1.60

Fuente: (Braham & Bressini, 1978)

Cuadro 3. Contenido de cenizas y de minerales en la pulpa de café

Compuesto	Contenido
Ceniza , g%	8.30
Ca, mg%	554
P, mg%	116
Fe, mg%	15
Na, mg%	100
K, mg%	1765
Mg	Trazas
Zn, ppm	4
Cu, ppm	5
Mn, ppm	6.25
B, ppm	26

Fuente: (Braham & Bressini, 1978)

F. Desperdicios de alimentos

El desperdicio de alimentos se refiere a las pérdidas derivadas de la decisión de desechar los alimentos que todavía tienen valor y se asocia principalmente con el comportamiento de los vendedores mayoristas y minoristas, servicios de venta de comida y consumidores. La “pérdida de alimentos” se refiere a la disminución de la masa disponible de alimentos para el consumo humano a lo largo de la cadena de suministro, pero principalmente en las fases de producción, postcosecha, almacenamiento y transporte. (FAO, 2014)

Las pérdidas y desperdicios de alimentos impactan la sostenibilidad de los sistemas alimentarios, reducen la disponibilidad local y mundial de comida, generan pérdidas de ingresos para los productores, aumentan los precios para los consumidores e impactan de manera negativa en su nutrición y salud, y afectan al medio ambiente debido a la utilización no sostenible de los recursos naturales. (FAO, 2014)

Según la FAO (2014) el desperdicio de alimentos por segmento esta dado por el 28% en consumo, 28% en producción, 22% en manejo y almacenamiento, 17% en mercado y distribución y 6% durante el procesamiento

G. Sustitución de la harina de trigo en productos de panificación

La harina de café se puede combinar con cualquier harina, los mejores resultados ocurren típicamente con una sustitución del 10 al 25%. No se pretende sustituir el 100% de la harina de trigo o libres de gluten. Se recomienda usarlo al 10-15% al inicio y se puede aumentar el porcentaje a medida que se familiarice con las propiedades y comportamiento con otros ingredientes. (The Coffee Cherry Co, 2019a)

Debido a su composición fibrosa, la harina de café requiere un mayor porcentaje de hidratación. La hidratación puede aumentar entre 10% y 25%, dependiendo de la tosquedad de la harina de café y las propiedades de las otras harinas que se utilizan; se puede usar jugos para amplificar varias notas de sabor. (The Coffee Cherry Co, 2019a)

Al mezclar la harina de café con otra harina se debe tamizar las harinas juntas en lugar de agregarlas por separado, agregarlas por separado puede provocar una absorción de hidratación desigual. Los productos horneados con harina de café se elevan menos que los productos típicos de levadura. (The Coffee Cherry Co, 2019a)

Se puede usar goma guar o goma xanthan como aglutinante cuando se use harina de café con otras harinas sin gluten. La harina de café es oscura por naturaleza, por lo tanto, los productos horneados aparecerán más oscuros mientras se hornea.

IV. JUSTIFICACIÓN

El café, después del petróleo, es el producto que más se comercializa en el mundo. (Figueroa & Mendoza, 2010) En Guatemala, según estadísticas de la Asociación Nacional del Café en la cosecha de 2017/2018 se produjo un ingreso de 693 millones de dólares, con una exportación total de 3.4 millones de sacos de 60 kg de café.

La pulpa de café es uno de los subproductos del cultivo del café (*Coffea arabica*) que presenta una gran variedad de alternativas para ser recicladas en su totalidad; de 1,000 gramos de fruto de café fresco, el 43.2% representa la pulpa de café. (Joachin & Bressani, 2009)

La pulpa genera la mayor fuente de contaminación ambiental en la zona cafetera. Se ha calculado que la pulpa y el mucílago generados durante el beneficio húmedo del café, para la obtención de una arroba de café pergamino seco, producen una contaminación equivalente a la generada por los excrementos y orina de 100 personas en un día. (Blandon Castaño *et al.*, 1999) La contaminación del medio ambiente por la pulpa de café es significativa debido al largo tiempo de su degradación. La pulpa puede contaminar suelos y ríos.

El uso de la pulpa de café es una solución positiva para el medio ambiente, porque se reducirán los gases de efecto invernadero, si se reducen las pilas de descomposición de pulpa. Así mismo, representarían una nueva fuente de ingresos para las industrias cafetaleras, ya que la pulpa de café podría llegar a tener un precio más elevado que el grano de café. El precio del café depende del mercado, en los últimos años el precio ha ido disminuyendo por lo que este estudio puede representar un beneficio para aumentar los ingresos de los productores de café. Además de desarrollar productos muy nutritivos altos en fibra, antioxidantes y proteína.

Este estudio tiene como un objetivo la caracterización de la pulpa de café. En varios estudios se menciona que la pulpa de café contiene componentes muy importantes como antioxidantes, fibra, proteína, minerales como potasio y fosforo, entre otros. La determinación de parámetros como humedad, proteína, grasa, fibra, cenizas y cafeína en la pulpa de café servirán como guía para la evaluación y determinación de usos potenciales de la pulpa de café en la industria alimentaria.

Los usos principales que se le da actualmente a la pulpa de café son para la elaboración de abonos, como alimento de animales como gallinas y cerdos y producción de etanol. En la industria alimentaria a la pulpa de café se le puede dar varios usos como la elaboración de harina, elaboración de bebidas antioxidantes y elaboración de mermeladas.

El objetivo principal de este estudio es elaborar una harina de pulpa de café, esta harina puede ser usada para la elaboración de productos de panadería, como galletas, pasteles y panes. Se realizará un análisis sensorial de galletas a base de harina de pulpa de café para evaluar la aceptabilidad del aspecto en general, apariencia, olor, color y sabor en general.

V. OBJETIVOS

A. General

Desarrollar una harina de pulpa de café (*Coffea arabica*).

B. Específicos

1. Establecer el proceso tecnológico para la elaboración de una harina de pulpa de café.
2. Caracterizar fisicoquímicamente la pulpa fresca de café.
3. Caracterizar fisicoquímicamente la harina de pulpa de café.
4. Realizar un análisis sensorial para evaluar la aceptación de la harina de pulpa de café incluida en la formulación de galletas.

VI. METODOLOGÍA

A. Localización

Se trabajó con residuos de café (*Coffea arabica*) (pulpa fresca) procedente de la localidad de Antigua Guatemala la cual fue seleccionada por su disponibilidad y localidad geográfica.

B. Métodos o procedimientos

Todos los análisis se realizaron en triplicado.

1. Recepción de la pulpa de café

La pulpa de café se recolectó en cubetas de plástico lavadas y secas, directamente del canal de concreto que sale de la despulpadora. Se transportó en carro hasta la planta piloto en la Universidad del Valle de Guatemala (1.30 horas de camino). Se pesó y realizó la limpieza inicial para separar granos de café, bayas sin despulpar y hojas.

2. Deshidratación de la pulpa de café

La pulpa de café se colocó en bandejas de metal con papel encerado. Se usó un deshidratador de gabinete a una temperatura de 95°C por 7 horas.

