



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

“Desarrollo de bebidas tipo infusión a base de café”

Trabajo de grado previo a la obtención del título de:

Ingeniera en Alimentos

Autora:

Marcela Fernanda Pangol Galarza

Director:

Diego Patricio Suárez Estrella

Cuenca, Ecuador

2024

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a mis padres, Marcelo y Eulalia y mi hermana Victoria quienes me han dado su constante apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar gracias a Jehová por permitirme culminar mis estudios y sostenerme en cada paso que he dado en las diferentes etapas de mi vida.

A mis padres y mi hermana, gracias por haberme impulsado y apoyado en cada decisión que he tomado, por no permitir que me rinda.

A mi director de tesis, ingeniero Diego Suárez, por brindarme sus conocimientos, su tiempo y sus consejos, son muy valiosos para mí, también quiero agradecer a Marisol, amiga y ahora colega, quien también fue parte de este proceso, gracias por tu buena disposición, sin ustedes este proyecto no hubiera sido igual.

A mis amigos, quienes hicieron más interesante mi camino universitario. y me permitieron vivir una de las experiencias más bonitas a lo largo de mi vida.

RESUMEN

El café es una bebida muy apreciada por sus aromas y sabores. Esta investigación tuvo como objetivo formular mezclas para la elaboración de café en forma de infusión. El producto 1 se realizó aplicando un diseño de mezclas entre las especies Arábica y Robusta, siendo la función utilidad óptima aquella con 100% Arábica o Arábica 75% - Robusta 25%. Para el producto 2, se aplicó el diseño de Box Behnken considerando las dos especies de café y adición de azúcar, el mejor resultado correspondió a la mezcla: 2.5 g Arábica; 0.5 g Robusta y 6.5 g Azúcar. El producto 3 se basó en la mezcla Arábica 75% - Robusta 25% a la que se adicionó: azúcar, leche y crema en polvo, aplicando el diseño de Box Behnken, la muestra con mejor función deseabilidad contuvo: azúcar 2 g; leche en polvo 3.25 g y sustituto de crema en polvo 0.2 g.

Palabras clave: Café, infusión, Arábica, Robusta, Box Behnken.

ABSTRACT

Coffee is an appreciated beverage due to its aroma and flavors. This research aimed to formulate blends for the production of coffee for infusion consumption. The Product 1 was made by applying a mixture design with Arabica and Robusta species, the best was observed in 100% Arabica and Robusta 25% - Arabica 75%. For Product 2, the Box-Behnken design was applied considering the two species of coffee and the addition of sugar. The best result was for 2.5 g Arabica; 0.5 g Robusta and 6.5 g sugar mixture. Product 3, was based on the 75% Arabica – 25% Robusta mixture to which were added: sugar and powdered milk and cream through a Box-Behnken design. The best desirability function contained: 2 g sugar, 3.25 g powdered milk, and 0.2 g powdered cream substitute.

Keywords: Coffee, Infusion Arabica, Robusta, Box-Behnken.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
CAPÍTULO I	9
INTRODUCCIÓN	9
1.1 Historia del café	9
1.1.1 Historia del café en Ecuador	10
1.2 Cultivo del café.....	10
1.3 Taxonomía	11
1.4 Mezclas de café	12
1.5 Procesamiento del café.....	13
1.5.1 Pretratamiento de los granos	13
1.5.1.1 Cosecha:	13
1.5.1.2 Recolección de frutos.....	13
1.5.1.3 Recepción y selección:	13
1.5.2 Beneficio del café	14
1.5.2.1 Beneficio del café por vía seca	14
1.5.2.2 Beneficio del café por vía húmeda.....	15
1.5.2.2.1 Descascarado o despulpado del café	15
1.5.2.2.2 Fermentación y remoción de mucílago	16
1.5.2.2.3 Lavado.....	16
1.5.2.3 Operaciones comunes de beneficio.....	17
1.5.3 Secado	18
1.5.4 Trillado.....	18
1.5.5 Diferencias entre beneficio por vía húmeda y vía seca	18
1.5.6 Tostado	19
1.5.7 Molido.....	20
1.5.8 Empaquetado y almacenamiento.....	20
1.6 Formas de elaboración de bebida de café.....	21
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
2.1 Materiales.....	23
2.2 Métodos.....	23
2.2.1 Determinación de granulometría.....	23

2.2.2	Diseño experimental para el producto 1	24
2.2.3	Diseño experimental para el producto 2	24
2.2.4	Diseño experimental para el producto 3	25
2.2.5	Preparación de la bebida	26
2.2.6	Análisis sensorial de los productos	26
2.2.7	Determinación de sólidos solubles	27
2.2.8	Determinación colorimétrica	27
2.2.9	Análisis estadísticos	27
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
3.1	Determinación granulométrica	30
3.2	Producto 1	31
3.2.1	Función de utilidad	31
3.2.2	Colorimetría y sólidos solubles	34
3.3	Producto 2	35
3.3.1	Función utilidad	35
3.3.2	Colorimetría y sólidos solubles	38
3.4	Producto 3	39
3.4.1	Función sigmoide ascendente	39
3.4.2	Colorimetría y sólidos solubles para el producto 3	41
4.	CONCLUSIONES	43
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
	ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Condiciones recomendadas para el crecimiento del cafeto y posibles defectos	10
Tabla 1.2. Taxonomía del cafeto	11
Tabla 1.3. Diferencias entre los granos Arábica y Robusta	12
Tabla 1.4. Diferencias entre beneficio húmedo y seco	19
Tabla 1.5. Tipos de empaque para café	21
Tabla 2.1. Diseño experimental de mezclas para el producto 1	24
Tabla 2.2. Diseño experimental de Box Behnken para el producto 2	25
Tabla 2.3. Diseño experimental de Box Behnken para el producto 3	26
Tabla 2.4. Ponderación de cada parámetro de la evaluación sensorial producto 1	28
Tabla 2.5. Ponderación de cada parámetro de la evaluación sensorial producto 2	28
Tabla 2.6. Ponderación de cada parámetro de la evaluación sensorial producto 3	29
Tabla 3.1. Granulometría de café tostado y molido de la especie Arábica y Robusta	30
Tabla 3.2. Matriz de medianas de las respuestas de evaluación sensorial del producto 1	32
Tabla 3.3. Función de utilidad, producto 1	33
Tabla 3.4. Colorimetría y sólidos solubles para producto 1	34
Tabla 3.5. Matriz de medianas de las respuestas de evaluación sensorial del producto 2	36
Tabla 3.6. Función utilidad del producto 2.....	37
Tabla 3.7. p- value para los factores del producto 2	38
Tabla 3.8. Colorimetría y sólidos solubles para producto 2	39
Tabla 3.9. Medianas de las respuestas de evaluación sensorial del producto 3	40
Tabla 3.10. Función deseabilidad del producto 3.....	40
Tabla 3.11. p-value para los factores del producto 3	40
Tabla 3.12. Colorimetría y sólidos solubles para producto 3	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Granos de café Arábica y Robusta.....	12
Figura 1.2. Elaboración de café mediante beneficio de vía seca	15
Figura 1.3. Partes del fruto del café	16
Figura 1.4. Elaboración de café mediante beneficio de vía húmeda	17
Figura 1.5. Escala Agtron.....	20
Figura 2.1. Refractómetro digital.....	27
Figura 2.2. Colorímetro Lovibond LC 100 SV 100	27

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El café es una de las bebidas más consumidas alrededor del mundo, es muy apreciada por sus aromas y sabores característicos, que definen la calidad de la bebida (Valenzuela, 2010). Más del 30% de la población mundial lo consume por lo menos una vez al día, siendo sus mercados principales Europa y todo el continente americano (Velásquez, 2019). Existen varias especies de café que son cultivadas en diferentes zonas, lo cual depende de su adaptabilidad a las condiciones climáticas y su acogida en los mercados locales; pero también de acuerdo a su facilidad de procesamiento y comercialización (Velásquez, 2019). En Ecuador, se producen las especies de café: Arábica (*Coffea arabica*) y Robusta (*Coffea canephora*), siendo estas las especies más importantes a nivel mundial debido a la excelente calidad de la bebida que se obtiene a partir de ellas, a tal punto que cubren prácticamente el 100% de la producción mundial del café (60 y 40%, respectivamente) (Velásquez, 2019).

1.1 Historia del café

No existe mucha certeza acerca de los orígenes del café y de su nombre, aparentemente, la palabra café deriva del árabe “qahwa” que significa vino o café (Echeverri et al., 2005); sin embargo, algunos textos traducen la palabra “qahwa” solamente como café (Lascasas, 2010). Se cuenta con registros acerca del cultivo del café en Etiopía, datados en el siglo IX (Hill, 2010), cuando habría comenzado a ser consumido, aunque no de la forma como se consume en la actualidad. Varias leyendas tratan de relatar cómo fue descubierto el café y su expansión mundial. Hill (2010) reporta que en el siglo X, las tribus africanas mezclaban la grasa animal con el fruto del café formando pequeñas bolas que consumían como fuente energética. El café comienza a difundirse gracias al comercio, existiendo registros de su comercialización en países como Egipto y Arabia. El tostado del café para la elaboración de la bebida se presume que comenzó alrededor del año 1100 en Arabia. Su comercialización y difusión creció rápidamente una vez que comenzaron a valorarse sus bondades, incluyendo aspectos sensoriales, propiedades energéticas y los beneficios económicos que implicaba su comercialización (Figueroa et al., 2015). A consecuencia de esto, fue necesario el desarrollo de una mayor tecnificación del cultivo y del proceso productivo. Para 1615, el consumo del café se había propagado por el norte de África, Medio Oriente y por toda Europa, constituyendo una bebida cotidiana en muchas partes (Hill, 2010). En 1720, los granos de café fueron llevados a Martinica en el Caribe, donde se cultivó en zonas costeras y luego se difundió por todo el continente americano (Hill, 2010).

1.1.1 Historia del café en Ecuador

Las especies Arábica y Robusta fueron introducidas al Ecuador por medio de germoplasma (INIAP, 2014). La especie Robusta se expandió por los cantones: Quevedo, Mocache, Ventanas y en otras zonas. En 1968, las plantas de café Arábica se introdujeron en la Amazonía y ahora están presentes en casi todas las provincias del país (INIAP, 2014). La planta de café crece en 20 provincias del Ecuador, abarcando sus 4 regiones. En Ecuador, se cultiva tanto la variedad Arábica como Robusta, siendo así uno de los países del mundo que realizan un cultivo mixto, de entre los 70 países que cultivan esta planta (Delgado et al., 2002). El 68% de cultivo de café en Ecuador corresponde a la variedad Arábica y el 32% restante a Robusta, generando empleo para 105.000 familias y más de 700.000 empleos indirectos, aportando así, a la economía familiar y del país (Vargas et al., 2021).

