

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Historia del café

La historia de cómo se extendió por todo el mundo el cultivo y el consumo de café es una de las más atractivas y románticas que pueda haber. Esa historia empieza en el Cuerno de África, en Etiopía, donde el cafeto tuvo su origen probablemente en la provincia de Kaffa. Hay varios relatos, imaginativos, pero poco probables, acerca de cómo se descubrieron los atributos del grano tostado de café. Cuenta uno de ellos que a un pastor de cabras etíope le asombró el animado comportamiento que tenían las cabras después de haber mascado cerezas rojas de café. Lo que se sabe con más certeza es que los esclavos a los que se llevaba de lo que es hoy el Sudán a Yemen y Arabia a través del gran puerto de aquel entonces, Moca, sinónimo ahora con el café, comían la succulenta parte carnosa de la cereza del café. De lo que no cabe duda es de que el café se cultivaba en el Yemen ya en el siglo XV y es probable que mucho antes también.

Moca era también el puerto principal de la única ruta marítima a la Meca, el lugar más concurrido del mundo en aquella época. Los árabes, sin embargo, tenían una rigurosa política de no exportar granos fértiles de café, para que no se pudiese cultivar en ningún otro lugar. El grano de café es la semilla del cafeto, pero cuando se le quitan las capas exteriores se vuelve infértil. Muchos fueron los intentos que se hicieron para lograr llevarse algunos cafetos o granos fértiles, pero esa carrera la ganaron por fin los holandeses en 1616, que consiguieron llevarse algunos a Holanda y allí los cultivaron en invernaderos.

Al principio, las autoridades del Yemen alentaron mucho el consumo de café, ya que sus efectos se consideraban preferibles a los más fuertes del “Kat”, un arbusto cuyas hojas y brotes se masticaban como estimulante. Los primeros establecimientos de servir café se abrieron en la Meca y se llamaban “kaveh kanes”. Ese tipo de establecimiento se extendió rápidamente por todo el mundo árabe y los cafés se

convirtieron en lugares muy concurridos en los que se jugaba al ajedrez, se intercambiaban chismes y se disfrutaba del canto, el baile y la música. Los establecimientos estaban decorados con lujo y cada uno de ellos tenía su propio carácter. Nada había habido antes como el establecimiento de café: un lugar en el que se podía hacer vida de sociedad y tratar de negocios en un ambiente cómodo y al que todo el mundo podía ir por el precio de un café.

Los establecimientos de café árabes pronto se convirtieron en centros de actividad política y fueron suprimidos. Después, en las siguientes décadas, el café y los establecimientos de café fueron prohibidos varias veces, pero siguieron reapareciendo. Con el tiempo se encontró una solución: el café y los establecimientos de café tuvieron que pagar impuestos.

Importancia social y económica del café

El cultivo de café desempeña un papel de gran importancia tanto a nivel social como económico. En el aspecto social, el café es una fuente vital de empleo para millones de personas en todo el mundo. Desde los agricultores que cultivan y cosechan los granos hasta los trabajadores que participan en la recolección y procesamiento, el café brinda oportunidades de empleo en las zonas rurales, donde a menudo escasean otras alternativas de trabajo. Esto contribuye a la reducción de la pobreza y al mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades agrícolas.

Desde el punto de vista económico, el cultivo de café es una importante fuente de divisas para muchos países productores. La exportación de café genera ingresos significativos en las economías locales y contribuye al comercio internacional. Además, la cadena de valor del café involucra a diversos actores, como intermediarios, exportadores, tostadores y minoristas, generando empleo adicional en áreas urbanas y rurales. La industria del café también impulsa el turismo en muchas regiones, ya que los visitantes buscan experiencias relacionadas con el café, como las plantaciones y las rutas del café.

Asimismo, el café desempeña un papel importante en la mejora de las condiciones sociales y económicas de los agricultores. A través de certificaciones y programas de comercio justo, los agricultores pueden recibir un precio justo por sus productos, lo que les permite acceder a servicios básicos, como educación y atención médica, e invertir en el desarrollo de sus comunidades. Estas iniciativas promueven la equidad y la sostenibilidad en la cadena de suministro del café, brindando un impacto social positivo y mejorando la calidad de vida de los productores.