3. Análisis fisicoquímicos de la pulpa y harina de café

- a. Humedad: se pesaron 10g de la pulpa/harina y se colocaron en horno a 60°C toda una noche, al día siguiente se colocaron en desecadora hasta que alcanzó temperatura ambiente y se pesó nuevamente. Se expresó en porcentaje.

- b. pH: se licuaron 10g de pulpa y se disolvieron en 10ml de agua, se realizó la medición directa con potenciómetro, calibrado previamente. Para la harina se disolvieron 10g en 10ml de agua y se realizó la medición directa con potenciómetro.
- c. Color: medición directa con colorímetro MiniScan EZ.
- d. Actividad de agua: medición directa con equipo AquaLab.
- e. Sólidos solubles: medición directa con refractómetro.

4. Caracterización proximal de la pulpa y de la harina de pulpa de café

- a. Proteína total: método Kjeldahl 920.152 del AOAC 2005

Digestión: Se pesó en balones Kjeldahl:

- 0.25g de muestra
- ½ pastilla Kjeldahl
- 3 ml de H₂SO₄ concentrado

Se colocó en sistema de Kjeldahl hasta que el residuo quedó cristalino. Destilación: el residuo cristalizado se disolvió en 275 ml de agua destilada. Se colocaron los balones en el aparato destilador y se agregó NaOH 10N + 10 ml de ácido bórico 4% y 3 gotas de rojo de metilo. Se tituló con HCl 0.1N. Los resultados se expresaron en porcentaje.

- b. Grasa: método 922.06 del AOAC 2005

Se pesó 5 g de muestra seca y molida en papel filtro formando luego un paquetito. 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 pesan los recipientes con la grasa. Los resultados se expresaron en porcentaje.

c. Fibra cruda: método 962.09 E del AOAC 2005

Se pesó 1g de muestra seca molida y desgrasada con 200 ml de H₂SO₄ (1.25%). Se llevó a ebullición en el digestor por ½ hora, 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 ½ hora nuevamente, se filtró y se lavó con agua destilada caliente hasta neutralizar.

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

d. Fibra dietética: método 985.29 del AOAC 2005

Adición de enzima α -Amilasa:

La muestra debe estar desgrasada. Se pesó 1.000g de la muestra desgrasada y se colocó en beaker de 600ml. Se agregó 50ml de solución amortiguadora de fosfatos 0.08M + 0.10 ml de la enzima α -Amilasa, se mezcló y tapó con papel aluminio, se colocó en un baño de agua en ebullición con agitación constante. Se incubó la solución por 15 min después de haber alcanzado los 95°C. Se dejó enfriar hasta temperatura ambiente y se agregó 10ml de solución NaOH 0.275N.

Adición de enzima proteasa:

Se pesó 50 mg de proteasa en un vaso de precipitados + 1.0 ml de solución amortiguadora de fosfato 0.08M. Se colocó 0.1ml de esta solución en cada beaker que contenía la muestra. Se cubrió con papel aluminio y se colocó en un baño de agua a 60°C con agitación constante. Se incubó por 30 min y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente. Se añadió 10 ml de solución 0.325M de HCl

Adición de enzima amiloglucosidasa:

Se agregó 0.1 ml de la enzima, se cubrió con papel aluminio y se colocó en baño de agua a 60°C con agitación constante por 30 min. Se agregaron 4 volúmenes de etanol al 95% a cada vaso de precipitados, y se dejó reposar toda la noche.

Filtración y lavado:

En crisoles de vidrio con fondo poroso secos se agregó 0.5000g de celite y se humedeció con etanol al 78%. Se siguió el siguiente procedimiento para el lavado:

- 1) Lavado con tres porciones de 20 ml de etanol al 78%
- 2) Lavado con dos porciones de 10 ml de etanol al 95%
- 3) Lavado con dos porciones de 10 ml de acetona

Los residuos se pasaron a los crisoles y se filtraron con equipo al vacío.

Secado de muestra:

Se colocaron los crisoles en horno a 60°C toda la noche. Al día siguiente se colocaron en desecadora y se pesaron.

Determinación de proteína y cenizas:

Se realizó el procedimiento mencionado anteriormente para determinar proteína y cenizas. Los resultados se expresaron como porcentajes.

e. Cenizas: método 900.02 A-B del AOAC 2005

Se pesó un crisol de porcelana + 1 g de la muestra. Se colocó en 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.

f. Carbohidratos:

Se realizó por diferencia. Se restó del 100% la fibra cruda, humedad, grasa, proteína y cenizas.

g. Cafeína: método por HPLC AOAC 2005

Preparación de la curva de calibración:

Se pesó 10.0mg de estándar de cafeína y se disolvieron en 100 ml de agua destilada en balón aforado.

Se prepararon diluciones de 4, 6, 8, 10 y 12 ml de la solución anterior en balones de 100ml. Se leyó la absorbancia en espectrofotómetro UV a 254nm.

Preparación de las muestras:

Se pesó 1.000g de la muestra y se disolvió en 50 ml de agua, se llevó a ebullición por 5 min con agitación. Se dejó enfriar a temperatura ambiente y se filtró en papel filtro #4. Se aforó la solución a 100ml en un balón. Se tomó 1 ml y se diluyó en 25 ml de agua destilada, se filtró nuevamente en papel filtro #4.

Análisis por HPLC:

Se filtraron las muestras en filtros de membrana de celulosa y se inyectaron las muestras en el cromatógrafo.

h. Polifenoles: método Folin-Ciocalteu AOAC 2005

Preparación de la curva de calibración:

Tubo	Solución de ácido tánico	Agua uL	Folin uL	Na ₂ CO ₃
1	200	800	2500	2000
2	400	600	2500	2000
3	600	400	2500	2000
4	800	200	2500	2000
5	1000	0	2500	2000
6	0	1000	2500	2000

Preparación de la muestra:

Se pone a extraer 10.000g de muestra molida con 50ml de etanol, agitando constantemente a temperatura ambiente durante 1 hora. Se filtró la solución en papel filtro #4. Se agregaron 2500 uL del reactivo de folin + 2000 uL de Na₂CO₃.

Análisis de los estándares y muestra:

Los estándares y la muestra se prepararon en tubos de ensayo y se dejaron reposar por 30 min. Se leyó la absorbancia de estándares y muestras a 765 nm en espectrofotómetro UV/VIS. El contenido fenólico total se expresó como equivalentes de ácido tánico en mg/g de muestra.

5. Determinación de tamaño de partícula de la harina de pulpa de café

- a. Se pesaron los tamices vacíos.
- b. Se pesó 10.000g de harina y se colocó en el equipo Ro-Tap por 10min.
- c. Se pesaron los tamices con la muestra.

6. Elaboración de galletas de harina de pulpa de café

Cuadro 4. Formulación de galletas a base de harina de pulpa de café

Ingrediente	Porcentaje
Harina de pulpa de café	5.00
Harina de trigo todo uso	26.55
Bicarbonato de sodio	0.41
Mantequilla sin sal	22.99
Azúcar morena	22.38
Azúcar blanca	10.17
Sal	0.81
Huevos	10.17
Vainilla	1.53
Total	100%

7. Análisis sensorial de las galletas de harina de pulpa de café

Se realizó una evaluación sensorial de aceptación utilizando el método de Escala Hedónica, en la cual se evaluó el aspecto en general, la apariencia, color, olor y sabor. El número total de panelistas que participaron fue de 60 personas.