1.2 Cultivo del café

Los granos de café provienen de la planta de cafeto. Cuando esta crece de forma silvestre puede alcanzar hasta los 10 m de altura; sin embargo, cuando es domesticada alcanza alrededor de 3 m con un rendimiento aproximado de 1500 a 3000 kg/ha y de 2300 a 4000 kg/ha para la variedades Arábica y Robusta, respectivamente (Clifford & Willson, 1985). Los cultivos de cafeto domesticados son capaces de mantenerse productivos durante 20 a 25 años, lo cual los hace más rentables que los silvestres, los que mantienen una buena producción solamente durante 6 a 8 años. Los arbustos, dependiendo su especie, tienden a crecer en menos de un año; pero se requiere un año más para que comiencen a dar sus frutos (Arcila et al., 2007). Las condiciones necesarias para el crecimiento del cafeto se detallan en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Condiciones recomendadas para el crecimiento del cafeto y posibles defectos

Condición	Rango	Defectos encontrados fuera de los rangos de crecimiento recomendados
Temperatura	17 – 23°C	Temperaturas inferiores: hojas amarillentas y raíces dañadas (clorosis).
Altura	500 a 1700 metros sobre el nivel del mar.	Mayor altura: mayor nivel de acidez por deficiencia de: boro, hierro y potasio. .
Viento	0 a 30 km/h	Mayor velocidad de viento: caída de hojas y ruptura de las flores y frutos.
Lluvia	1000 a 3000 ml / año	Exceso de lluvia: aumenta la presencia de plagas en el cafeto. Mayores costos de control fitosanitario. Escasez de lluvia: menor crecimiento del cafeto.
Humedad	<85%	Mayor al rango: producción de hongos

Fuentes: Barva y Heredia (2011); Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2019); Sotomayor (1993)

Los rangos expuestos en la tabla 1.1 serían los recomendables para el crecimiento del cafeto por cuestiones de productividad y calidad (Figuerola et al., 2015). Se ha comprobado que se puede obtener café de excelente calidad aún a 1720 msnm, como sucede en el cantón Espíndola de la provincia de Loja (Jiménez y Massa, 2015). Además, varios puntos de esa provincia, como el cantón Puyango y los sectores de Limo y El Arenal, son también reconocidos por la calidad del café que producen, sobre todo, de la variedad Arábiga, a pesar de que su rango de temperaturas ambientales oscile entre 14 y 20°C (Jiménez y Massa, 2015).

1.3 Taxonomía

El género *Coffea* abarca más de 100 especies que se cultivan en diferentes zonas y climas, cada una con diferentes características según las condiciones de crecimiento de la planta (Velásquez, 2019). La taxonomía del café se presenta en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Taxonomía del cafeto

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Subdivisión	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Magnoliata</i>
Subclase	<i>Asteridae</i>
Orden	<i>Rubiales</i>
Familia	<i>Rubiaceae</i>
Género	<i>Coffea</i>
Especies	<i>C. arabica</i> , <i>C. canephora</i> , <i>C.</i> <i>liberica</i> , otras.

Fuente: Alvarado y Rojas (2007)

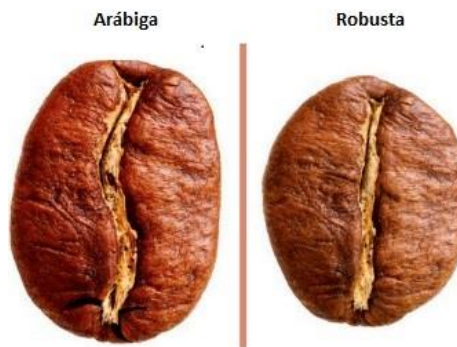
La especie Arábiga tiene dos variedades que proceden de Etiopía (*Típica* y *Bourbon*); sin embargo, existen más variedades creadas mediante mutaciones naturales o cruzamientos espontáneos como: *Caturra*, *Mundo Novo*, *Catuaí*, *Pache*, *Villa Sarchí*, *Pacas*, etc. (Velásquez, 2019). Las variedades de café Robusta: *Conilon*, *Kouiloi* y *Niaouli*, son de fácil cultivo y de menor costo (López et al., 2016). En la tabla 1.3 se detallan las principales diferencias entre los granos de estas dos especies.

Los granos de café tienen apariencias diferentes, así, el grano de Arábiga es más voluminoso respecto al de Robusta que, en cambio, es más redondeado (figura 1.1). Además, el surco de Arábiga es curvado, asemejándose a la letra S, mientras que el de Robusta es más recto (García et al., 2020).

Tabla 1.3. Diferencias entre los granos Arábica y Robusta

Característica	Arábica	Robusta
Forma del grano	Voluminosos y alargados	Pequeños y redondos
Color (depende del beneficio)	Verde	Verde, gris a marrón
Tiempo de madurez	9 meses	10 – 11 meses
Floración	Después de la lluvia	Irregular
Rendimiento (kg/ha)	1500 – 3000	2300 – 4000
Bebida de café	Ácido	Amargor, pleno
Cafeína (%)	Promedio 1.2	Promedio 2

Fuentes: Puerta-Quintero (2008), Clifford & Willson (1985)

**Figura 1.1.** Granos de café Arábica y Robusta

Fuente: García et al., (2020)

1.4 Mezclas de café

Cada especie de café posee diferentes características físicas, químicas y sensoriales, además de diferencias morfológicas. El café Arábica tiende a tener mayor acidez, mientras que la especie Robusta es más amarga. La cafeína es una sustancia amarga, cuyo contenido influye en el amargor al café. Las especies Robusta y Arábica poseen alrededor de 2.2% y 1.2%, respectivamente (base seca) (Puerta-Quintero, 2011). Otras sustancias amargas presentes en el café son los ácidos clorogénicos (aproximadamente 10.4% en Robusta y 6.9% en Arábica). La mayor concentración de cafeína y ácidos clorogénicos en Robusta, la hace más amarga que Arábica; la cual es más ácida debido a que contiene más ácidos orgánicos, entre 1.16 y 1.38% de ácido cítrico y entre 0.46 y 0.67% de ácido málico, mientras que Robusta contiene entre 0.67 y 1 % de ácido cítrico y entre 0.25 y 0.38% de ácido málico; además Arábica contiene el doble de porcentaje de azúcar (8%) (Puerta-Quintero, 2011). Al realizar mezclas (comúnmente llamadas “blend”) entre estas especies se abre un abanico de posibilidades de gustos y aromas, que pueden ser equilibrados o con mayor tendencia a la acidez o amargor (Cortijo, 2017). Las bebidas de café elaboradas solamente con Robusta presentan un amargor más intenso y aroma pobre respecto a las mezclas entre Arábica y Robusta. Efectivamente, estas mezclas sirven para

contrarrestar el amargor de Robusta, dando una bebida con aroma y sabor diferente (Abubakar et al., 2020). No solamente la variedad de café influye en el perfil sensorial del café, sino también las características del proceso, incluyendo la intensidad del tostado, el cual desarrolla varias sustancias volátiles gracias a las temperaturas alcanzadas. Los grados de tueste mayormente comercializados en nuestro medio están entre medio claro y oscuro. Las mezclas entre las distintas especies de café suelen ser evaluadas a través de un análisis descriptivo de sus parámetros sensoriales (Rodrigues de Oliveira et al., 2020).

1.5 Procesamiento del café

Para obtener un grano de café, a partir del cual se pueda producir una bebida de calidad, se debe asegurar la ejecución de un proceso adecuado que lleve a definir los aromas y sabores del producto final. Es importante definir las condiciones y mecanismos de control, tanto de las materias primas (para seleccionar adecuadamente los frutos a procesar) como el proceso, incluyendo el beneficio, tostado y molienda del grano.

1.5.1 Pretratamiento de los granos

1.5.1.1 Cosecha: la floración de los frutos puede darse entre 6 a 8 meses luego de la siembra; sin embargo, dependerá de las zonas de cultivo y de la especie del café. Según Clifford & Willson (1985), el tiempo que tarda en madurar el fruto está entre 9 a 11 meses.

1.5.1.2 Recolección de frutos: se realiza de forma selectiva debido a los diferentes grados de madurez que pueden poseer los granos (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2019). La recolección se realiza solamente de los frutos ya maduros, que son aquellos que han adquirido el color rojo característico, caso contrario se obtendrán productos con gustos amargos desagradables.

1.5.1.3 Recepción y selección: El café debe ser maduro y no tener mezcla de granos verdes, semi verdes, sobre madurados o secos, peor aún, granos en estado de descomposición, caso contrario, se tendrían gustos amargos indeseables, alterando la calidad de la bebida (Puerta-Quintero, 2000). Su clasificación se suele hacer de forma manual (CEDICAFÉ, 2018); sin embargo, actualmente se están utilizando máquinas con sensores ópticos que pueden clasificar los granos de acuerdo a su color. Otro análisis que se realiza para verificar la idoneidad de la materia prima es conocido como: “prueba de fruto vano”, que consiste en cortar 100 frutos maduros, que son colocados en un recipiente con agua y se determina el porcentaje de frutos que flotan, si este valor es menor al 5%, se acepta el lote de materia prima, caso contrario se rechaza (Velásquez, 2019).

1.5.2 Beneficio del café

Para obtener un café de buena calidad es necesario contar con materia prima de excelente calidad y aplicar un proceso apropiado, debidamente controlado de tal forma que se puedan aprovechar al máximo los aromas y sabores que la materia prima es capaz de brindar. Uno de esos procesos es el beneficio del café. El beneficio del café transforma el grano de café maduro (conocido como fruto o cereza) en café verde (granos de café sin tostar). Existen dos métodos de beneficio: vía seca y vía húmeda; cuando se realiza por vía seca (figura 1.2), no se requiere de fermentación, al contrario del beneficio por vía húmeda (figura 1.4) (Puerta-Quintero, 2000). El beneficio del café permite desarrollar propiedades como la intensidad del amargor y el cuerpo de la bebida, (Puerta-Quintero, 2000).

1.5.2.1 Beneficio del café por vía seca

En el campo, los frutos se colocan en lonas y se dejan secar al sol entre 10 y 15 días (dependiendo de cuan caluroso y seco esté el ambiente), los granos deben contar con una separación entre ellos para evitar la fermentación (Santiana, 2013). El proceso por vía seca finaliza cuando los granos alcanzan una humedad aproximada del 12% y son trillados (separación de las cortezas adheridas al grano), luego de lo cual, los granos podrán ser tostados y molidos (Echeverry y Puerta, 2015) (figura 1.2). Una desventaja de este proceso es la proliferación bacteriana (Santiana, 2013).

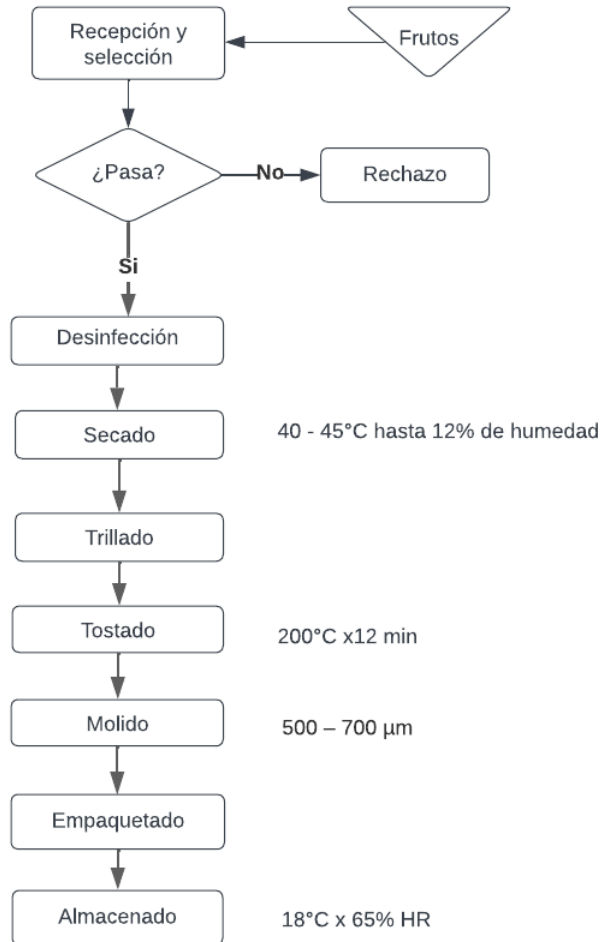


Figura 1.2. Elaboración de café mediante beneficio de vía seca.