EL CAFÉ LLEGA A ASIA

Los holandeses empezaron también a cultivar café en Malabar, en la India, y en 1699 llevaron alguno a Batavia, en Java, en lo que es ahora Indonesia. Unos cuantos años después, las colonias holandesas se habían convertido en la principal fuente de suministro de café a Europa. Hoy en día Indonesia es el cuarto exportador de café del mundo.

EL CAFÉ LLEGA A EUROPA

Los comerciantes venecianos fueron los que primero llevaron el café a Europa en 1615. Esa fue la época en que también aparecieron en Europa las otras dos grandes bebidas calientes: la primera, el chocolate caliente, que llevaron los españoles de las Américas a España en 1528; la otra el té, que se vendió por primera vez en Europa en 1610.

Al principio el café lo vendían sobre todo los vendedores de limonada y se creía que tenía cualidades medicinales. El primer establecimiento de café en Europa se abrió en Venecia en 1683, y fue el famosísimo Caffè Florian de la Plaza de San Marcos, que abrió sus puertas en 1720 y sigue aún hoy abierto al público.

El mayor mercado de seguros del mundo, Lloyd's de Londres, empezó a funcionar como un establecimiento de café. Empezó el negocio en 1688 Edward Lloyd, que preparaba allí las listas de los buques que sus clientes habían asegurado.

EL CAFÉ LLEGA A LAS AMÉRICAS

La primera referencia a que se tomaba café en Norteamérica data de 1668 y, pronto después de esa fecha, se abrieron establecimientos de café en Nueva York, Filadelfia, Boston y algunas otras ciudades. El *Boston Tea Party* de 1773 se planeó en un establecimiento de café, el Green Dragon. Tanto la Bolsa de Nueva York como el Banco de Nueva York empezaron en establecimientos de café, en lo que es hoy el distrito financiero de Wall Street.

Fue en el decenio de 1720 cuando el café se empezó a cultivar por primera vez en las Américas, gracias a lo que es quizá el relato más fascinante y romántico de la historia del café. Gabriel Mathieu de Clieu era un oficial de la Marina francesa que estaba de servicio en la Martinica y que, en 1720, viajó a París con permiso. Con alguna ayuda y no poco encanto personal adquirió un cafeto que se llevó con él en el viaje por mar de vuelta. El cafeto fue instalado en una caja de cristal y dejado en cubierta para mantenerlo caliente y que no lo dañase el agua salada. El viaje estuvo lleno de incidentes, o al menos así fue como lo contó Mathieu de Clieu en su diario: piratas tunecinos persiguieron el buque, hubo una fuerte tormenta y el cafeto tuvo que ser amarrado. Nuestro héroe se vio obligado a enfrentarse con un enemigo a bordo que tenía envidia y trató de sabotear el arbusto, hubo una pelea violenta en la que una de sus ramas se quebró, pero el cafeto sobrevivió a todo ello.

Después de esos incidentes el buque quedó inmóvil por falta de viento y se racionó el agua potable. Para De Clieu estaba claro qué era lo más importante de todo y cedió la mayor parte del agua que le correspondía al cafeto. El cafeto sobrevivió y él también.

Por último, el buque llegó a la Martinica y el cafeto fue replantado en Preebear, donde lo cercaron con un seto de espinas y lo cuidaron esclavos. El cafeto creció, se multiplicó, y en 1726 se hizo la primera cosecha. Está registrado que en 1777 había entre 18 y 19 millones de cafetos en la Martinica. Había quedado establecido el modelo para un nuevo cultivo comercial que podía darse en el Nuevo Mundo.

Fueron los holandeses, sin embargo, los que primero empezaron a propagar el cafeto en América Central y del Sur, donde hoy en día reina sin rival como el principal cultivo con fines comerciales del continente. El café llegó primero a la colonia holandesa de Surinam en 1718, y después se plantaron cafetales en la Guyana francesa y el primero de muchos en Brasil, en Pará. En 1730 los británicos llevaron el café a Jamaica, donde hoy en día se cultiva el café más famoso y caro del mundo, en las Blue Mountains. Llegado 1825, América Central y del Sur estaban en ruta hacia su destino cafetero. Esa fecha es también importante porque fue cuando se plantó café por primera vez en Hawái, que produce el único café estadounidense y uno de los mejores.