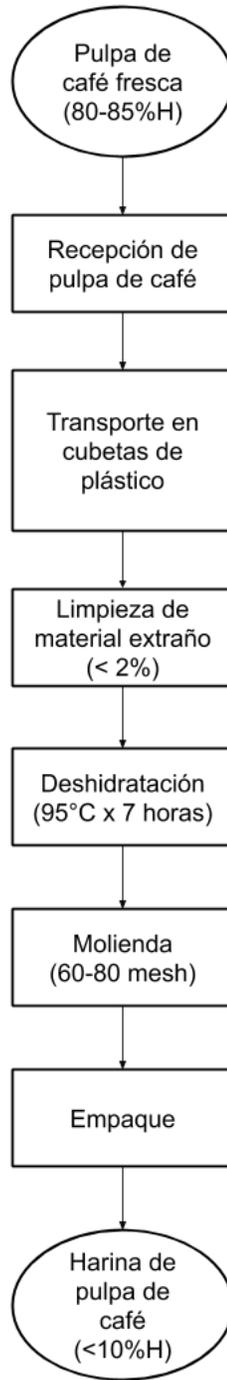
Cuadro 5. Escala hedónica de 9 puntos para la evaluación sensorial

Puntaje	Calificación
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta , ni me disgusta
4	Me disgusta ligeramente
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

VII. RESULTADOS

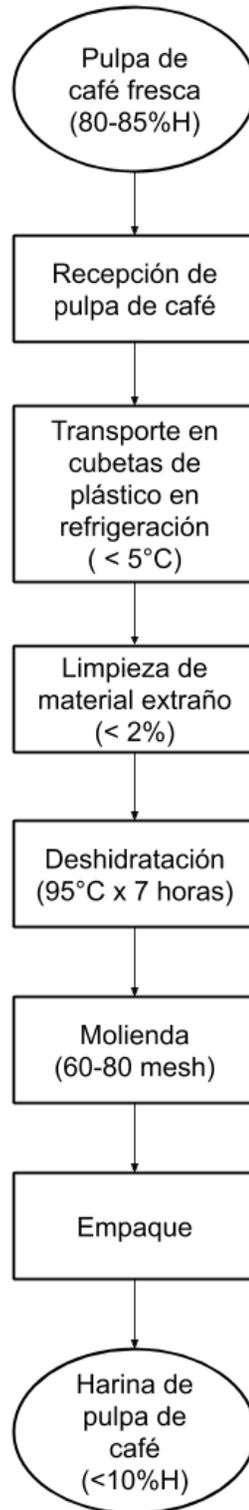
A. Proceso tecnológico para la elaboración de harina de pulpa de café

Figura 3. Diagrama de flujo de tecnología del proceso para la elaboración de harina de pulpa de café cuando el centro de proceso está cercano a la finca.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Diagrama de flujo de tecnología del proceso para la elaboración de harina de pulpa de café cuando el centro de proceso está lejano a la finca.



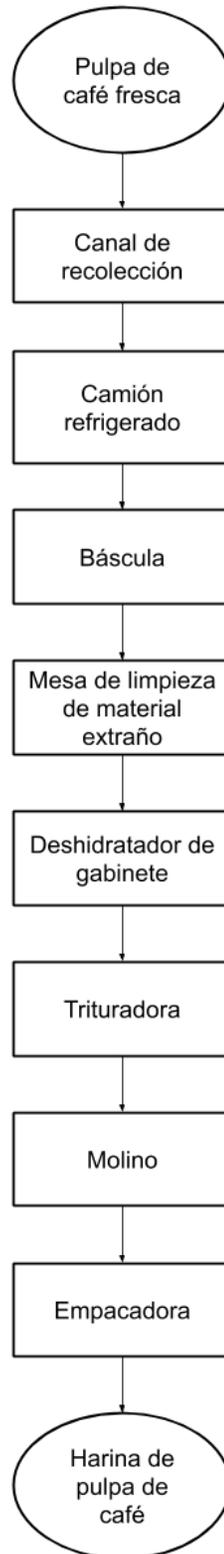
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Diagrama de flujo de ingeniería del proceso para la elaboración de harina de pulpa de café cuando el centro de proceso está cercano a la finca.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Diagrama de flujo de ingeniería del proceso para la elaboración de harina de pulpa de café cuando el centro de proceso está lejano a la finca.



Fuente: Elaboración propia

B. Caracterización fisicoquímica de la pulpa de café

Cuadro 6. Análisis fisicoquímicos de la pulpa de café

Parámetro medido	Pulpa de café
Actividad de agua	0.932 ± 0.009
Grados brix	9.30 ± 0.36
pH	4.20 ± 0.01

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7. Composición química de la pulpa de café en base seca y base húmeda

Parámetro medido	Pulpa de café (base húmeda)	Pulpa de café (base seca)
Humedad (%)	81.63 ± 0.96	18.37 ± 0.96
Proteína (%)	3.47 ± 0.07	15.42 ± 0.32
Grasa (%)	0.27 ± 0.06	1.19 ± 0.27
Cenizas (%)	1.81 ± 0.01	8.03 ± 0.03
Fibra cruda (%)	3.28 ± 0.12	14.56 ± 0.54
Fibra dietética (%)	12.27 ± 0.94	54.53 ± 4.19
Cafeína (%)	0.10 ± 0.001	0.43 ± 0.01
Carbohidratos (%)	13.68 ± 0.03	60.80 ± 0.12
Polifenoles (mg ác. tánico/g)	0.18 ± 0.01	0.78 ± 0.03
Azúcares (%)	5.57 ± 0.02	24.74 ± 0.08

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 8. Medición de color de la pulpa de café

Parámetro medido	Pulpa de café
L	18.18 ± 0.56
a	7.15 ± 0.20
b	7.22 ± 0.46

Fuente: Elaboración propia.

C. Caracterización fisicoquímica de la harina de pulpa de café

Cuadro 9. Análisis fisicoquímico de la harina de pulpa de café

Parámetro medido	Harina de pulpa de café
Actividad de agua	0.380 ± 0.003
Grados brix	$6.10 \pm 1.09 \times 10^{-15}$
pH	4.42 ± 0.03

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 10. Composición química de la harina de pulpa de café en base seca

Parámetro medido	Harina de pulpa de café (base seca)
Humedad (%)	7.01 ± 0.07
Proteína (%)	13.77 ± 0.26
Grasa (%)	1.15 ± 0.17
Cenizas (%)	8.56 ± 0.02
Fibra cruda (%)	7.69 ± 0.32
Fibra dietética (%)	47.79 ± 1.76
Cafeína (%)	0.47 ± 0.06
Carbohidratos (%)	61.83 ± 0.61
Polifenoles (mg ác. tánico/g)	0.95 ± 0.01
Azúcares (%)	23.43 ± 0.12