Adaptado de: (CEDICAFÉ, 2018; Echeverry y Puerta, 2015; Velásquez, 2019; Santiana, 2013; Guevara-Barreto y Castaño-Castrillón 2005; NTE INEN 1123, 2016; Taveira et al., 2015; Wintgens, 2004)

1.5.2.2 Beneficio del café por vía húmeda

1.5.2.2.1 Descascarado o despulpado del café

Es el primer proceso que altera la forma física del fruto, separando la corteza y la pulpa del grano cubierto de mucílago (figura 1.3). Se puede realizar de forma manual o con máquinas. Se recomienda realizarlo hasta 6 después de la cosecha, si el proceso se retarda los granos deben ser sumergidos en agua por un tiempo máximo de 18 horas de lo contrario el sabor de la bebida se califica como dañado. (Clavijo, 2021).

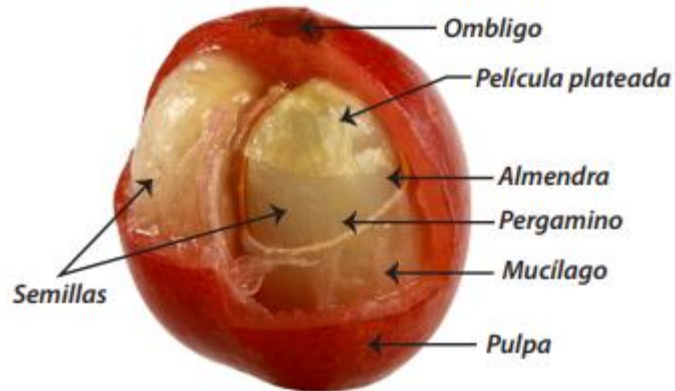


Figura 1.3. Partes del fruto del café
Fuente: Ramos et al., (2010)

1.5.2.2 Fermentación y remoción de mucílago

La fermentación es un proceso bioquímico que se desarrolla gracias a la actividad enzimática de levaduras y bacterias sobre el mucílago (Puerta y Echeverry, 2015). Durante la fermentación, los azúcares, lípidos, proteínas y ácidos son hidrolizados, y transformados en alcoholes, ésteres, cetonas y en otros ácidos, alterando el pH, color, aroma y gusto del grano de café y del mucílago que permanece adherido a él (Puerta y Echeverry, 2015). Existen diferentes sistemas de fermentación como: abiertos, cerrados, continuos, discontinuos, estáticos y agitados, los más comunes son la fermentación sólida y la sumergida. La fermentación sólida se realiza dentro de una cámara de fermentación sin agua, las condiciones de fermentación pueden ser de 20 a 23°C durante 14 a 18h o de 13 a 17°C por 14 a 24h (Puerta y Echeverry, 2015). Para la fermentación sumergida se depositan los granos despulpados en el fermentador y se adicionan 30 L de agua por cada 100 kg de café entre temperaturas de 20 a 23°C durante 18 a 30h o de 13 a 17°C por 42h (Puerta et al., 2016; Puerta y Echeverry, 2015).

1.5.2.3 Lavado

Se realiza con el fin de eliminar sustancias residuales como el mucílago de los granos fermentados. Generalmente se aplican varios lavados, durante los cuales se consumen entre 20 y 30 L de agua por cada kilo de café (Zambrano-Franco e Isaza-Hinestroza, 1994). El agua debe ser limpia ya que puede ser una fuente de contaminación, que podría dar un gusto terroso al café. Se aprovecha este lavado para realizar una nueva selección de los granos mediante separación por densidad, los granos más densos son los de mejor calidad (Wintgens,2004).



Figura 1.4. Elaboración de café mediante beneficio de vía húmeda

Fuentes: (CEDICAFÉ, 2018; Velásquez, 2019; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2019; Echeverry y Puerta, 2015; Zambrano-Franco e Isaza-Hinestroza, 1994; Guevara-Barreto y Castaño-Castrillón 2005; Taveira et al., 2015; Wintgens, 2004)

1.5.2.3 Operaciones comunes de beneficio

El beneficio seco y húmedo comparten dos procesos que son el secado y el trillado. Cuando los granos son seleccionados para el beneficio húmedo deben someterse a un lavado previo; mientras que, si el beneficio será seco, los granos de café son secados y trillados directamente.

1.5.3 Secado

La humedad máxima de los granos de café debe ser del 12% para evitar el crecimiento de hongos y, en consecuencia, el incremento en el contenido de ocratoxina A (OTA), que es producida por *Penicillium verrucosum*, *P. viricatum* y *Aspergillus ochraceus*. Esta es una micotoxina carcinógena y neurotóxica, considerada como uno de los principales riesgos de calidad y seguridad del café verde (Puerta, 2008; Ravelo et al., 2011). Durante el tostado se reduce hasta un 87% de OTA, cuyo máximo admisible es de 5 µg/kg (Ravelo et al., 2011). En zonas húmedas, los granos se deben secar hasta valores entre el 10-11% con el fin de alargar su vida útil al retardar los procesos de absorción de agua del ambiente. No se recomienda alcanzar valores inferiores de humedad porque se produce rotura de los granos durante el trillado, especialmente para Robusta; mientras que, porcentajes mayores al 12% causan pérdida de peso del grano durante su almacenamiento (Wintgens, 2004). Existen 2 tipos de secado: natural y mecánico. En el secado natural, los granos se depositan en esteras u otras superficies, los granos son expuestos al sol y la convección natural retira el aire saturado de humedad que se forma alrededor de los granos. Mientras que, para el secado mecánico se utilizan ventiladores para desplazar el aire saturado. Se debe evitar secar a más de 40°C en beneficio húmedo y 45°C en beneficio seco porque se produce un estrés termomecánico, que ocasiona rupturas en la superficie del grano (Cano et al., 2018; Wintgens, 2004).

1.5.4 Trillado

El trillado sirve para eliminar residuos que hayan quedado adheridos al grano seco. Se puede realizar de forma manual o mecánica (Santiana, 2013). El producto obtenido luego del trillado se denomina café verde, almendra, oro o semilla (Mantilla, 2019). Cuando el secado de los granos ha sido excesivo aparecen fisuras en su superficie y pueden alcanzarse porcentajes muy altos de ruptura debido a los esfuerzos mecánicos a los que son sometidos. Cuando el secado ha sido insuficiente, aparecen moretones o contusiones durante el trillado debido a que los granos se encuentran blandos por grandes contenidos de humedad (Wintgens, 2004).

1.5.5 Diferencias entre beneficio por vía húmeda y vía seca

El café obtenido por vía húmeda es conocido como café almendra, este es de color verde (Puerta, 1999), a partir de este grano se obtiene un tipo de bebida suave, que se considera de mejor calidad (Pineda., et al., 2001) respecto al obtenido por vía seca, cuyo grano es también conocido como café almendra o natural; pero su color es amarillo o café (Puerta, 1999). El secado del café preparado por beneficio húmedo requiere de mucha más energía respecto al beneficio por vía seca, debido a las condiciones en las que el grano entra a este proceso (Pineda et al., 2001). En un estudio acerca de las características sensoriales y físico químicas del café Arábica, se

demonstraron las diferencias entre el beneficio seco y húmedo (tabla 1.4), en el cual el beneficio húmedo se distinguió por aromas y sabores intensos, a diferencia del beneficio seco (Juárez., et al., 2021).

Tabla 1.4. Diferencias entre beneficio húmedo y seco

Parámetros	Beneficio seco	Beneficio húmedo
Notas de sabor	Manzana, nuez, almendra, chocolate, paja, madera, dulce de leche.	Cedro, piña, tamarindo, caramelo, licor de almendra, vainilla, canela, pasas, manzana, nuez.
Notas de aroma	Nuez, caramelo, macadamia, miel, manzana, caramelo, madera ligera, limón.	Higo seco, vinoso, ciruela, coñac, mantequilla, dulce de leche.

Fuente: Juárez et al., (2021)

1.5.6 Tostado

Existen diferentes grados de tostado: claro, medio y oscuro, que se miden mediante la escala Agrtron (adimensional) (figura 1.5) clasificando el grado de tueste en tres niveles: el tostado claro que se encuentra entre 95 a 75; tostado medio 65 a 55 y el tostado oscuro entre 45 a 25. Los granos son colocados en equipos giratorios por 12 a 25 minutos a temperaturas de 100 a 200°C, aumentando su volumen entre 50-80% a pesar de perder entre 11 y 20% de su peso. Cuando las semillas alcanzan los 50°C, sus proteínas se desnaturalizan y el agua que contiene comienza a evaporarse, a los 100°C los granos empiezan a oscurecerse tendiendo a la tonalidad típica del café tostado y; desde los 150°C se liberan compuestos volátiles tales como: agua, CO₂ y CO, fruto de las reacciones normales del tostado, lo cual produce el aumento de su volumen; entre los 180 y 200°C se comienza a observar fisuras en los surcos, liberando el aroma característico del café, finalmente el contenido de humedad de los granos desciende a valores entre 1.5 y 3.5% (Belitz et al., 2009) según la norma NTE INEN 1123 (2016) el contenido máximo de humedad del café tostado es de 3.5%, con el fin de desarrollar la caramelización de los azúcares, generación de color, formación compuestos aromáticos (alrededor de 850 compuestos volátiles, 244 compuestos nitrogenados y 75 compuestos azufrados) (Puerta-Quintero, 2011). Al realizar el tostado se desprenden aromas como: caramelo (ácidos y furanos), tostado (aldehídos, cetonas, ésteres, furano y pirazina), dulces y frutales (aldehídos, cetonas, ésteres, furano y pirazina, alcoholes y ácidos), almendras, cítricos, fétidos, tierra (fenoles, pirroles, alcoholes e hidrocarburos), ahumados (fenoles) y rancio (alcoholes, cetonas, aldehídos y ésteres) (Puerta-Quintero, 2011).



Figura 1.5. Escala Agtron
Fuente: García et al., (2020)

1.5.7 Molido

El molido ayuda a extraer los sabores y aromas del café el momento de preparar la bebida. El tamaño de la partícula que se desea obtener dependerá del tipo de producto a realizar. Las partículas de café se clasifican como: gruesas (entre 701 y 900 μm), medias (entre 501 y 700 μm), finas (entre 350 a 500 μm) y extrafinas (menores a 350 μm), según la normativa ecuatoriana (NTE INEN 1123, 2016). Se recomienda utilizar las partículas gruesas para la preparación de café tostado y molido en precoladores, ollas y pistón, las medias para el uso de filtros de papel, colador de tela y cafeteras y, las finas en máquinas de expreso (Guevara-Barreto y Castaño-Castrillón, 2005). Una mayor superficie de contacto entre las partículas molidas y el líquido permite una mayor transferencia de sus componentes al medio, razón por la cual, granulometrías elevadas de café tostado y molido pueden significar pérdidas de calidad. De todas formas, si las partículas son muy pequeñas, el cuerpo de la bebida será arenoso (Guevara-Barreto y Castaño-Castrillón, 2005). Al momento de preparar la bebida es importante considerar el tiempo de contacto entre el agua y el café; mientras más grandes sean las partículas, mayor será el tiempo necesario de contacto; de todas formas, se tiende a colores más claros y gustos menos intensos respecto a bebidas preparadas con granos más finos (Guevara-Barreto y Castaño-Castrillón, 2005).