El consumo del café en el mundo

El café tiene presencia en prácticamente todos los países de los cinco continentes. Ha adquirido una gran demanda social, lo que conlleva un aumento de las exportaciones desde los países productores hasta los que son principalmente compradores; de este modo, el consumo del café ha llegado a la cifra de algo más de 10.000 millones de kilos al año, por lo que se puede hablar de una media de 1,3 kilos de café por persona y, en los países desarrollados, se puede superar los 4 kilos aproximadamente.

A nivel internacional, son los países europeos los que presentan mayores cifras de consumo de café. Esto supone altas cantidades de compra a países productores. En este sentido, los países desarrollados se convierten en los principales consumidores de café. Otros países que se cuelan en entremedias de los países de Europa y que acusan un alto consumo de café son Líbano, Brasil y Canadá.

¿Cuál es la situación del café en España? Se tiene constancia que la cifra alcanza los 4,5 kilos por persona, siendo un país que incrementa las importaciones al ser un claro seguidor de la cultura de la cafeína. En este sentido, según el International Coffee Organization (ICO), España se encuentra en el puesto 19 del ranking de países cafeteros, al cual ha ascendido recientemente. Por eso, se puede decir que el consumo de café en España es elevado con un total de 14.000 millones de tazas anuales.

Los países más consumidores de café que lideran esta lista son los escandinavos como Finlandia y Noruega, alcanzando cifras como 12 kilos y 10 kilos por persona por año, respectivamente. El consumo de este grano no solo se debe al culto que se le rinde por los beneficios, sino también por la propia afición que se ha creado en torno al disfrute que puede proporcionar una taza y que, además, es una bebida caliente dentro de territorios fríos.

Los países que menos consumo de café tienen son aquellos que no practican una cultura de la cafeína y que, por tanto, no muestran cifras de comercialización o de consumo altas. Según los datos sobre el café, estos son los países que se encuentran en la parte más baja del ranking: Uzbekistán, Kenia, Azerbaiyán, China y Pakistán. Esto implica que este producto no tiene una participación activa e intensa en el PIB.

El café más extraño y caro del mundo Está hecho con heces de elefante

Conocido también como el café hecho con oro negro de Tailandia, una taza de este extraño café ronda los 150 dólares según un reporte de National Geographic. Este café es servido en los lugares más exclusivos del planeta como hoteles de lujo y cafeterías VIP.

El café de caca de elefante, conocido como Black Ivory Coffee, se elabora de forma única y ética con altos estándares de calidad.

Los granos de café son consumidos por elefantes asiáticos, cuyo proceso digestivo da como resultado granos parcialmente descompuestos. Estos granos, luego recolectados de las heces de los elefantes, se lavan, tuestan y preparan para la degustación.

Historia de la caficultura boliviana

En Bolivia el cultivo de café se remonta al año 1780 introducido por los esclavos de la realeza africana que huían del Brasil, en principio el café servía como cultivo de lindero para marcar los límites de la propiedad rural, recién a partir del año 1950 se constituye como producción rentable, con excedentes que son destinados a la exportación.

La mayor producción de café en Bolivia tuvo sus inicios a fines de los años 50, donde grupos de migrantes espontáneos, de origen prioritariamente aymara y algunos pocos de origen quechua, comenzaron a ocupar tierras fiscales, en las provincias Sud y Nor Yungas (actualmente Provincia Caranavi), estos grupos comenzaron a incorporar el café dentro de sus cultivos en los predios de producción.

Casi inmediatamente de estos hechos, le siguió otro momento de colonización con las mismas características, pero de manera más dirigida, que se inició en los años 60, donde se logró incorporar el cultivo de café como plantación de importancia económica para las familias de colonizadores, y el cultivo comenzó a cobrar mayor importancia.

Estos dos eventos de colonización, tuvieron la particularidad común de emplear plantines de café provenientes de la región de Coroico, donde el café formaba parte de la delimitación de los predios de producción sin ser parte de un sistema productivo específico; las familias colonizadoras de la primera intervención, recolectaron plantines de café de Coroico para luego ser plantados en la zona de intervención de Caranavi. La segunda intervención migratoria, acudió también a la misma fuente para contar con los plantines de café, aunque acudieron también a las plantaciones ya establecidas en Caranavi, para ampliar el cultivo de café.

En todos los casos, los plantines de café emplearon la única variedad existente que fue la variedad criolla o típica.

La producción de café desde la época citada, estuvo siempre a cargo de productores individuales, que buscaban formas de comercializar su producto, posteriormente se fueron organizando distintas formas de venta del café producido que dieron lugar la incorporación de rescatistas y comercializadores privados.