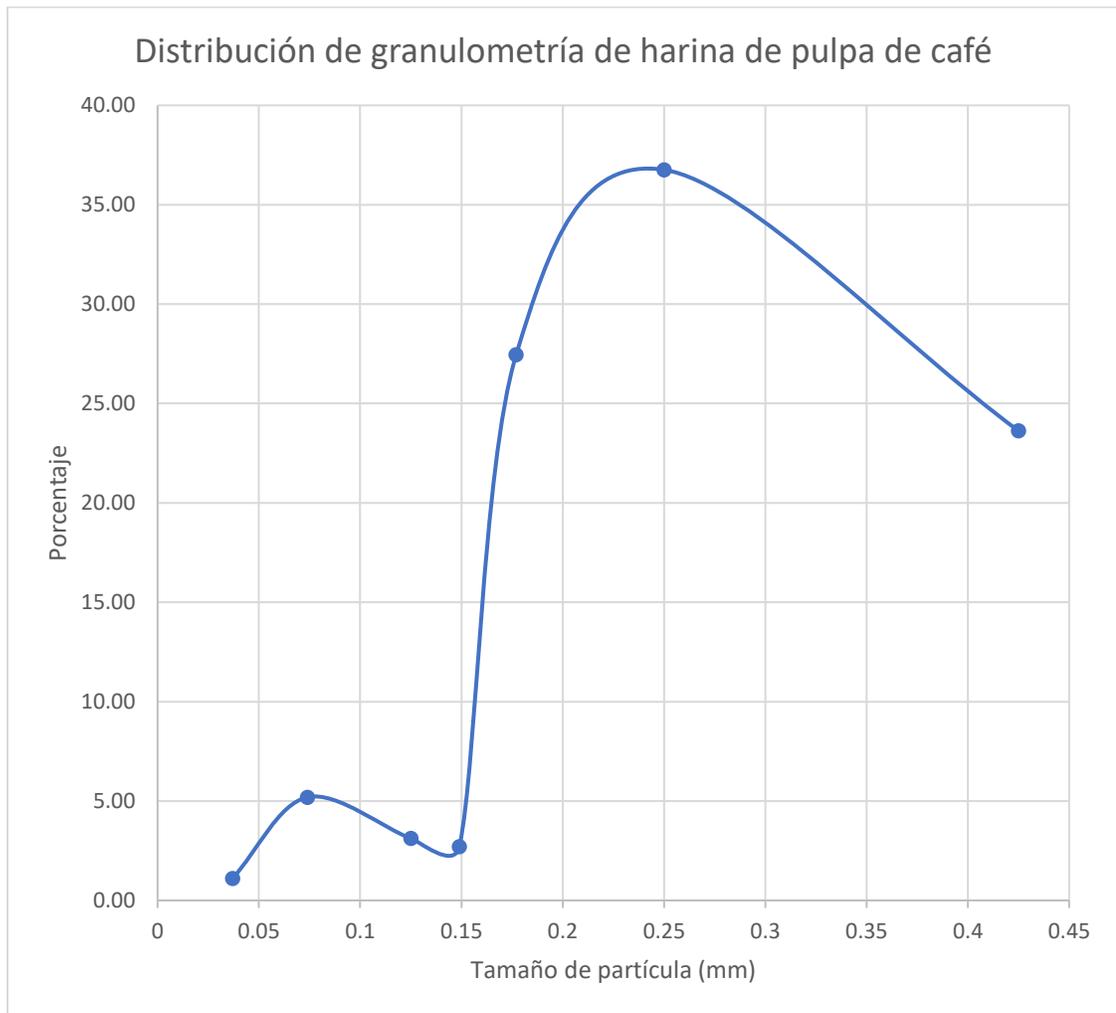
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 11. Medición de color de la harina de pulpa de café

Parámetro medido	Harina de pulpa de café
L	42.08 ± 0.09
a	13.11 ± 0.17
b	28.15 ± 0.34

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Granulometría de la harina de pulpa de café



Fuente: Elaboración propia.

D. Formulación de galletas con harina de pulpa de café y análisis sensorial del producto

Cuadro 12. Formulación de las galletas con harina de pulpa de café

Ingrediente	Porcentaje
Harina de pulpa de café	5.00
Harina de trigo todo uso	26.55
Bicarbonato de sodio	0.41
Mantequilla sin sal	22.99
Azúcar morena	22.38
Azúcar blanca	10.17
Sal	0.81
Huevos	10.17
Vainilla	1.53
Total	100%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 13. Análisis sensorial de galletas con harina de pulpa de café.

Variable	Media	Moda	Mediana
Aspecto en general	7.00 ± 1.39	8.00	7.00
Apariencia	7.15 ± 1.46	8.00	8.00
Color	7.22 ± 1.49	8.00	8.00
Olor	6.97 ± 1.79	8.00	8.00
Sabor	7.08 ± 1.74	7.00	7.00

Fuente: Elaboración propia.

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La pulpa de café se recolectó en cubetas plásticas con tapadera y se transportaron en hieleras hasta el centro de proceso. Se almacenaron en cuarto frío a una temperatura menor a 5°C hasta ser utilizadas. Es importante transportar la pulpa en refrigeración, cuando el centro de proceso se encuentra alejado de la finca, debido a que la pulpa sufre reacciones químicas de fermentación y pardeamiento enzimático lo que provoca cambios de color, sabores fermentados y olores desagradables. Al querer procesar a gran escala es recomendable que la pulpa recién recolectada se transporte y almacene siempre a temperaturas menores a 5°C y sea procesada en un tiempo no mayor a 10 horas después de la recolección.

La recolección de la pulpa de café en un beneficiado húmedo se realiza en el despulpador. En el despulpado no solo se recupera la pulpa si no otros residuos como granos de café despulpados o sin despulpar (enteros), hojas y palos propios del arbusto de café. El porcentaje de granos de café aceptable en la pulpa debe ser menor al 2% (Gómez, 2010), este porcentaje puede ser mayor cuando la despulpadora no está bien calibrada, por lo que es recomendable mantenerla calibrada y realizar mantenimientos periódicamente para evitar la contaminación de la pulpa de café.

El porcentaje de granos de café en la pulpa fue mayor a 2%, esto representó un gran problema en el procesamiento, ya que se invirtió mucho tiempo en la limpieza de la pulpa, durante este tiempo la pulpa siguió el procedimiento natural de fermentación y se atrajeron muchos mosquitos, debido a ello se tomó la decisión de deshidratar inmediatamente y realizar otra limpieza al final.

El porcentaje inicial de humedad de la pulpa fue de 81.63%. La pulpa se secó en un deshidratador de gabinete a una temperatura de 95°C por 7 horas, el porcentaje de humedad final de la pulpa fue de 6.5%. Para la elaboración de la harina, primero se redujo el tamaño de la pulpa deshidratada en un Thermomix por 30 segundos a velocidad 10 y luego se

procesó en un molino de alimentos hasta lograr el diámetro de partícula deseado, que fue de 60-80 mesh.