1.5.8 Empaquetado y almacenamiento

Se realiza una selección de los granos tostados, que puede ser manual o mediante células fotoeléctricas (clasificadores ópticos). Cuando el café tostado es envasado y almacenado, sus aromas y sabores se encuentran frescos hasta por 8 a 10 semanas, mientras que el café tostado y molido envasado al vacío se conserva durante 6 a 8 meses, una vez abierto sus aromas y sabores tienden a la rancidez. Aún se desconocen los factores por los que el aroma y el sabor disminuyen; sin embargo, para evitar que las sustancias responsables de los aromas y sabores se pierdan, se debe envasar el café en empaques herméticos y almacenarlos en lugares frescos, secos y oscuros (Belitz et al., 2009).

El café tostado y molido se comercializa en presentaciones de empaques primarios como las bolsas de papel que ofrecen resistencia al impacto y movilidad, además no afectan los aromas y sabores del café. El papel Kraft es una de las opciones más ecológicas, compuesto de: polietileno, capa de aluminio o metalizado de plata, es uno de los empaques más utilizados para el café o productos en polvo. Los empaques herméticos con válvula unidireccional son una gran alternativa para los granos tostados enteros debido a que se almacenan por tiempos más largos, la válvula permite la salida de CO₂ y ayuda a que no se infle la bolsa por la presión de los gases. El café molido también se puede envasar al vacío y es más favorable que las bolsas de papel (Indonesia Specialty Coffee, 2023).

Tabla 1.5. Tipos de empaque para café

Bolsas de papel	Papel Kraft	Hermético con válvula unidireccional	Empaques al vacío
			

Imágenes obtenidas de: <https://specialtycoffee.id/keep-it-fresh-the-ultimate-guide-to-coffee-beans-packaging/> y <https://bolsasparacafe.mx/bolsas-para-empacado-al-vacio/> Consulta realizada el 5 de septiembre de 2023

Otro tipo de empaque que se usa para el café tipo infusión es el papel filtro, aunque en la actualidad se está comenzando a utilizar materiales alternativos elaborados con plásticos; sin embargo, este tipo de material genera un efecto nocivo para el medio ambiente y a la salud debido a que durante el filtrado una bolsa de té libera 11.6 millones de microplásticos y 3.1 mil millones de nanoplasticos, generando grandes controversias (Hernandez et al., 2019). De todas formas, la finalidad de este tipo de empaque es permitir la extracción de las sustancias responsables de los sabores, colores y aromas del café en tiempos más cortos que los usuales, gracias a la pequeña granulometría del café en su interior, a la vez evitar el uso de utensilios o equipos que generan un costo mayor. En Ecuador, existe una marca cafetera llamada Cafecom, que comercializa el café en esta presentación, cuenta con dos productos de café en infusión: regular y descafeinado. El café con leche también es una de las bebidas más conocidas alrededor del mundo; sin embargo, de acuerdo a la investigación realizada, no se ha comercializado aún empaques que contengan leche en polvo y un sustituto de crema en polvo.

1.6 Formas de elaboración de bebida de café

El café puede consumirse de diferentes formas, ya sea caliente o frío, mezclado solo con agua, o leche y/o azúcar, con otros ingredientes (capuchino, mocachino, etc.) e, incluso formando parte de bebidas espirituosas. En el mercado local, podemos encontrar el café en forma de: grano tostado entero, grano tostado y molido, café instantáneo y descafeinado. En Ecuador, el café se

consume principalmente como instantáneo y café pasado (a base de café tostado y molido) que se hace “pasar” con agua hirviendo, también se suele elaborar utilizando máquinas o utensilios cuyos tiempos de espera de filtrado son prolongados. Los ingredientes y compuestos químicos de la bebida tienen un efecto sobre las características sensoriales, el agua ayuda a la conservación de las sustancias responsables del aroma y el sabor del grano tostado; la cafeína aporta amargor y sabor; los minerales forman el cuerpo de la bebida mientras que la sacarosa influye en el sabor, color, acidez y el aroma de la bebida y los lípidos contribuyen al transporte de los aromas y sabores (Puerta, 2013). Otra de las bebidas de alto consumo en el país son las bebidas calientes tipo infusiones como el té elaboradas a base de frutas, hojas, flores deshidratadas y cortezas de plantas, que son empaquetadas en bolsas permeables para permitir la solubilización de sus compuestos, los cuales van a brindar propiedades sensoriales a la bebida características de cada uno de ellos, además de aportar también con sustancias bioactivas (Montoya, 2020).

CAPÍTULO II

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

Las muestras de café tostado y molido fueron obtenidas en la ciudad de Cuenca. La especie Robusta fue adquirida en la cadena de supermercados “Supermaxi”, bajo la marca Café Legrand; mientras que la especie Arábica fue adquirida a la microempresa “Café de Loja”. Las muestras de Arábica y Robusta, procedieron de las provincias de Loja y Santa Elena, respectivamente.

Para las pruebas de formulación del café se emplearon bolsas de infusión con porosidad de 62 micras, para filtrar los compuestos solubles en agua a 92 °C, (temperatura de ebullición del agua en Cuenca).

Se utilizó azúcar refinada de la marca Juan Valdez y leche en polvo y sustituto de crema en polvo de marca Nestlé. El agua destilada utilizada fue obtenida en los laboratorios de química física de la Universidad del Azuay.

2.2 Métodos

Se elaboraron tres productos de bebida de café en bolsas de infusión con café Arábica y Robusta. El producto 1 (P1) consistió en la mezcla de las dos especies, el producto 2 (P2) tiene las dos especies de café; pero con adición de azúcar, mientras que el producto 3 (P3) fue desarrollado a partir de P1; pero incluye: azúcar, leche en polvo y sustituto de crema, buscando ser una alternativa a una bebida de café en leche.

2.2.1 Determinación de granulometría

La determinación de la granulometría se realizó en tamices de diferentes aperturas (355, 250, 180 y 125µm) con agitación manual y movimiento homogéneo por un tiempo de 10-15 minutos. Se tamizaron alícuotas de Arábica y de Robusta. La apertura de los tamices utilizados fue de (5 mm; 2.5 mm; 2 mm, 710 µm, 600 µm, 500 µm, 355 µm, 250 µm, 180 µm y 125 µm). Se determinó la cantidad de café retenida en cada tamiz y se calculó la distribución porcentual de las diferentes fracciones. Los resultados fueron comparados con la norma NTE INEN 1123 – 2016 que describe los requisitos del tamaño de partícula para la granulometría del café tostado y molido.

2.2.2 Diseño experimental para el producto 1

Se aplicó un diseño de mezclas entre Arábica y Robusta, combinando sus concentraciones en 6 combinaciones (Tabla 2.1). Cada bolsa de infusión contuvo 4 g de mezcla (100%) para preparar bolsas similares a las existentes en el mercado, puesto que esa es la presentación de la marca comercial Cafecom. El volumen del agua utilizado para preparar cada una de las bebidas (muestras) fue de 100 mL, y de esa manera, obtener muestras con la misma concentración utilizada en estudios previos (Dabrowska et al., 2022).

Tabla 2.1. Diseño experimental de mezclas para el producto 1

Muestra	Arábica (%)	Robusta (%)
1	100	0
2	75	25
3	60	40
4	50	50
5	25	75
6	0	100

2.2.3 Diseño experimental para el producto 2

Se aplicó el diseño de Box Behnken que implicó la ejecución de 16 experimentos (Tabla 2.2). Los factores que se analizaron fueron las cantidades de café Arábica (A), Robusta (R) y azúcar (S), con un intervalo codificado entre -1, 0, 1. Siendo -1, la cantidad mínima del componente; 1, la cantidad máxima y 0 el valor intermedio entre ellos.

Tabla 2.2. Diseño experimental de Box Behnken para el producto 2

Muestra	Arábica	Robusta	Azúcar
1	-1	-1	0
2	-1	1	0
3	1	-1	0
4	1	1	0
5	0	-1	-1
6	0	1	-1
7	0	-1	1
8	0	1	1
9	-1	0	-1
10	1	0	-1
11	-1	0	1
12	1	0	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0

Café Arábica y Robusta: -1 = 0.5 g; 0 = 2.5 g y 1 = 4.5 g.

Sacarosa: -1 = 4 g, 0 = 5.25 g y 1 = 6.5 g

2.2.4 Diseño experimental para el producto 3

Para el producto 3 se usó como base la muestra óptima de P1 a la que se añadió azúcar (S), leche en polvo (L) y sustituto de crema (C). Al igual que para la muestra P2, se aplicó el diseño experimental de Box Behnken con 16 experimentos y cada factor varía entre (-1, 0, 1) (tabla 2.3).

Tabla 2.3. Diseño experimental de Box Behnken para el producto 3

Experimento	Sacarosa (S)	Leche en polvo (L)	Sustituto de crema (C)
1	1	1	0
2	-1	1	0
3	1	-1	0
4	-1	-1	0
5	0	1	-1
6	0	-1	-1
7	0	1	1
8	0	-1	1
9	1	0	-1
10	-1	0	-1
11	1	0	1
12	-1	0	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0

Azúcar: -1= 2 g; 0= 4 g y 1= 6 g. Leche en polvo: -1= 0.5 g; 0= 3.25 g; 1= 6 g.
 Crema en polvo: -1= 0.2 g; 0= 1.35 g; 1= 2.5 g

2.2.5 Preparación de la bebida

El contenido de café en las bolsas infusión de P1, P2 y P3 fue de 4 g, mientras que, las cantidades de los otros ingredientes para P2 y P3 se ajustaron de manera que se preservara la proporción establecida según el diseño experimental (Box Behnken en ambos casos). La muestra P3 constó de dos bolsas, la primera que contenía P1 y, la segunda, que consistió en un sobre con las mezclas programadas de azúcar, leche en polvo y sustituto de crema en polvo que se vertió sobre 100 mL de agua hirviendo con agitación constante a 92°C por un minuto.

2.2.6 Análisis sensorial de los productos

Las evaluaciones sensoriales se realizaron a un grupo de 50 personas en los laboratorios de la Universidad del Azuay, espacios tranquilos, claros y silenciosos. Se utilizaron fichas de catación con escala hedónica en las que se evaluó la fase visual, gustativa y olfativa, además de la aceptabilidad general, siendo 1 la puntuación más baja “me disgusta mucho” y 7 la puntuación más alta “me gusta mucho” (anexos 1, 2 y 3). Los catadores indicaron su nivel de agrado o desagrado de cada uno de los parámetros evaluados.

2.2.7. Determinación de sólidos solubles

La determinación de sólidos solubles se realizó utilizando un refractómetro digital (Milwaukee, MA871, Szeged, Hungría) (n=4) (Figura 2.1). Una gota de muestra se colocó en el contenedor del refractómetro y el resultado fue leído en la pantalla digital.



Figura 2.1. Refractómetro digital.
Fuente: Elaboración propia

2.2.8 Determinación colorimétrica

Se utilizó la colorimetría para la determinación del color de cada muestra. Con el colorímetro fueron evaluadas las coordenadas: L^* , a^* y b^* . Se utilizó el colorímetro “Lovibond” (Lovibond LC 100 SV 100, Dortmund, Alemania) (Figura 2.2) (n=4).