Durante los años 70 se fueron abriendo mercados internacionales de venta de café, los precios que recibía el productor fueron muy bajos. Por estos problemas se constituyó el Comité Boliviano del Café “COBOLCA”, que tenía la misión de unir a los actores de la producción del café, este comité se hallaba conformado por el Ministerio de

Asuntos Campesino y miembros de los Exportadores Privados; por parte del sector productor la Asociación Nacional de Productores de Café “ANPROCA” fue la representante de los productores de café a nivel nacional.

ANPROCA fue creada en el año 1976 (bajo Resolución Suprema), con el propósito de velar los intereses de los productores de café, representa los intereses del sector a nivel de las centrales agrarias, cantones y colonias cafetaleras, donde sus miembros se afilian de manera individual.

Con el transcurso del tiempo, los productores individuales, fueron formando asociaciones, y cooperativas, las cuales crearon el año 1991 la Federación de Caficultores de Bolivia “FECAFEB,” que aglutina a pequeñas organizaciones de café, las cuales logran abarcar toda la cadena productiva como los mercados orgánicos y de comercio justo.

En café boliviano, es comercializado a 18 países a nivel internacional y el producto es demandado por su particular calidad lograda por sus condiciones climáticas y la altitud a la que se cultiva; aspecto que también le permite ingresar al comercio de cafés especiales o gourmet.

El higo

¿Qué es el higo y para qué sirve? a pesar de ser un fruto dulce, no tiene una gran cantidad de calorías como se piensa; de hecho, en sus mejores condiciones contiene más de 52 calorías, un poco más que la manzana, las cuales provienen de la fibra que tiene en su combinación, de los minerales (magnesio y el calcio), y también de los hidratos de carbono alineados en su formación.

El higo es producido mundialmente en países como Turquía, Egipto y Marruecos, en la antigüedad, era muy popular en Grecia; se dice que era el fruto preferido de Platón, por esta razón era conocido como “la fruta de los filósofos”. Aunque no es propiamente una fruta, sino una infrutescencia, esto no impidió que en Grecia lo consideraran un

manjar, de tal manera que, los ganadores de las Olimpiadas, recibían higos como premio y eran coronados con hojas de higuera

Esta es la Historia. (s.f.). *Esta es la Historia*. <https://estaeslahistoria.com>. Consultado el 21 de abril de 2024.

Higo deshidratado

Los higos secos son un superalimento completamente natural, resultado del deshidratado de los higos que colman las higueras en verano.

El desecado o deshidratado de frutas como los higos secos es una de las técnicas más antiguas que se conocen para preservar los alimentos y prolongar su vida útil. Consiste simplemente en evaporar el agua propia de la fruta con ayuda del aire y del calor, lo que nos proporciona la posibilidad de disfrutar de los llamados “higos secos” durante todo el invierno.

Desecación natural con el aire y el calor que proporciona el sol que era la más usual, luego aparecieron los sistemas más modernos como la deshidratación de alimentos en estufas. Las frutas se dejan secar al aire libre, por lo que este proceso sólo se puede llevar a cabo en las regiones muy favorecidas por el clima, el invierno de la región andina es ideal, hay mucho sol y baja humedad. Este procedimiento da excelentes resultados y conserva todo el sabor y las cualidades de la fruta

Durante la desecación de la fruta fresca, su contenido en agua se reduce, lo que da lugar a la concentración de los nutrientes. El valor calórico de las frutas desecadas es elevado (desde las 163 calorías cada 100 gramos de las ciruelas secas a las 264 calorías de las uvas pasas) por su abundancia en hidratos de carbono simples.

Propiedades de los higos

El higo es una de las frutas más antiguas cultivadas por el ser humano. Se tienen datos del consumo de higos ya desde el 9.000 A.C. El origen de la Higuera se encuentra en

Asia Occidental desde donde pasó a Mesopotamia, Grecia (fue llamada la fruta de los filósofos) y posteriormente a todo el Imperio Romano donde fue muy popular. También tuvo un papel importante en la agricultura Andalusí y tras el Descubrimiento de América, su cultivo fue introducido en California y hoy en día se pueden encontrar por todo el mundo.