La pulpa de café analizada en este estudio tiene una actividad de agua de 0.932 ± 0.009 , grados brix de 9.30 ± 0.36 y pH de 4.20 ± 0.01 . Otros autores han reportado valores de grados brix de 3 y pH de 4.21 en la variedad de *Coffea arabica* de Costa Rica (Fierro-Cabrales *et al.*, 2018). La cantidad de sólidos solubles depende de la variedad de café, en un estudio se determinó que la variedad *Coffea arabica L* de la localidad de Ecuador contiene 15°Brix. (Días, 2011)

La pulpa de café está compuesta principalmente de agua ($81.63\% \pm 0.96$), es rica en carbohidratos ($13.68\% \pm 0.03$) y fibra dietética ($12.27\% \pm 0.94$). Otros autores reportan valores de 85% de humedad y 30% de fibra con base al peso húmedo (Fierro-Cabrales *et al.*, 2018). En un estudio reportaron porcentajes de fibra dietética total en la pulpa de café entre 19-29%. Los factores por lo que los porcentajes de fibra dietética pueden variar son debido al método de extracción, debido a los tiempos de incubación, a la cantidad de enzimas y solventes agregados ya que varían en cada método. (Joachin & Bressani, 2009)

En un menor porcentaje, la pulpa de café está compuesta de $5.57\% \pm 0.02$ de azúcares totales, $3.47\% \pm 0.07$ de proteína, $3.28\% \pm 0.12$ de fibra cruda, $1.81\% \pm 0.01$ de cenizas, $0.27\% \pm 0.06$ de grasa, $0.10\% \pm 0.001$ de cafeína. Otros autores reportan valores de 2.1% de proteína y 0.48% de grasa (Braham & Bressini, 1978) En cuanto a la cafeína, cabe mencionar que el nivel de cafeína varía de acuerdo con la especie, además del método de extracción. En comparación con los granos de café, el café robusta presenta un contenido promedio de cafeína en grano seco de 2.20%, el café arábica 1.20%, la variedad borbón contiene 1.15%, el caturra 1.13% y el típica, 1.20% (Vega, Reyes, Le, Bonilla, & Franco, 2014). La cantidad de azúcares totales en la pulpa está comprendida por sacarosa (0.57%), glucosa (1.01%) y fructosa (0.97%).

Como se observa anteriormente, el producto analizado en este estudio varía levemente a lo que dice la literatura. La pulpa analizada en este estudio presentó menor porcentaje de fibra dietética y de grasa, y mayor porcentaje de proteína. En cuanto al pH fue muy parecido a los reportados por otros autores. El parámetro que mayor diferencia presentó fue la fibra dietética, por lo que se recomienda realizar otros métodos para la cuantificación de este parámetro.

En cuanto a los polifenoles en la pulpa de café se obtuvo 0.18 mg ácido tánico/g de pulpa \pm 0.01. Otros autores han reportado 0.38 mg de ácido tánico/ g pulpa. (Días, 2011) Los resultados pueden variar debido a los solventes de extracción utilizados. Estos resultados demuestran que la pulpa de café si contiene compuestos fenólicos los cuales pueden ser una fuente de antioxidantes. Los polifenoles presentes en la pulpa son los responsables de su color. (The Coffee Cherry Co, 2019a)

Según la escala de color CIE Lab, la pulpa de café tiene un valor de L* de 18.18 ± 0.56 , un valor a* de 7.15 ± 0.20 y un valor b* de 7.22 ± 0.46 . L* representa la luminosidad donde 0 es negro y 100 es blanco, por lo que el color de la pulpa es más cercano al cero, con color rojo oscuro. El valor de a* al ser positivo representa colores rojos, y el valor de b* al ser positivo representa colores amarillos. El color de la pulpa fresca es rojo sangre y pasa a un color marrón oscuro o negro, este cambio de color se da rápidamente y es debido a reacciones de oxidación de los polifenoles, que al combinarse con aminoácidos libres y proteínas dan complejos de coloración oscura. (Braham & Bressini, 1978)

Por otro lado, la harina de pulpa de café tiene una actividad de agua de 0.380 ± 0.003 , grados brix de $6.10 \pm 1.09 \times 10^{-15}$ y pH de 4.42 ± 0.03 . El bajo contenido de agua en la harina disminuye el riesgo de crecimiento de microorganismos, ya que está por debajo de 0.6 se considera que es un alimento estable. Tanto la pulpa fresca, como la harina de pulpa de café se pueden considerar como alimentos de alta acidez (pH < 4.5).

La harina de pulpa de café tiene una composición química de $61.83\% \pm 0.61$ de carbohidratos, $47.79\% \pm 1.76$ de fibra dietética, 23.43 ± 0.12 de azúcares totales, $13.77\% \pm 0.26$ de proteína, $8.56\% \pm 0.02$ de cenizas, $7.69\% \pm 0.32$ de fibra cruda, $7.01\% \pm 0.07$ de humedad, $1.15\% \pm 0.17$ de grasa, 0.95 ± 0.01 (mg de ác. tánico/g harina) de polifenoles y $0.47\% \pm 0.06$ de cafeína. La harina de pulpa de café es un alimentos rico en carbohidratos y fibra dietética. Tiene alto porcentaje de proteína y azucars, y bajo contenido de grasa y cafeína.

En un estudio realizado con harina de pulpa de café se determinó que tiene una composición química de 2.3% de grasa total, 11.4% de proteína, 66.3% de carbohidratos totales, 2.9% de azúcares, 51% de fibra dietética total, 8.4% de fibra cruda, 12% de humedad y 0.53% de cafeína. (The Coffee Cherry Co, 2019) Como se puede observar la harina analizada en este estudio varía levemente a lo que dice la literatura anteriormente citada. El porcentaje de proteína fue mayor, al igual que el porcentaje de azucars. Los demás parámetros fueron levemente menores, sin ninguna diferencia significativa.

El color de la harina de pulpa de café según la escala CIE Lab es, $L^* 42.08 \pm 0.09$, $a^* 13.11 \pm 0.17$ y $b^* 28.15 \pm 0.34$. El color se observa como marrón oscuro. El color es diferente a la pulpa debido al proceso térmico y a las reacciones de Maillard.

El diámetro de partícula de la harina de pulpa de café como se observa en la Figura 7 es de 0.25mm (60-80 mesh). Se observa que existe una desviación del tamaño de partícula hacia el lado de los finos. Esto pudo deberse al uso de dos equipos para hacer la harina lo que provocó un mayor porcentaje de partículas finas.

Se realizo un panel sensorial de galletas con harina de pulpa de café en la cual se evaluaron las galletas por medio de una escala hedónica de 9 puntos. Como resultado se obtuvo una puntuación de 7.00 ± 1.39 para el aspecto en general, 7.15 ± 1.46 para la apariencia, 7.22 ± 1.49 para el color, 6.97 ± 1.79 para el olor y 7.08 ± 1.74 para el sabor.

La calificación del aspecto en general, según la escala hedónica fue: me gusta moderadamente. Los panelistas comentaron que parecía una galleta de chocolate, tenía una forma muy redonda y se veía crujiente. Debido a su color este fue el atributo más aceptado.

En cuanto al sabor, los panelistas comentaron que necesita más sabor, le falta dulzura y tiene un sabor residual afrutado. Lo más destacado de la galleta según los panelistas fue su textura suave, y preferirían que estuviera crujiente. Por otro lado, el olor fue el atributo menos aceptado y pudo deberse a olores frutales o ácidos.