Figura 2.2. Colorímetro Lovibond LC 100 SV 100
Fuente: Elaboración propia

2.2.9 Análisis estadísticos

Los resultados sensoriales obtenidos a partir de los diseños experimentales aplicados a los tres productos se tabularon en Microsoft Excel 2016 para calcular sus medianas. Cada una de las matrices obtenidas fue cargada al programa DART 2.0 (Milán, Italia); para P1 se aplicó la función lineal creciente, mientras que para P2 y P3 la función sigmoide creciente, los parámetros

sensoriales evaluados fueron ponderados de acuerdo a la importancia de cada producto para alcanzar los objetivos de la investigación aplicada y de acuerdo al criterio y experiencia de los analistas (tablas 2.4, 2.5 y 2.6 para P1, P2 y P3, respectivamente).

Tabla 2.4. Ponderación de cada parámetro de la evaluación sensorial producto 1

Producto 1	
Parámetros	Ponderación
Color	5
Transparencia	2
Cantidad de sedimento	4
Calidad del aroma	7
Intensidad del aroma	5
Persistencia	5
Amargor	5
Acidez	5
Dulzor	1
Astringencia	4
Sabor	7
Aceptabilidad general	10

Tabla 2.5. Ponderación de cada parámetro de la evaluación sensorial producto 2

Producto 2	
Parámetros	Ponderación
Color	5
Transparencia	2
Cantidad de sedimento	4
Calidad del aroma	8
Intensidad del aroma	8
Persistencia	5
Amargor	5
Acidez	5
Dulzor	8
Astringencia	4
Sabor	7
Aceptabilidad general	10

Tabla 2.6. Ponderación de cada parámetro de la evaluación sensorial producto 3

Producto 3	
Parámetros	Ponderación
Color	5
Transparencia	2
Cantidad de sedimento	4
Calidad del aroma	8
Intensidad del aroma	8
Persistencia	5
Amargor	5
Acidez	5
Dulzor	8
Astringencia	4
Sabor	7
Aceptabilidad general	10

Para la optimización de los productos de café azucarados o no, y/o sustitutos de leche se utilizó el programa Minitab 17 (Pensilvania, USA). En este programa se eligió el diseño experimental de superficie de respuesta (Box Behnken), se obtuvieron funciones de respuesta de utilidad para P1 y P2; mientras que, para P3 se prefirió utilizar la función deseabilidad. Los resultados en Minitab 17 incluyen el análisis de Pareto y diagramas de superficie de respuesta, por último, se introdujeron los resultados de colorimetría y sólidos solubles en el programa estadístico Statgraphics 5.1(StatPoint Inc, Warrenton, VA, USA) para el análisis de varianza (ANOVA).

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Determinación granulométrica

Alícuotas de Arábica y Robusta fueron tamizadas y los resultados se presentan en la tabla 3.1. Para determinar el tamaño de partícula predominante se verificó la malla que retiene el mayor porcentaje de granos. En ambos casos, la mayor fracción de partículas presentan una granulometría comprendida entre 710 y 2000 μm (64.28 y 63.83% para Arábica y Robusta, respectivamente); seguidas por las fracciones entre 600 y 710 μm (33.43 y 18.27% para Arábica y Robusta, respectivamente). Es decir, el 97.71% de Arábica y el 82.1% de Robusta tienen granulometría entre 600 y 2000 μm (tabla 3.1), mientras que alrededor de un 16% de Robusta tiene granulometría entre 180 y 500 μm . No se detectaron fracciones menores a 180 μm para Arábica, ni a 125 μm para Robusta. Las bolsas de infusión para las muestras de café tostado y molido fueron de papel filtro con fibras de abacá y celulosa con porosidad de 62 μm , por lo tanto, son adecuadas para la filtración del café, puesto que permitieron la retención de las fracciones de café molido utilizado durante los análisis, minimizando la cantidad de sedimento producido.

Tabla 3.1. Granulometría de café tostado y molido de la especie Arábica y Robusta

Malla	Fracción porcentual (%)	
	Arábica	Robusta
5 mm	0±0.00	0±0.00
2.5 mm	0.06±0.09	0.70±0.28
2 mm	0.35±0.30	0.13±0.13
710 μm	64.28±2.01	63.83±3.78
600 μm	33.43±1.78	18.27±2.35
500 μm	0.97±0.71	0.96±0.93
355 μm	0.47±0.64	8.32±3.37
250 μm	0.41±0.25	5.89±1.29
180 μm	0.02±0.01	1.80±0.21
125 μm	0±0.00	0.11±0.10
Base	0±0.00	0±0.00
Total	100	100

La NTE INEN 1123 (2016) clasifica la granulometría de las partículas de café como: extrafinas, finas, medias y gruesas. Se observa que más del 50% del café tiene una granulometría superior a 710 μm tanto para Robusta como para Arábica, lo que corresponde a una denominación gruesa de acuerdo a la normativa citada (700-900 μm). Según reportan Guevara-Barreto y Castaño-Castrillón (2005), el tipo de molienda del café influye sobre el tipo de preparación; la preparación de la bebida con café grueso se realiza en ollas, pistones y percoladores (6-9 min), si la granulometría es media se prepara en filtros o coladores de tela (4-6 min), mientras que si es fina se prepara expreso doméstico e institucional (0.5-4 min).

3.2 Producto 1

3.2.1 Función de utilidad

Se elaboraron tablas con los resultados del análisis sensorial en Microsoft Excel para cada muestra analizada, se calcularon las medianas de cada variable y se construyó una tabla con las medianas de cada variable de todas las muestras (Tabla 3.2).

La tabla 3.2 fue introducida en el programa DART 2.0, se aplicó una función lineal creciente para todos los parámetros. La función de utilidad máxima (0.814) se obtuvo para las muestras 1 y 2 (tabla 3.3); que corresponden a las proporciones: Arábica - Robusta 1:0 y 3:1, respectivamente. Para seleccionar cuál de las dos combinaciones conviene utilizar, se podrían considerar otras variables como costos de la materia prima y su disponibilidad.

Tabla 3.3. Función de utilidad, producto 1

Muestra	Arábica (%)	Robusta (%)	Función utilidad
1	100	0	0.814
2	75	25	0.814
3	60	40	0.781
4	50	50	0.742
5	25	75	0.673
6	0	100	0.673

De todas formas, $F(U)$ es superior a 0.6 para todas las muestras, lo que implica que todas las combinaciones fueron del agrado de los panelistas y, por ende, permiten la elaboración de productos aceptables.

Otros autores también analizaron bebidas de café elaboradas con variedades Arábica y Robusta de forma individual y en mezcla para: aroma, amargor, acidez, cuerpo y aceptabilidad general (Puerta 2008; Abubakar et al., 2020). Puerta (2008), trató ambas variedades de café por beneficio húmedo, aunque Robusta se trató también por beneficio seco. De acuerdo a dicho estudio, 100% Arábica fue mejor calificada en cuanto a la acidez, aroma, amargor e impresión global, a la vez que fue descrita como equilibrada; mientras que, la bebida con 100% Robusta fue calificada como de acidez similar a fermento agrio y bajo, amargor fuerte y desagradable. En cuanto a las mezclas; cuando Robusta fue menor al 10% no se reportaron diferencias significativas respecto a una bebida 100% Arábica. Con una sustitución mayor al 10%, el cuerpo de la bebida fue descrito como espeso y sucio, a pesar de señalar que la granulometría del café molido estuvo entre 750 y 800 μm para ambas especies. Al 20% de sustitución Puerta-Quintero (2008) describió la bebida con gusto fermentado y sobre el 35% de sustitución es más notoria la intensidad del amargor. De acuerdo a Abubakar et al., (2020), porcentajes de sustitución de Robusta con Arábica entre el 10 y 30% son de gusto aceptable cuando el grado de tueste es medio; de todas formas; todos los porcentajes de mezcla son aceptables. Sin embargo, de acuerdo a Puerta-Quintero (2008), Arábica es reconocida como la mejor especie del género *Coffea*, coincidiendo con los resultados del presente estudio.

3.2.2 Colorimetría y sólidos solubles

La tabla 3.4 muestra los resultados colorimétricos de los análisis aplicadas a cada muestra. La muestra 6 produjo la bebida de café más clara ($L=26.75\pm 0.17$), mientras que las muestras 3 y 4 fueron las más oscuras ($L=18.03\pm 0.22$ y 16.98 ± 0.55 ; respectivamente). La tendencia a valores positivos de los parámetros a y b significan que las muestras tienden a tonalidades rojas y amarillas, siendo las muestras 2 y 6 las que presentaron mayor tendencia a esas tonalidades. El mayor contenido de sólidos solubles se obtiene en las muestras 1 y 4 (0.88 ± 0.05 y 0.80 ± 0.05 , respectivamente) y el menor es el de las muestras 3 y 6; sin embargo, en todos los casos los valores obtenidos son realmente bajos, razón por la cual se puede asegurar que la bebida no es dulce, al no contar con la adición de edulcorantes artificiales.

Tabla 3.4. Colorimetría y sólidos solubles para producto 1

Muestra	L	a	b	Sólidos solubles (°Brix)
1	19.73 ± 0.46^b	25.7 ± 0.80^{bc}	24.88 ± 1.57^c	0.8 ± 0.05^{cd}
2	22.35 ± 0.64^c	26.83 ± 0.72^{cd}	28.73 ± 1.94^d	0.7 ± 0.05^{bc}
3	18.03 ± 0.22^a	23.10 ± 0.81^a	21.88 ± 0.82^{ab}	0.6 ± 0.05^{ab}
4	16.98 ± 0.55^a	24.33 ± 0.59^{ab}	20.45 ± 0.24^a	0.88 ± 0.05^d
5	20.00 ± 1.13^b	24.48 ± 0.83^{ab}	24.13 ± 1.46^{bc}	0.75 ± 0.1^c
6	26.75 ± 0.17^d	27.38 ± 0.05^d	37.28 ± 0.17^e	0.5 ± 0.05^a

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey HSD; $p<0.05$; $n=4$)

García et al., (2019), midieron la colorimetría de 5 marcas diferentes de café soluble (no en bolsas de infusión) preparadas con 2g de café y 200 ml agua a 80°C (no azucaradas). El rango de luminosidad de las bebidas estuvo entre $L=22.71 \pm 2.99$ y 35.37 ± 3.30 ; mientras que las muestras analizadas en este estudio tuvieron un rango de $L=16.98\pm 0.55$ hasta 26.75 ± 0.17 , para las muestras 4 y 2, respectivamente. La media de los valores reportados por García et al., (2019) para L es de 28, mientras que, para las muestras de este estudio, es de alrededor de 20.5. Esta diferencia se debe a la preparación de la bebida, en este estudio la bebida se preparó con 4 g de café en 100 ml de agua, es decir, el doble de contenido de café y la mitad de agua respecto a lo utilizado por García et al., (2019). Por otro lado, el café instantáneo tiene la capacidad de disolverse en su totalidad a diferencia del café tostado y molido, quedando algunas partículas del grano en la bolsa; sin embargo, gracias a la mayor concentración aplicada en este estudio, las muestras son más oscuras. En cuanto a la coordenada (a) García et al., (2019) reportan valores entre 22.71 ± 2.99 y 27.31 ± 2.62 , aunque una muestra alcanza los 35.97 ± 3.35 , mientras que las muestras reportadas en este estudio varían entre 23.10 ± 0.81 y 27.38 ± 0.05 ; es decir, la tendencia al rojo de las muestras de ambos estudios es similar. La coordenada b de ambos estudios es similar, aunque el rango de valores reportados por García et al., (2019) ($b=23.91 \pm 2.87 - 35.71\pm 3.30$) es menor al de este estudio ($b=20.45\pm 0.24 - 37.28\pm 0.17$). De todas formas, al ser positivos los valores, en ambos estudios se reporta una tendencia hacia la tonalidad amarilla.