A diferencia de la higuera, que es una planta resistente y adaptable a cualquier terreno, el higo fresco es una fruta bastante frágil, una vez recolectado no aguanta en buen estado más de 3 días. Esto es en parte por su alto porcentaje de agua, entre un 70% - 80%. Los higos pueden comerse frescos o secos y en ambos casos son muy saludables, aunque durante el proceso de secado cambian sus proporciones de agua y de azúcares.

¿Cuáles son las propiedades nutricionales de los higos secos?

Gracias al proceso de secado, podemos disfrutar de los higos todo el año, y aunque se trate del mismo alimento en esencia, los higos frescos y los secos tienen características nutricionales que los diferencian.

Para hacernos una idea debido a la pérdida de agua, que pasa a representar solo el 30%, los valores nutritivos se multiplican aproximadamente por tres. El resultado del proceso convierte al higo seco en una versión 3 veces más concentrada que el fresco. Y esto, en términos nutricionales significa que son:

Fuente de fibra: Es su característica nutricional más destacable, representa el 20% de su volumen. Gracias a ello es una de las soluciones naturales más efectivas para regular el tránsito intestinal y lo convierte en un gran aliado para reducir el riesgo de padecer enfermedades como la diabetes. Además, tienen efecto saciante.

Fuente de Minerales: Contiene altas cantidades de potasio, magnesio, calcio y hierro además de pequeñas aportaciones de otros minerales y vitaminas. Todos ellos contribuyen al buen funcionamiento de los músculos y huesos.

Hierro: Este mineral es el encargado de transportar el oxígeno en la sangre. Una ración de 50g de higos secos aporta el 6% de las necesidades diarias de la mujer y el 8% de las del hombre. Es un buen complemento alimenticio para la prevención de la anemia.

Potasio: es el mineral más abundante en el higo.

Calcio: es la fruta que más calcio contiene. Este elemento es fundamental para mantener sanos los huesos.

Magnesio y Fósforo: estos minerales fundamentales para la fijación del calcio en los huesos.

Manganeso: oligoelemento que participa en la formación de huesos y tejidos, en la coagulación de la sangre, en las funciones de la insulina y en la síntesis del colesterol.

Fuente de energía: es una fuente de azúcares naturales que ayudan a reducir el cansancio y mejorar el estado de ánimo.

Fuente de flavonoides: En los higos encontramos sustancias en pequeñas cantidades que son importantes. Un ejemplo son los flavonoides, con cualidades antioxidantes y antiinflamatorias, ayudan al hígado en su tarea de limpieza y asisten al sistema inmunológico.

Alguna contraindicación del consumo de higos secos

Esta fruta, TOMADA EN EXCESO, puede provocar ciertos problemas. Una ingesta excesiva puede provocar que sus efectos laxantes pasen a ser un problema... También puede provocar acidez estomacal y si no se tiene una higiene bucal adecuada, su alto contenido en azúcares puede dar pie a caries.

Por otro lado, el ácido oxálico que contiene puede formar sales con ciertos minerales como el calcio y formar oxalato cálcico, por lo que se ha de evitar el consumo si se padecen este tipo de cálculos renales.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar y evaluar un proceso para la elaboración de un sucedáneo de café a partir de higo pasa (*Ficus carica*), determinando las condiciones de tostado y molienda para obtener un producto con características sensoriales al café

Objetivos Específicos

Caracterizar fisicoquímicamente la materia prima (higo pasa- **FICUS CARICA**) para determinar su composición y propiedades

Seleccionar y evaluar la temperatura y tiempo de tostado en las características sensoriales del higo

Determinar las condiciones óptimas de tostado y molienda para obtener un producto con características adecuadas para la preparación de una bebida similar al café

Evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales del sucedáneo de café

Determinar la aceptabilidad del sucedáneo de café mediante un análisis sensorial, donde estarán docentes, estudiantes de la carrera de Ingeniería Química

Justificación

Justificación teórica

El proyecto de investigación aplicada constituye un aporte original al avance del conocimiento científico en el ámbito de la ingeniería química y la ciencia de los alimentos, al plantear una alternativa innovadora al café convencional utilizando el higo pasa como materia prima, un recurso agrícola con un nivel de aprovechamiento

La investigación se centra en la optimización de las variables de tostado y molienda del higo pasa, así como en la caracterización de las propiedades fisicoquímicas y

sensoriales del sucedáneo de café obtenido. Este enfoque no solo permitirá profundizar en el entendimiento del comportamiento del higo pasa bajo condiciones de procesamiento térmico, sino también evaluar su potencial para la creación de bebidas