La ventaja de la harina de pulpa de café es que tiene un menor volumen y peso en comparación con la pulpa fresca. La pulpa de café fresca tiene altos contenidos de humedad y una vida útil muy corta. El porcentaje de agua en la pulpa representa una de las mayores desventajas en su utilización, desde el punto de vista de transporte, manejo, procesamiento y uso directo en la industria (Braham & Bressini, 1978) Por el contrario, la harina tiene una vida útil mucho más larga debido a su bajo contenido de agua y su bajo pH.

IX. CONCLUSIONES

- 1) El proceso tecnológico para la elaboración de harina de pulpa de café es recepción, transporte, limpieza, deshidratación, molienda y empaque.
- 2) La pulpa de café contiene alto porcentaje de humedad y alta actividad de agua y es muy voluminoso. Es alta en fibra dietética y carbohidratos. En menor porcentaje es fuente de proteína y fibra cruda. Tiene bajo porcentaje de grasa y cafeína.
- 3) La harina de pulpa de café desarrollada tiene un bajo contenido de humedad y baja actividad de agua, por lo que, se considera un producto estable a temperatura ambiente. Es un producto con nutrientes esenciales como carbohidratos, fibra y proteína. Tiene bajo contenido de grasa y cafeína. El color de la harina de café por su naturaleza es marrón oscuro y su olor se define como afrutado.
- 4) Las galletas elaboradas con harina de pulpa de café tuvieron una aceptación alta. El atributo más aceptado fue el color y el menos aceptado fue el olor.

X. RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda realizar el secado de la pulpa de café *in situ* y con el mismo proceso de secado de los granos de café para evaluar el proceso térmico.
- 2) Se recomienda usar diferentes temperaturas y tiempos para la deshidratación de la pulpa y evaluar si hay diferencia en los resultados de la caracterización.
- 3) Se recomienda usar otro tipo de molino para hacer la harina y que el proceso se haga en un solo paso, para evitar la distribución de tamaño de partícula tan variado y con mayor porcentaje de partículas finas o gruesas.
- 4) Se recomienda realizar diferentes métodos de extracción de fibra dietética debido a que los porcentajes obtenidos fueron más altos a los estudios previos.
- 5) Se recomienda hacer otro producto con harina de pulpa de café para evaluar sus atributos de color, olor y sabor en un panel sensorial, por ejemplo, pan francés o pan integral.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- ANACAFE. (n.d.). Los cafés de Guatemala. *Origen Café*, 10.
- Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L., & Hincapié, E. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. *Cenicafé*, 1, 309. Retrieved from https://www.cenicafe.org/es/publications/sistemas_de_produccion.pdf
- Blandon Castaño, G., Davila Arias, M. T., & Rodriguez Valencia, N. (1999). Caracterización microbiológica y físico-química de la pulpa de café sola y con mucílago, en proceso de lombricompostaje. *Cenicafé*, 50(1), 5–23. Retrieved from [http://www.cenicafe.org/es/publications/arc050\(01\)005-023.pdf](http://www.cenicafe.org/es/publications/arc050(01)005-023.pdf)
- Braham, J. E., & Bressini, R. (1978). *Pulpa de café: composición, tecnología y utilización* (p. 152). p. 152. Guatemala: CIID.
- Días, A. (2011). Pulpa de café : *Coffea arabica* L: como fuente alternativa de antioxidantes. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Eskenasy, E. (2018). Entorno global del mercado de café. *El Cafetal: La Revista Del Caficultor*, 6–11. Retrieved from <https://www.anacafe.org/uploads/file/bede655225bb47128cad220b0344f299/El-Cafetal-01.pdf>
- FAO. (2014). Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y El Caribe. In *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i3942e.pdf>
- Fierro-Cabrales, N., Contreras-Oliva, A., González-Ríos, O., Rosas-Mendoza, E. S., & Morales-Ramos, V. (2018). CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y NUTRIMENTAL DE LA PULPA DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.). *Agroproductividad*, 11(4), 9–13. Retrieved from <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/261>
- Figueroa, J., & Mendoza, J. (2010). Cuantificación de minerales K, Ca, Mg y P en pulpa y pergamino de café (*Coffea arabica* L. var. *Typica*). *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 221–230. Retrieved from <http://www.rvcta.org>
- Finca San Sebastián. (2019). Retrieved from <http://www.sansebastian.com.gt/>

- Fórum Café. (2009). Café de Guatemala. *Fórum Café*, 12–21.
- Gómez, O. (2010, September). *Guía para la innovación de la caficultura*. 124.
- 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*. Universidad del Istmo.
- Joachin, V., & Bressani, R. (2009). Concentración, caracterización funcional y utilización en pan francés de la fibra dietética total de la pulpa de café (*Coffea arabica*). *Revista de La Universidad Del Valle de Guatemala*, 19, 58–65.
- López, T., Prado-Barragán, A., Nevárez-Moorillón, G. V., Contreras, J. C., Rodríguez, R., & Aguilar, C. N. (2013). Incremento de la capacidad antioxidante de extractos de pulpa de café por fermentación láctica en medio sólido. *CYTA - Journal of Food*, 11(4), 359–365. <https://doi.org/10.1080/19476337.2013.773563>
- Orozco, E., & Hernández, C. (2017). *Selección de cultivares de café (Coffea arabica L.) adaptados a las regiones cafetaleras de Guatemala basados en caracteres agromorfológicos, resistencia a plagas, enfermedades y calidad de taza*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Peñuela-Martínez, A. E., Oliveros-Tascón, C. E., & Sanz-Uribe, J. R. (2010). Remoción del Mucilago de Café a Traves de Fermentación Natural. *Avances Tecnicos Cenicafe*, 61(2), 159–173.
- Ramirez, A., & Jaramillo, J. (2013). *Proceso para la obtención de miel y/o harina de café a partir de la pulpa o cáscara y el mucílago del grano de café*. (12), 36. Retrieved from <https://patentimages.storage.googleapis.com/af/6b/cd/c8f24a1bacdea3/WO2013088203A1.pdf>
- The Coffee Cherry Co. (2019a). *Hints & Tips for Using Coffee Cherry Flour*. Retrieved from coffecherryco.com/hints-tips-for-using-coffee-cherry-flour/
- The Coffee Cherry Co. (2019b). Nutrition. Retrieved from <https://coffecherryco.com/nutrition/>
- Vega, A., Reyes, S., Le, J. De, Bonilla, A., & Franco, H. (2014). *Cuantificación de cafeína en cafés comerciales de Panamá*. 30(2), 57–64.
- Wintgens, J. N. (2004). Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. In *Journal*

of Range Management (Vol. 33). <https://doi.org/10.2307/3898436>

XII. ANEXOS

Figura 8. Pulpa de café antes de la deshidratación



Figura 9. Pulpa de café deshidratada



Figura 10. Harina de pulpa de café



Figura 11. Galletas con harina de pulpa de café



Figura 12. Formulario de consentimiento de la prueba sensorial

Universidad del Valle de Guatemala
Análisis Sensorial de Alimentos

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO

Este es un estudio que involucra la evaluación sensorial de galletas.

- **SI USTED TIENE ALERGIAS AL GLUTEN O A CUALQUIERA DE LOS INGREDIENTES COMUNES EN GALLETAS, NO DEBE PARTICIPAR EN ESTE ESTUDIO.**
- Si experimenta reacciones alérgicas durante la prueba, interrumpa su participación.
- Es libre de retirarse en cualquier momento y por cualquier motivo.
- Toda información recopilada en esta prueba es confidencial.
- La publicación de los resultados solo incluirá información sobre el desempeño grupal.
- Los nombres u otra información no serán revelados.