De acuerdo a la determinación colorimétrica de café en infusión en este estudio, al igual que los estudios con café soluble, los valores de L, a y b son positivos para todas las muestras, a pesar de que el proceso del café no es el mismo. Abubakar et al., (2020) en cuanto a la determinación de sólidos solubles en mezclas de café tostado y molido (Arábica y Robusta) obtuvo un promedio de 3.76 °Brix (mayor respecto al reportado en este estudio), diferentes tipos de tueste no reflejan un efecto significativo en cuanto a los sólidos solubles.

3.3 Producto 2

3.3.1 Función utilidad

Para el producto 2, que consiste en mezcla de café con adición de azúcar, se elaboraron tablas en Microsoft Excel, con los resultados del análisis sensorial aplicado a cada muestra analizada, se calcularon las medianas de cada variable y se construyó la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Matriz de medianas de las respuestas de evaluación sensorial del producto 2

Muestra	Fase visual			Fase olfativa			Fase gustativa					Aceptabilidad general
	Color	Transparencia	Cantidad de sedimento	Calidad del aroma	Intensidad del aroma	Persistencia	Amargor	Acidez	Dulzor	Astringencia	Sabor	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	4	4	5	6	5	5	5	5	5	5	6	5
3	5	4.5	4.5	4	4	4	5	5	5	5	4	5
4	4.5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5
6	5	5	5	5	5	4.5	4	4	3.5	4	4.5	5
7	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	5
8	5	5	5	5	4	4	4	5	4	4	5	5
9	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5
10	5	5	5	5	4	4	4.5	4.5	4	4	4	5
11	5	5	5	5	5	4	5	5	6	6	6	5
12	5	5	5	6	5.5	5	5	5	5	5	6	5
13	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5
14	5	5	5	5	4.5	4	5	4.5	5	5	5.5	5
15	5	5	5	5	5	4	4	4.5	5	4	4	5
16	6	5	5	5	4	4.5	5	5	5	5	5	5

La tabla 3.5 fue introducida en el programa DART 2.0, se aplicó una función sigmoide creciente para todos los parámetros y se obtuvo la función utilidad (F(U)), cuyo valor máximo fue de 0.945 (el mínimo aceptable es de 0.6), que correspondió a la muestra 8 (tabla 3.6), elaborada con una combinación de café Arábica: 0= 2.5g; café Robusta: -1= 0.5 g; Sacarosa: 1= 6.5 g).

Tabla 3.6. Función utilidad del producto 2

Muestra	Arábica (A)	Robusta (R)	Sacarosa (S)	Función utilidad
1	-1	-1	0	0
2	-1	1	0	0.744
3	1	-1	0	0.897
4	1	1	0	0.543
5	0	1	-1	0.817
6	0	-1	-1	0.712
7	0	1	1	0.913
8	0	-1	1	0.945
9	1	0	-1	0.798
10	-1	0	-1	0.737
11	1	0	1	0.911
12	-1	0	1	0.745
13	0	0	0	0.798
14	0	0	0	0.873
15	0	0	0	0.789
16	0	0	0	0.871

Café Arábica y Robusta: -1 = 0.5 g; 0 = 2.5 g y 1 = 4.5 g.

Sacarosa: -1 = 4 g, 0 = 5.25 g y 1 = 6.5 g

El valor de F(U) para la muestra 1 fue tan bajo debido a que la proporción de azúcar, respecto al café, fue demasiado elevada para el gusto de los catadores. Entre las demás muestras, la número 4 presentó la menor F(U) (0.543) (Café Arábica: 1= 4.5 g; café Robusta: 1= 4.5 g; sacarosa: 0= 5.25 g); es decir, se encuentra bajo el mínimo aceptable (0.6).

La matriz (3.6) fue introducida a Minitab 17. Se verificó la significancia de las variables y sus interacciones al 95% del nivel de confianza (p -value < 0.05), observándose que, para el rango experimental aplicado, son significativas: Robusta, Arábica*Arábica, Robusta*Robusta Azúcar*Azúcar y Arábica*Robusta (Tabla 3.7). La respuesta resultante se presenta en la ecuación 1.

Función de Utilidad para Producto 2 = $0.8327 + 0.1154 \text{ Robusta} - 0.1189 \text{ Arábica} * \text{Arábica} - 0.1679 \text{ Robusta} * \text{Robusta} + 0.1329 \text{ Azúcar} * \text{Azúcar} - 0.2745 \text{ Arábica} * \text{Robusta}$ (Ecuación 1)

Tabla 3.7. P-value para los factores del producto 2

Factores	P-value
Arábiga	0.128
Robusta	0.013
Azúcar	0.137
Arábiga*Arábiga	0.043
Robusta*Robusta	0.011
Azúcar*Azúcar	0.029
Arábiga*Robusta	0.001
Arábiga*Azúcar	0.488
Robusta*Azúcar	0.592

De acuerdo a la ecuación 1, la interacción Arábiga * Robusta es la que más influye en la calidad del producto; siendo que el signo de Robusta es positivo, y que la interacción mencionada tiene signo negativo, se asume que Arábiga debe ser negativa; es decir, que el producto óptimo tendrá un mayor contenido de Robusta y un menor contenido de Arábiga.

3.3.2 Colorimetría y sólidos solubles

En la tabla 3.8, se muestran los resultados colorimétricos de las bebidas elaboradas a partir del producto 2. La muestra 4 es la bebida más clara ($L=7.47\pm 0.09$) mientras que, la bebida más oscura es la muestra 7 ($L=4.57\pm 0.20$). Los valores obtenidos en la determinación tienden más a 0 que a 100 por lo que las 16 bebidas son oscuras. Para las determinaciones en "a" las muestras 1 al 6, 10, 13, 14, 15 y 16 son mayores a 0. Cuando "a" es positivo, se manifiesta una tendencia a colores rojos, mientras que valores negativos indican la tendencia hacia el color verde; sin embargo, en este caso específico, los valores de todas las muestras son cercanos a 0, por lo que, en realidad, no existe una tendencia clara hacia esos colores por parte de las muestras. Los valores "b" señalan tendencias a amarillo y azul. De forma similar, los resultados alternaron entre valores positivos y negativos; pero todos ellos cercanos a 0, razón por la cual tampoco se manifestó una clara tendencia hacia esos colores.

Entre las muestras analizadas, la muestra 7 presentó el mayor contenido de sólidos solubles (18.5 ± 0.20 °Brix), mientras que el menor contenido se encuentra en la muestra 4 (5.8 ± 0.40 °Brix). Acerca de los sólidos solubles, la muestra con mayor F(D) (muestra 8, sólidos solubles= 10.1 ± 0.08) se encuentra cerca del promedio de las 15 muestras analizadas, que es de 10.43, cercano a los sólidos solubles de la muestra 8 (10.1 ± 0.08).

Tabla 3.8. Colorimetría y sólidos solubles para producto 2

Muestra	L	a	b	Sólidos solubles (°Brix)
2	6.12±0.17 ^{bcd}	1.10±0.21 ^{bde}	1.28±0.20 ^c	10.73±0.09 ^f
3	6.42±0.20 ^{de}	0.65±0.33 ^{bcdde}	1.58±0.09 ^c	9.48±0.05 ^d
4	7.47±0.09 ^e	1.50±0.20 ^b	1.30±0.08 ^c	5.8±0.40 ^a
5	6.90±0.24 ^{de}	0.20±1.20 ^b	1.58±0.37 ^c	10.3±0.20 ^{ef}
6	6.95±0.37 ^{de}	-0.22±0.36 ^{bcd}	1.65±0.58 ^c	7.3±0.20 ^b
7	4.57±0.20 ^a	1.32±0.19 ^{de}	-0.70±1.35 ^a	18.5±0.20 ^j
8	5.82±0.65 ^{bcd}	1.55±0.17 ^{de}	-0.72±0.23 ^a	10.1±0.08 ^e
9	5.00±0.14 ^{ab}	1.02±0.09 ^{cde}	-1.03±0.05 ^a	13.4±0.20 ^h
10	6.27±0.22 ^{de}	1.75±1.14 ^e	1.20±0.31 ^c	7.7±0.31 ^{bc}
11	5.12±0.61 ^{abc}	-0.40±0.68 ^{ab}	-0.45±0.81 ^{ab}	15.3±0.11 ⁱ
12	5.02±1.12 ^{ab}	0.97±0.87 ^{cde}	-0.35±0.85 ^{ab}	8±0.27 ^c
13	6.47±0.35 ^{de}	-1.20±0.21 ^a	0.80±0.21 ^{bc}	9.98±0.05 ^e
14	6.42±0.15 ^{de}	-1.30±0.14 ^a	0.73±0.05 ^{bc}	10±0.08 ^e
15	6.52±0.28 ^{de}	-1.17±0.09 ^a	0.83±0.12 ^{bc}	10±0 ^e
16	6.67±0.28 ^{de}	-1.25±0.17 ^a	0.95±0.17 ^c	10±0 ^e

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey HSD; $p < 0.05$; $n=4$)

3.4 Producto 3

3.4.1 Función sigmoide ascendente

Se partió de la muestra óptima de P1 (25% R y 75% A), aplicando el diseño Box Behnken, teniendo como factores: leche en polvo, sustituto de crema en polvo y azúcar. Se elaboraron tablas en Microsoft Excel con los resultados del análisis sensorial para cada muestra analizada, se calcularon las medianas de cada variable para cada muestra y se construyó una tabla de medianas (tabla 3.9).

Tabla 3.9. Medianas de las respuestas de evaluación sensorial del producto 3

Muestra	Fase visual			Fase olfativa			Fase gustativa					Aceptabilidad general
	Color	Transparencia	Cantidad de sedimento	Calidad del aroma	Intensidad del aroma	Persistencia	Amargor	Acidez	Dulzor	Astringencia	Sabor	
1	5	5	4	4	4	4	5	5	6	6	5	5
2	5	5	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6
3	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	5
4	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	4	5	4	4	5	5	5	5
6	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
7	6	5	6	5	5	5	5	4	5	6	6	6
8	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	6	5
9	5	5	5	6	5	5	4	5	6	6	6	5
10	4	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5
11	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6
12	5	4	4	5	4	4	3	3	3	3	3	3
13	5	5	5	5	5	4	5	5	6	6	6	6
14	6	6	6	5	5	5	6	6	6	6	6	6
15	5	5	5	5	4	5	4	4	5	5	5	5
16	5	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	5

La tabla 3.9 fue introducida al programa DART 2.0, aplicando una función sigmoide ascendente para todos los parámetros con el fin de obtener la función de deseabilidad (F(D)), cuyo valor máximo fue de 0.908 para la muestra 5, que corresponde a la combinación: azúcar 2 g; leche en polvo 3.25 g y sustituto de crema en polvo 0.2 g. La muestra 10 presenta el valor más bajo de función deseabilidad para el producto 2 (0.153) (tabla 3.10)