Justificación Técnica

La producción del sucedáneo de café a partir de higo pasa se distingue por sus ventajas técnicas, derivadas de un proceso de transformación relativamente sencillo y de bajo costo, lo que lo hace idóneo tanto para aplicaciones artesanales como para su escalamiento a nivel industrial. Este procedimiento se basa en operaciones clave como el tostado y la molienda, las cuales pueden ser controladas mediante tecnologías accesibles para asegurar la uniformidad y calidad del sucedáneo de café

El tostado del higo pasa, en particular, desempeña un papel crucial, ya que permite desarrollar compuestos volátiles responsables de los aromas y sabores característicos, emulando las propiedades sensoriales del café tradicional. La molienda, por su parte, facilita la obtención de partículas con granulometría específica lo que lo convierte en una alternativa viable para el consumo humano.

Además, este proceso técnico ofrece flexibilidad en la personalización de las propiedades organolépticas del sucedáneo, permitiendo ajustar factores como la intensidad del tostado, la textura del molido y el perfil sensorial, de acuerdo con las preferencias del consumidor objetivo. Su utilidad técnica no solo reside en su simplicidad, sino también en la posibilidad de utilizar equipos estándar de la industria alimentaria, lo que reduce la inversión inicial requerida y facilita su adopción en diferentes contextos.

Por último, el empleo del higo pasa como materia prima contribuyen al aprovechamiento de un recurso agrícola subutilizado, promoviendo un modelo de producción sostenible y alineado con tendencias de innovación en la industria de alimentos y bebidas.

Justificación Social

El sucedáneo de café elaborado a partir de higo pasa presenta beneficios sociales destacados, al ofrecer una opción accesible y saludable para una amplia variedad de consumidores. Como bebida libre de cafeína y rica en compuestos beneficiosos como fibra, antioxidantes y minerales esenciales, este producto se posiciona como una alternativa adecuada para personas con restricciones médicas o dietéticas, tales como sensibilidad a la cafeína, trastornos del sueño o afecciones cardiovasculares.

Además de su contribución a la salud individual, este producto promueve hábitos alimenticios más saludables en la población en general, alineándose con las tendencias actuales hacia un estilo de vida equilibrado y consciente. El consumo de bebidas funcionales como este sucedáneo puede incidir positivamente en la prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo y la deficiencia de micronutrientes, reforzando su valor social y sanitario.

Justificación Económica

El desarrollo de un sucedáneo de café a partir de higo pasa representa una oportunidad económica significativa, tanto a nivel local como en la industria alimentaria global. Este producto, al ser innovador y con un perfil sensorial similar al café, tiene el potencial de captar un mercado amplio y en crecimiento, particularmente entre consumidores que buscan alternativas saludables, sostenibles y libres.

El aprovechamiento del higo pasa, un recurso agrícola subutilizado, no solo fomenta la diversificación de la producción agrícola, sino que también agrega valor a las cadenas productivas existentes. Esto puede traducirse en el fortalecimiento de las economías locales, especialmente en regiones donde el cultivo de higos es una actividad predominante, al generar empleos directos e indirectos a lo largo de la cadena de suministro, desde la producción agrícola hasta la comercial.

Justificación Ambiental

La producción de un sucedáneo de café a partir de higo pasa se presenta como una alternativa más sostenible en comparación con la producción del café convencional, al implicar un menor impacto ambiental en términos de consumo de recursos. El cultivo de higos demanda significativamente menos recursos hídricos, lo que resulta especialmente relevante en regiones afectadas por la escasez de agua o donde la agricultura intensiva compromete

Además, el higo puede ser cultivado en una variedad de climas y suelos, lo que amplía su viabilidad geográfica sin requerir prácticas agrícolas altamente especializadas o intensivas. Esto reduce la necesidad de insumos químicos como fertilizantes y pesticidas en comparación con los monocultivos de café, que suelen estar asociados con mayores impactos.

En términos de producción industrial, el procesamiento del higo pasa requiere menos energía que las etapas de cultivo, cosecha y beneficiado del café tradicional, lo que refuerza su perfil como una opción más amigable con el medio ambiente. Al promover este tipo de iniciativas, se incentiva el desarrollo de sistemas agroindustriales.