Entiendo la información anterior y consiento voluntariamente participar en esta prueba.

No. de panelista	Nombre	Firma
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		

Figura 13. Formato de prueba sensorial

Universidad del Valle de Guatemala
Análisis Sensorial de Alimentos

Panelista No.

--

Género:

F M

Edad: (años)

Menor de 18 18-24 25-32 33-39 Mayor de 40

Instrucciones:

Tome agua para limpiar su paladar, pruebe la muestra y marque qué tanto le gusta en cada atributo. Tome su tiempo para evaluar cada atributo.

Marque según la escala, ¿cuánto le gusta la muestra **EN GENERAL**?

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Marque según la escala, ¿cuánto le gusta la **APARIENCIA** de la muestra?

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Marque según la escala, ¿cuánto le gusta el **COLOR** de la muestra?

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Marque según la escala, ¿cuánto le gusta el **OLOR** de la muestra?

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Marque según la escala, ¿cuánto le gusta el **SABOR** de la muestra?

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

A. Datos de la deshidratación de la pulpa

Cuadro 14. Datos obtenidos en la deshidratación de la pulpa de café

Número	Tiempo	H%
1	0h	82.5
2	1h	74
3	2h	68
4	3h	46
5	4.30h	31
6	5.30h	15.6
7	6.30h	6.8
8	6.55h	6.5

B. Datos crudos de los análisis de la pulpa de café en base seca

Cuadro 15. Datos obtenidos en el análisis de humedad

HUMEDAD		
Muestra	H (%)	Peso mx (g)
1	82.5	2
2	80.6	2
3	81.8	2

Cuadro 16. Datos obtenidos en el análisis de actividad de agua

ACTIVIDAD DE AGUA			
Muestra	Aw	T (°C)	Peso mx (g)
1	0.923	23.4	1.001
2	0.933	23.4	1.002
3	0.941	23.5	1.0025

Cuadro 17. Datos obtenidos en el análisis de grados brix

GRADOS BRUX	
Muestra	°Brix
1	9.6
2	9.4
3	8.9

Cuadro 18. Datos obtenidos en el análisis de pH

pH	
Muestra	pH
1	4.21
2	4.19
3	4.19

Cuadro 19. Datos obtenidos en el análisis de color

COLOR D65/10			
Muestra	L*	a*	b*
1	18.42	7.01	6.87
2	17.54	7.06	7.06
3	18.58	7.38	7.74

Cuadro 20. Datos obtenidos en el análisis de proteína

PROTEÍNA			
Muestra	Peso mx (g)	V (ml)	Proteína (%)
1	0.2555	4.2	15.10
2	0.2508	4.3	15.75
3	0.2564	4.3	15.41

Cuadro 21. Datos obtenidos en el análisis de grasa

GRASA				
Muestra	Peso mx (g)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Grasa (%)
1	5.0047	75.4676	75.5156	0.96
2	5.0039	74.9672	75.0237	1.13
3	5.0015	75.6664	75.7408	1.49

Cuadro 22. Datos obtenidos en el análisis de fibra cruda

FIBRA CRUDA						
Muestra	mx (g)	Crisol vacío (g)	Fibra (g)	Mufla (g)	Fibra cruda (g)	Fibra cruda (%)
1	1.0093	35.3028	35.4577	35.3045	0.1532	15.18
2	1.0078	42.8754	43.0198	42.8769	0.1429	14.18
3	1.0115	35.1086	35.2550	35.1101	0.1449	14.33

Cuadro 23. Datos obtenidos en el análisis de cenizas

CENIZAS				
Muestra	mx (g)	Crisol (g)	Peso final (g)	Cenizas (%)
1	1.3145	22.6967	22.8027	8.06
2	1.5070	36.3117	36.4323	8.00
3	1.5027	43.1559	43.2764	8.02

Cuadro 24. Datos obtenidos en el análisis de carbohidratos

CARBOHIDRATOS		
Muestra	Suma	Carbohidratos (%)
1	39.3046	60.70
2	39.0633	60.94
3	39.2398	60.76

Cuadro 25. Datos obtenidos en el análisis de fibra dietética para pulpa y harina

Muestra	Mx (g)	Crisol vacío	Crisol + celite	W1	W2	Proteína
1H	1.0019	43.3179	43.8189	43.8188	44.3542	0.00183109
2H	1.0009	36.7369	37.2419	37.2412	37.7655	0.00269982
3H	1.0017	36.9381	37.4413	37.4411	37.9660	NA
4H	1.0000	36.0393	36.5442	36.5438	37.0641	NA
1P	1.0013	33.6767	34.1781	34.1784	34.7902	0.00338366
2P	1.0024	42.879	43.3811	43.3809	43.9788	0.00336261
3P	1.0016	35.3042	35.8082	35.8076	36.4068	NA
4P	1.0019	35.1104	35.6149	35.6141	36.2242	NA
HB	NA	35.4601	35.9630	35.9628	35.9733	0.00176886
HP	NA	34.6701	35.1732	35.1714	35.1881	NA

Cuadro 26. Continuación de los datos obtenidos en el análisis de fibra dietética

Muestra	W3	Residuo	Promedio de residuos	Ceniza	Blanco
1H	NA	0.5354	0.5262	NA	0.00853
2H	NA	0.5243		NA	
3H	37.476	0.5249		0.0349	
4H	36.5829	0.5203		0.0391	
1P	NA	0.6118	0.60475	NA	
2P	NA	0.5979		NA	
3P	35.8536	0.5992		0.046	
4P	35.6613	0.6101		0.0472	
HB	NA	0.0105	0.0136	NA	
HP	35.1747	0.0167		0.0033	

Cuadro 27. Datos obtenidos en el análisis de cafeína

CAFEÍNA					
Muestra	Peso de mx	(mg/ml)	mg de cafeína	mg cafeína / g mx	Cafeína (%)
1	1.0002	0.000834764	4.34	4.33990	0.43
2	1.0070	0.000817640	4.25	4.22217	0.42
3	1.0069	0.000822064	4.27	4.24544	0.42

Cuadro 28. Datos obtenido en el análisis de polifenoles

POLIFENOLES		
Muestra	mg ác. Tánico/g harina de pulpa de café	Polifenoles (%)
1P	0.757641815	0.075764181
2P	0.804133878	0.080413388

C. Datos crudos de los análisis de la harina de pulpa de café en base seca

Cuadro 29. Datos obtenidos en el análisis de humedad

HUMEDAD			
Muestra	Peso inicial	Peso final	Humedad (%)
1	9.9947	9.3355	7.06
2	10.0434	9.3931	6.92
3	9.9979	9.3402	7.04

Cuadro 30. Datos obtenidos en el análisis de actividad de agua

ACTIVIDAD DE AGUA		
Muestra	Actividad de agua	Temperatura (°C)
1	0.383	25.7
2	0.379	24.5
3	0.378	24.4