Tabla 3.10. Función deseabilidad del producto 3

Muestra	Sacarosa	Leche en polvo	Sustituto de crema	Función deseabilidad
	(S)	(L)	(C)	
1	-1	-1	0	0.802
2	1	-1	0	0.535
3	-1	1	0	0.716
4	1	1	0	0.903
5	-1	0	-1	0.908
6	1	0	-1	0.871
7	-1	0	1	0.747
8	1	0	1	0.782
9	0	-1	-1	0.879
10	0	1	-1	0.153
11	0	-1	1	0.718
12	0	1	1	0.692
13	0	0	0	0.846
14	0	0	0	0.896
15	0	0	0	0.747
16	0	0	0	0.508

Azúcar: -1= 2 g; 0= 4 g y 1= 6 g. Leche en polvo: -1= 0.5 g; 0= 3.25 g; 1= 6 g.
Crema en polvo: -1= 0.2 g; 0= 1.35 g; 1= 2.5 g

La matriz (3.10) fue ingresada a Minitab 17. Se verificó la significancia de las variables y sus interacciones al 90% del nivel de confianza (p -value < 0.10) (Tabla 3.11)

Tabla 3.11. P-value para los factores del producto 3

Término	P-value
Sacarosa	0.868
Leche	0.071
Crema	0.795
Sacarosa*Sacarosa	0.262
Leche*Leche	0.223
Crema*Crema	0.771
Sacarosa*Leche	0.222
Sacarosa*Crema	0.836
Leche*Crema	0.081

De acuerdo a los p-value (Tabla 3.11), las variables significativas al 90% dentro del rango experimental aplicado son: Leche y Leche*Sustituto de Crema, quedando la respuesta expresada en la Ecuación 2.

$$\text{Función de Deseabilidad para Producto 3} = 0.7493 - 0.1293 \text{ Leche} - 0.1750 \text{ Leche*Crema}$$

(Ecuación 2)

Esto indica que la cantidad de azúcar que se añade a la bebida no es significativa en el rango experimental estudiado, por lo que podría ser agregada en cualquiera de los valores aplicados. Desde un punto de vista económico, se podría agregar la menor cantidad de azúcar estudiada, sin afectar la aceptabilidad de la bebida.

3.4.2 Colorimetría y sólidos solubles para el producto 3

En la tabla 3.12 se presentan los resultados de los análisis colorimétricos y de sólidos solubles de las 16 muestras correspondientes al producto 3. Al mezclar el café con el azúcar, la leche y el sustituto de crema en polvo se observó un aumento en el valor "L", respecto a los valores de los productos 1 y 2; es decir, las muestras se vuelven más claras. La muestra más clara es la número 3 (55.65 ± 4.77) debido a que contiene el rango máximo de leche (6 g), mientras que la más oscura es la número 9 (20.42 ± 0.12) por la razón de que contiene el mínimo de los componentes de leche en polvo (0.05 g) y sustituto de crema en polvo (0.2 g) lo que hace que el color de la bebida tienda a tonalidades oscuras. En cuanto a los parámetros "a" y "b", todos los experimentos son mayores a 0, es decir, las muestras tienden a rojo y amarillo. De manera inesperada, el mayor contenido de sólidos solubles se expresa en las muestras 3, 5 y 7, que son los que tienen menores cantidades de azúcar añadida, aunque sus contenidos de leche en polvo y sustituto de crema son altos y medios; el menor contenido de sólidos solubles corresponde a la muestra 2 (4.38 ± 0.22).

Tabla 3.12. Colorimetría y sólidos solubles para producto 3

Muestra	L	a	b	Sólidos solubles (°Brix)
1	31.67±0.33 ^b	7.42±0.05 ^f	17.9± 0.28 ^f	6.1±1.26 ^b
2	29.47±0.38 ^b	29.47±0.05 ^e	16.6± 0.27 ^{bc}	4.38±0.22 ^a
3	55.65±4.77 ^h	5.45±0.17 ^b	18.6± 0.11 ^g	10.9±1.48 ^{fg}
4	50.77±0.51 ^{fg}	5.45±0.05 ^b	17.2± 0.28 ^{cd}	8.1±0.40 ^{cd}
5	41.4±0.70 ^c	6.32±0.09 ^{de}	17.12± 0.17 ^{cd}	11.63±0.17 ^{fg}
6	39.82±0.94 ^c	6.25±0.23 ^d	17± 0.25 ^{cd}	8.13±0.22 ^{cd}
7	48.57±0.90 ^{ef}	5.77±0.12 ^c	17.37± 0.46 ^{def}	12±0.64 ^g
8	52.87±0.60 ^{gh}	5.37±0.05 ^b	17.4± 0.3 ^{def}	6.38±0.61 ^b
9	20.42±0.12 ^a	6.02±0.09 ^{cd}	9.55± 0.13 ^a	10.1±0.2 ^{ef}
10	52.85±0.83 ^{gh}	5.07±0.15 ^{ab}	17.57± 0.19 ^{def}	7.03±1.11 ^{bc}
11	46.97±0.66 ^{de}	5.77±0.09 ^c	17.57± 0.37 ^{def}	8.7±0.20 ^{de}
12	52.87±0.38 ^{gh}	5.1±0.08 ^{ab}	17.22± 0.05 ^{def}	5.48±0.17 ^{ab}
13	40.52±0.30 ^c	6.6±0 ^e	17.35± 0.21 ^{def}	8.13±0.15 ^{cd}
14	49.87±0.32 ^{efg}	4.82±0.05 ^a	17.47± 0.12 ^{def}	8.93±0.28 ^{de}
15	45.2±0.41 ^d	5.77±0.19 ^c	17.85± 0.17 ^{ef}	8.75±0.10 ^{de}
16	47.37±0.33 ^{de}	5.02±0.09 ^a	16.25± 0.24 ^b	8.03±0.05 ^{cd}

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey HSD;

p<0.05; n=4)

4. CONCLUSIONES

El café es una de las bebidas más reconocidas en todo el mundo, en la que destacan sus sabores y aromas. Los mercados modernos exigen que las industrias brinden nuevas alternativas de consumo a productos tradicionales para facilitar y difundir su consumo. La comercialización del café en bolsas para infusión transforma el consumo hogareño del café “pasado” y lo acerca a los lugares de trabajo, centros de convenciones, reuniones sociales y locales comerciales de una forma rápida, fácil y económica.

El primer producto fue seleccionado a partir de una mezcla de café Arábica y Robusta en diferentes proporciones a través de un diseño de mezclas por porcentaje, utilizando función lineal creciente. Las muestras 1 y 2 fueron las mejores, con una función de utilidad de 0.814. Queda a criterio del productor cuál de las opciones utilizar. La muestra 2 contiene 75% Arábica y 25% Robusta. Vale destacar que todas las muestras tuvieron una función de utilidad superior a 0.6 lo cual significa que todas ellas tuvieron buena aceptabilidad por parte de los panelistas. En cuanto a la colorimetría, todas las bebidas tienden a tonalidades rojas y amarillas, mientras que los sólidos solubles son menores a 1 debido a que no es una bebida azucarada.

El producto 2 consta de una mezcla de las dos variedades de café y azúcar en la misma bolsa de infusión, para evitar que los consumidores que gustan del café dulce tengan que conseguir azúcar aparte para su consumo. Se aplicó el diseño de Box Behnken utilizando una función sigmoide creciente para el cálculo de la función de utilidad. La mejor respuesta fue la del experimento número 8, cuya función de deseabilidad fue de 0.945. El contenido por bolsa de café de este experimento es de: 2.5 g Arábica; 0.5 g Robusta y 6.5 g Azúcar. Todos los experimentos, a excepción los números 1 y 4 alcanzaron una función de deseabilidad mayor a 0.6, lo que significa que casi todas las combinaciones fueron aceptables para los consumidores.

El producto 3 parte del producto 1 (muestra 2), al cual se ha añadido azúcar, sustituto de crema en polvo y leche en polvo. Se aplicó el diseño experimental de Box Behnken con una función sigmoide para el cálculo de la función de deseabilidad, la cual alcanzó el valor de 0.908 para la muestra 5, cuya formulación es: azúcar 2 g; leche en polvo 3.25 g y sustituto de crema en polvo 0.2 g.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abubakar, Y. Gemasih, T. Muzaifa, M. Hasni, D. Sulaiman, M. (2020). Effect of blend percentage and roasting degree on sensory quality of arabica-robusta coffee blend. *IOP: Conferences series*, 425, 1 – 8. https://www.researchgate.net/publication/339129479_Effect_of_blend_percentage_and_roasting_degree_on_sensory_quality_of_arabica-robusta_coffee_blend
- Alvarado, M. Rojas, G. (2007). *El Cultivo y beneficiado del café*. Editorial Universidad Estatal a Distancia. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=15qrSG-51l4C&oi=fnd&pg=PR7&dq=taxonom%C3%Ada+del+caf%C3%A9+&ots=OgZ6p1T8bH&sig=RN9m0kaoPm_wYEUMyrPbqvcnT-U#v=onepage&q&f=false
- Arcila, J. Farfán, V. Moreno, B. Salazar, G. Hincapié, E. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. FNC-Cenicafé. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/720/1/Sistemas%20producci%C3%B3n%20caf%C3%A9%20Colombia.pdf>
- Barva. Heredia. (2011). *Guía técnica para el cultivo del café*. Instituto del Café Costa Rica. (ICAFFE). <http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/GUIA-TECNICA-V10.pdf>
- Belitz, H. Grosch, W. Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-69934-7>
- Cano, H. Ciro, H. Arango, J. (2018). Efecto del secado y presecado mecánico previo al almacenamiento en la calidad del grano de café (*Coffea arabica* L.), *Revista U.D.C.A Actualidad & divulgación científica*, 21(2), 439 – 448. https://www.researchgate.net/publication/331769831_Efecto_del_secado_y_presecado_mecanico_previo_al_almacenamiento_en_la_calidad_del_grano_de_cafe_Coffea_arabica_L
- CEDICAFÉ (2018). *Buenas prácticas de beneficiado de café, fundamentales para mantener la calidad*. Anacafé. <https://www.anacafe.org/uploads/file/1296dfe8b18b492583788afbfb8420d9/Boletin-Tecnico-CEDICAFE-2018-10.pdf>
- Clifford, M. Willson, K. (1985). *Coffee: botany, 44tecnología44y and production of beans and beverages*. The AVI Publishing Company Inc. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=u1HtBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP7&ots=cF U555k2ka&sig=_35bqv7QxfrEnWrGz3HybcfmRTU&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Clavijo, J. (2021). Estudio de casos de practicas agrícolas en el sector cafetero: Un proceso insostenible y poco rentable.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/e5c80e14-b045-4916-bd73-eab1c558f7ba>

Cortijo, J. (2017). El mundo del café por: José Daniel Cortijo. <https://www.josedanielcortijo.com/cafe.pdf>

Dąbrowska-Molenda, M. Szyszka, I. Szwedziak, K. Hetmańczyk, I. Doleżał, P. (2022). Influence of the method of brewing various Types of coffee on the content of oxalates in them. Opole University of Technology, Faculty of Production Engineering and Logistics, Department of Biosystem Engineering and Chemical Processes, ul. Mikolajczyka, (5) 35-41. <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-eddbe7e9-9295-4827-b148-f510fb29be0d>

Delgado, P. Larco, A. García, C. Alcívar, R. Chilán, W. Patiño, M. (2002). *Café en Ecuador: Manejo de la Broca del fruto (Hypothenemus hampei Ferrari)*. Feriva S.A. http://www.ico.org/projects/cabi_cdrom/PDFFiles/ECUADOR.pdf

Echeverri, D. Buitrago, L. Montes, F. Mejía, I. González, M. Café para cardiólogos. *Col. Cardiol*, 11(8), 357 – 365. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56332005000200001