Cuadro 31. Datos obtenidos en el análisis de grados brix

GRADOS BRUX	
Muestra	°Brix
1	6.1
2	6.1
3	6.1

Cuadro 32. Datos obtenidos en el análisis de pH

pH	
Muestra	pH
1	4.4
2	4.39
3	4.46
4	4.43
5	4.44

Cuadro 33. Datos obtenidos en el análisis de color

COLOR D65/10			
Muestra	L*	a*	b*
1	42.16	12.92	27.76
2	42.09	13.23	28.35
3	41.98	13.18	28.33

Cuadro 34. Datos obtenidos en el análisis de proteína

PROTEÍNA			
Muestra	Peso mx (g)	V (ml)	Proteína (%)
1	0.2524	3.7	13.47
2	0.2508	3.8	13.92
3	0.2507	3.8	13.93

Cuadro 35. Datos obtenidos en el análisis de grasa

GRASA				
Muestra	Peso mx (g)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Grasa (%)
1	3.5010	72.4759	72.5181	1.21
2	3.5009	76.423	76.4562	0.95
3	3.5028	75.6652	75.7101	1.28

Cuadro 36. Datos obtenidos en el análisis de fibra cruda

FIBRA CRUDA					
Muestra	Peso mx (g)	Fibra (horno) (g)	Peso desp mufla (g)	Fibra cruda (g)	Fibra cruda (%)
1	1.0036	37.0102	36.9343	0.0759	7.56
2	1.0014	34.3531	34.2785	0.0746	7.45
3	1.0014	35.1888	35.1082	0.0806	8.05

Cuadro 37. Datos obtenidos en el análisis de cenizas

CENIZAS				
Muestra	Peso mx (g)	Peso crisol (g)	Peso final (g)	Cenizas (%)
1	1.4979	40.1385	40.2666	8.55
2	1.5010	41.2224	41.3508	8.55
3	1.5325	40.8153	40.9468	8.58

Cuadro 38. Datos obtenidos en el análisis de granulometría

GRANULOMETRÍA							
No. de tamiz	Tamaño de partícula	Vacío	Lleno	Diferencia	%	% acumulado	% que pasa
40	0.425	84.0014	86.3924	2.391	23.62	100.00	76.38
60	0.25	80.2374	83.9577	3.7203	36.76	76.38	39.62
80	0.177	81.1892	83.9674	2.7782	27.45	39.62	12.17
100	0.149	80.2373	80.5116	0.2743	2.71	12.17	9.46
120	0.125	79.1628	79.4796	0.3168	3.13	9.46	6.33
200	0.074	76.1065	76.6323	0.5258	5.20	6.33	1.13
400	0.037	78.3275	78.4402	0.1127	1.11	1.13	0.02
Fondo		101.011	101.0128	0.0019	0.02	0.02	0.00

Cuadro 39. Datos obtenidos en el análisis de cafeína

CAFEÍNA					
Muestra	Peso de mx	Concentración (mg/ml)	mg de cafeína	mg cafeína / g mx	Cafeína (%)
1	1.0043	0.003265150	16.98	16.90608	1.69
2	1.0018	0.000984492	5.12	5.11016	0.51
3	1.0086	0.000831168	4.32	4.28522	0.43

Cuadro 40. Datos obtenidos en el análisis de carbohidratos

CARBOHIDRATOS		
Muestra	Suma	Carbohidratos (%)
1	37.85	62.15
2	37.80	62.20
3	38.88	61.12

Cuadro 41. Datos obtenidos en el análisis de azúcares

AZÚCARES		
Muestra	mg/ml	%
Sacarosa	2.53203	5.52
Glucosa	4.48672	9.79
Fructosa	4.32011	9.43

Cuadro 42. Datos obtenidos en el análisis de polifenoles

POLIFENOLES		
Muestra	mg ác. Tánico/g harina de pulpa de café	Polifenoles (%)
1	0.949808018	0.094980802
2	0.957160896	0.09571609

Cuadro 43. Datos de la evaluación sensorial

Panelista	Género	Edad	Aspecto general	Apariencia	Color	Olor	Sabor
1	M	25-32	7	6	5	7	7
2	F	18-24	8	8	8	8	8
3	F	18-24	7	8	8	4	7
4	M	> 40	7	7	7	8	7
5	M	18-24	7	5	6	7	7
6	F	33-39	8	8	8	7	8
7	M	18-24	2	1	2	1	1
8	F	> 40	5	8	8	8	5
9	F	18-24	7	7	8	8	7
10	F	33-39	8	8	8	8	8
11	F	> 40	8	7	7	6	8
12	F	18-24	8	9	9	9	7

Panelista	Género	Edad	Aspecto general	Apariencia	Color	Olor	Sabor
13	M	33-39	9	8	9	8	9
14	F	18-24	8	8	8	8	9
15	F	25-32	7	7	8	6	7
16	F	18-24	7	8	8	8	8
17	F	25-32	3	5	6	3	3
18	F	18-24	7	8	8	7	7
19	M	18-24	6	8	7	8	6
20	F	> 40	7	9	9	8	7
21	F	> 40	7	7	8	6	8
22	F	25-32	8	8	8	7	7
23	F	18-24	7	8	8	9	6
24	M	18-24	5	6	7	5	4
25	F	25-32	6	8	8	5	6
26	F	33-39	2	3	2	2	1
27	F	> 40	7	6	5	5	6
28	M	> 40	7	8	7	8	8
29	F	18-24	8	9	9	7	9
30	M	18-24	6	7	9	7	8
31	F	> 40	7	8	7	8	8
32	M	18-24	7	9	8	9	8
33	M	> 40	7	7	8	5	7
34	F	18-24	8	8	8	9	9
35	F	18-24	8	6	8	8	9
36	F	25-32	8	8	8	8	8
37	F	25-32	8	8	7	9	8
38	F	18-24	8	7	7	8	9
39	M	18-24	8	8	8	8	8
40	F	25-32	8	7	5	9	7
41	M	> 40	7	7	7	8	8
42	F	> 40	8	8	8	7	7
43	F	25-32	6	7	8	7	7
44	F	18-24	8	6	7	8	8
45	M	25-32	7	7	6	7	7
46	F	25-32	8	6	6	9	9
47	F	33-39	5	6	7	4	3
48	F	18-24	6	7	4	5	6
49	M	18-24	8	5	5	5	8
50	M	18-24	7	9	6	8	7

Panelista	Género	Edad	Aspecto general	Apariencia	Color	Olor	Sabor
51	M	18-24	7	8	8	7	7
52	M	18-24	7	8	8	7	7
53	M	18-24	8	8	8	8	8
54	F	25-32	8	8	8	8	9
55	M	25-32	8	7	6	7	7
56	F	25-32	6	7	7	8	6
57	F	18-24	6	4	8	3	6
58	M	18-24	8	8	7	7	9
59	F	18-24	8	6	9	8	8
60	F	18-24	8	8	8	8	8

Cuadro 44. Resumen estadístico del análisis sensorial

Atributo	Aspecto en general	Apariencia	Color	Olor	Sabor
Promedio	7.00	7.15	7.22	6.97	7.08
Moda	8.00	8.00	8.00	8.00	7.00
Mediana	7.00	8.00	8.00	8.00	7.00
Desviación	1.39	1.46	1.49	1.79	1.74