Figuroa, E. Pérez, F. Godínez, L. (2015). *La producción y consumo de café*. Ecorfan. https://www.ecorfan.org/spain/libros/LIBRO_CAFE.pdf

Echeverry, J. Puerta, G. (2015). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad. *Cenicafé*, (454), 1 – 12. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/558>

Figuroa. Godínez. Pérez. (2015). *La producción y consumo de café*. Ecorfan. https://www.ecorfan.org/spain/libros/LIBRO_CAFE.pdf

García, J. Elizarraraz, M. Sosa, M. Gómez, J. Cerón. (2019). Caracterización colorimétrica y propiedades fisicoquímicas en bebidas a base de café soluble. 4 <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/10/129.pdf>

García, J. Scotto, F. Cianferoni, A. Loor, A. Benalcázar, H. Lanchi, E. López, A. (2020). Manual básico del catador de café, volumen 1: diferencias entre especies de café. CEFA. http://cefaecuador.org/wp-content/uploads/2021/04/9_Manual-basico-del-catador-de-impresión-%E2%80%93Vol.-1.pdf

Guevara-Barreto, R. Castaño-Castrillón, J. (2005). Caracterización del café colombiano tostado y molido. *Cenicafé*, 56(1), 5-18. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2801%29005-018.pdf>

Hill, S. (2010). *The History of Coffee*. Smashwords Edition.
<https://www.kobo.com/ww/en/ebook/the-history-of-coffee>

Hernandez, L. Genbo, E. Larsson, H. Tahara, R. Maisuria, V. Tufenkji, N. (2019). Plastic Teabags Release Billions of Microparticles and Nanoparticles into Tea.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31552738/>

Indonesia Specialty Coffe. (2023). Keep it fresh: The ultimate guide to coffee beans packaging.
<https://specialtycoffee.id/keep-it-fresh-the-ultimate-guide-to-coffee-beans-packaging/>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2019). Guía práctica de caficultura. <https://iica.int/sites/default/files/2020-11/impresion%20GPCAFI%2010.2020.pdf>

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)(2014). Café arábigo.
<http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcafec/rcafea>

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)(2014). Café robusta.
<http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcafec/rcafer>

Jiménez, A. Massa, P. (2016). Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador. *Economía*, XL, (40), 117-137.
http://iies.faces.ula.ve/Revista/Articulos/Revista_40/Pdf/Rev40JimenezT.pdf

Juárez, T. Maldonado, Y. González, R. Ramírez, M. Álvarez, P. Salazar, R. (2021). Caracterización físicoquímica y sensorial del café de la montaña de Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 1057 – 1069.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v12n6/2007-0934-remexca-12-06-1057.pdf>

Lascasas, S. (2010). *Biografía del café*. Institución «Fernando el Católico».
https://ifc.dpz.es/recursos/publicaciones/30/21/_ebook.pdf

López, J. Rodríguez, M. Barrera, C. Makepeace, D. Guzmán, J. (2016). *Manual Técnico para la producción de café Robusta*. Anecafé.
<https://www.anacafe.org/uploads/file/283f6fd107ef4ce38af855880c47c49d/Manual-Cafe-Robusta.pdf>

Mantilla. (2019). Optimización del proceso conocido como “Beneficio húmedo y seco” en la industria de café. Caso: finca “Villa Ilma María” En el municipio de Toledo, norte de Santander.
<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7287/1/294526-2019-I-GE.pdf>

Montoya. (2020). Aliviana-té. *Ecofronteras*, 24(68), 14-17.
https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/2185/1/60133_Documento.pdf

Sotomayor (1993). Manual del cultivo del café. Quevedo, Ecuador: INIAP.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1619>

NTE INEN 1123. (2016). Café tostado en grano o molido. Requisitos.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1123-2.pdf

<https://docplayer.es/51948824-Nte-inen-1123-segunda-revision.html>

Pineda, C. Reyes, C. Oseguera, F. (2001). Beneficiado y calidad del café. Capítulo 13 en Instituto Hondureño del Café., Manual de la caficultura, 3ra edición

Puerta, G. (1999). Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café. *Cenicafé*. 50(1), 78 – 88. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/58/1/arc050%2801%29078-088.pdf>

Puerta- Quintero. (2000). Beneficie correctamente su café y conserve la calidad de la bebida. *Cenicafé*, (276), 2 – 7. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/561/1/avt0276.pdf>

Puerta-Quintero, G. (2008). Calidad en taza de mezclas preparadas con granos de *Coffea arabica*. y *C. canephora*. *Cenicafé*, 59(3), 183 – 203. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc059%2803%29183-203.pdf>

Puerta, G. (2008). Riesgos para la calidad y la inocuidad del café en el secado. *Cenicafé*, (371), 1 – 8. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/399/1/avt0371.pdf>

Puerta-Quintero, G. (2011). Composición Química de una taza de café. *Cenicafé*, (414), 1-12. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/340/1/avt0414.pdf>

Puerta, G. (2013). Calidad del café. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura (3), 81–110. https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4346/1/cenbook-0026_30.pdf

Puerta, G. Echeverry, J. (2015). Fermentación controlada del café: tecnología para agregar valor a la calidad. *Cenicafé*, (454), 3-12. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0454.pdf>

Puerta, G. González, F. Correa, A. Álvarez, I. Ardila, J. Girón, O. Ramírez, C. Baute, J. Sánchez, P. Santamaría, M. Montoya, D. (2016). Diagnóstico de la calidad del café según altitud suelos y beneficio en varias regiones de Colombia. *Cenicafé* 67(2), 15-51. <https://www.cenicafe.org/es/publications/2.Diagnostico.pdf>

Ramos, P. Sanz, J. Oliveros, C. (2010). Identificación y clasificación de frutos de café en tiempo real, a través de la medición de color. *Cenicafé*, 61(4), 315 – 326. [https://www.cenicafe.org/es/publications/arc061\(04\)315-326.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc061(04)315-326.pdf)

Ravelo, A. Rubio, C. Gutiérrez, A. Hardisson de la Torre, A. (2011). La ocratoxina A en alimentos de consumo humano: Revisión. *Nutr Hosp*, 26(6), 1215 – 1226. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112011000600004

Rodrigues de Oliveira, A. Neves, R. Horta de Oliveira, G. Corrêa de Souza, M. (2020). Sensorial Profile and Acceptability of Coffee Blends Submitted to Different Roasting Degrees. *Global journals of science frontier research*, 20(3), 55 – 61. https://www.researchgate.net/publication/343694807_Sensorial_Profile_and_Acceptability_of_Coffee_Blends_Submitted_to_Different_Roasting_Degrees

Santiana, G. (2013). *Proyecto de factibilidad para creación de una microempresa dedicada a la producción y comercialización de café molido lojano en la ciudad Quito*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5237/1/UPS-QT03693.pdf>

Taveira, J. Borém, F. Da Rosa, S. Oliveira, P. Giomo, G. Isquierdo, E. Fortunato, V. (2015). Post-harvest effects on beverage quality and physiological performance of coffee beans. *Academic Journals*, 10(12), 1457 – 1466. <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/2E6001E51866>

Valenzuela, A. (2010). El café y sus efectos en la salud cardiovascular y en la salud materna. *Chil Nutr*, 37(4), 514 – 523. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182010000400013

Vargas, M. Quezada, J. García, R. Carvajal, H. (2021). Análisis de mercado para el procesamiento y comercialización de café tostado y molido, cantón Marcabelí. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4 (2), 99-106. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/382/402>


Velásquez, R. (2019). Guía de variedades de café, Guatemala. Anacafé. <https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%ADa-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf>

Wintgens, J. (2004). Coffee: growing, processing, sustainable production. WILEY-VHC Verlag GmbH & Co. KGaA. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527619627>

Zambrano, D. Isaza, J. (1994). Lavado del café en los tanques de fermentación. *Cenicafé*, 45(3), 106 – 118. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc045%2803%29106-118.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de catación producto 1

 Universidad del Azuay							
Ficha de catación							
Tema: Café en infusión							
Agradezco su participación para la cata de café pasado. Al degustar cada una de las muestras, solicito de la manera más comedida que marque con una (x) de acuerdo a cada uno de los parámetros con absoluta sinceridad							
Nombre:		Fecha:		Edad:		Muestra:	
Seleccione una opción del 1 al 7 de acuerdo con la escala hedónica, siendo 1 la más baja y 7 la puntuación más alta. Muchas gracias							
Escala hedónica							
Párametros	1	2	3	4	5	6	7
	Me disgusta mucho	Me disgusta moderada	Me disgusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderada	Me gusta mucho
Fase visual							
Limpidez							
Color							
Densidad							
Persistencia							
Fase olfativa							
	1	2	3	4	5	6	7
Aroma del tostado							
Intensidad del aroma							
Calidad del aroma							
Fase gustativa							
	1	2	3	4	5	6	7
Amargor							
Acidez							
Dulce							
Astringente							
Salado							
Regusto							
	1	2	3	4	5	6	7
Aceptabilidad general							

Anexo 2. Ficha de catación producto 2

UNIVERSIDAD DEL AZUAY		Universidad del Azuay						
		Ficha de catación						
Tema: Café en infusión								
Agradezco su participación para la cata de café pasado. Al degustar cada una de las muestras, solicito de la manera más comedida que marque con una (x) de acuerdo a cada uno de los parámetros con absoluta sinceridad								
Nombre:			Fecha:		Edad:		Muestra:	
Seleccione una opción del 1 al 7 de acuerdo con la escala hedónica, siendo 1 la más baja y 7 la puntuación más alta. Muchas gracias								
Escala hedónica								
Párametros	1	2	3	4	5	6	7	
	Me disgusta mucho	Me disgusta a moderada	Me disgusta a poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	
Fase visual								
Limpidez								
Color								
Densidad								
Persistencia								
Fase olfativa								
	1	2	3	4	5	6	7	
Aroma del tostado								
Intensidad del aroma								
Calidad del aroma								
Fase gustativa								
	1	2	3	4	5	6	7	
Amargor								
Acidez								
Dulce								
Astringente								
Salado								
Regusto								
	1	2	3	4	5	6	7	
Aceptabilidad general								
Consumiría este café si se encontrara en el mercado?								Si _____ No _____

Anexo 3. Ficha de catación producto 3

Ficha de catación							
Tema: Evaluación sensorial de muestras de café pasado							
Pedimos cordialmente su opinión acerca de algunos aspectos de las muestras de café que le invitamos a degustar. Por favor, marque con una (x) en el cuadro que mejor describe su opinión							
Sexo:		Fecha:		Edad:		Muestra:	
Seleccione una opción del 1 al 7, siendo 1 "Me disgusta mucho" y 7 "Me gusta mucho. Muchas gracias							
Escala hedónica							
Párametros	1	2	3	4	5	6	7
	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta poco	No me gusta ni me	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho
Fase visual							
Color							
Transparencia							
Cantidad de sedimento							
Fase olfativa							
	1	2	3	4	5	6	7
Calidad del aroma							
Intensidad del aroma							
Persistencia							
Fase gustativa							
	1	2	3	4	5	6	7
Amargor							
Acidez							
Dulzor							
Astringencia - regusto							
Sabor							
	1	2	3	4	5	6	7
Aceptabilidad general							
Consumiría este café si se encontrara en el mercado?				Si	No		
Considerando que una caja de 25 bolsitas tiene un costo de \$3.77 en el mercado. ¿cuánto estaría dispuesto a pagar por una caja de 25 bolsitas de este producto _____							