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1. Descripción del ficus carica

Forma. Árbol o arbusto caducifolio o perennifolio, de 5 a 10 m (hasta 10 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de hasta 18 cm. Se conoce como diámetro altura pecho a la altura en que se debe tomar la medida del diámetro del tronco.

Copa / Hojas. Copa gruesa redondeada o aplanada, sombra media. Hojas simples, alternas ovales, rugoso pubescentes acorazonadas y palmadas con 3 a 7 lóbulos, a veces lobuladas una segunda vez, irregularmente dentadas; miden de 10 a 20 cm de longitud y casi igual de ancho.

Tronco / Ramas. Tronco con numerosas ramas gruesas de madera poco densa, glabras, extendidas o ascendentes. Se ramifica a poca altura del suelo, con un número variable de ramas que van de 12 a 30.

Corteza. Externa lisa de color grisáceo. Interna con una gran cantidad de células laticíferas que producen un látex lechoso, áspero y gomoso, que al entrar en contacto con el aire se espesa. (Brown, P.H. 1994)

Flor(es). La inflorescencia donde se arreglan las flores se llama sicón. La flor femenina con 5 pétalos y un solo carpelo de color rosado o blanquecino arreglado en el fondo del sicón, flor masculina con 3 sépalos y 3 estambres, arreglada a la entrada del sicón. En esta especie el diagrama floral es bastante complejo. Es una especie caracterizada por dos morfos: los cabrahigos, con flores estaminadas y flores pistiladas de estilo corto; y los higos comunes que producen sólo flores pistiladas de estilo largo.

Fruto(s). El fruto es un sicón blando ovoide o elipsoide, carnoso, recubierto con una piel muy fina, con pequeños y numerosos achenios incluidos en el fruto, es de color azulado o verde, negro o morado, mide de 3 a 10 cm de largo y tiene sabor dulce, mucilaginoso. El sicón o fruto falso es en realidad el receptáculo que en su evolución

se hincha y se vuelve carnoso tras la fecundación, formando la breva o el higo según sea la fecha de madurez. Los aquenios son los frutos verdaderos. El peso promedio del sicono es de 36 ± 19 g y el número promedio de aquenios por sicono de $1,530 \pm 452$. El aquenio maduro consiste sólo de integumentos y embrión.



Figura 1: descripción ficus carica

Fuente: Chloris Chile. (s.f.). Guía 7: Figuras 9 y 10. Recuperado el [13-11-2024], de <https://www.chlorischile.cl/cursoonline/guia7/fig9y10.htm>

Semilla(s). Las semillas son pequeñas y numerosas pudiendo ser fértiles o no.

Raíz. Sistema radical abundante, fibroso y de desarrollo superficial y muy extendido, a veces abarcando 15 m del terreno. En suelo permeable las raíces pueden descender a 6 m, el 80% se encuentra entre 20 y 45 cm.

Sexualidad. Monoica evolucionada a (gino) dioica. La flor es unisexuada.

Número cromosómico: $2n = 26$. (Alwan, A.H. and A.F. Al Bayati Z. 1988.)

Distribución

La higuera se cultiva en forma aislada en el país y se considera una especie marginal.

Altitud: 1,000 a 2,000 m.

Origen / extensión

Originario de Asia Sudoccidental. Actualmente vive espontánea en la cuenca mediterránea. En los trópicos propiamente dichos, la higuera desarrolla en altitudes relativamente elevadas (900 a 1,800 m). Los árboles crecen bastante bien en las tierras bajas de los trópicos, pero rara vez producen fruta.

1.2. Variedades de higo

Hay excesivo número de variedades de la higuera. Se clasifican todas sus variedades en tres grupos principales, según su color del fruto en la madurez.

Las principales variedades cultivadas son las siguientes:

- Higos blancos.- verdes, que maduran en septiembre, de buena calidad y excelentes para comer frescos o secos.
- Blanquillo.- (se da en la parte fría de la Península), que madura a fin de agosto y se come fresco.
- Además, hay el Dulcillo y el Marsellés o higo de Atenas. Esta variedad se puede comer en fresco y seco, maduran en todo el mes de agosto.
- Higos grises o rojizos.- maduran en agosto y se pueden comer fresco o secos, y tenemos en este grupo las variedades siguientes: el casi blanco, el mahonés indígena de las islas Baleares, que madura hacia mediados de septiembre, el higo gris y el violeta. Todos estos higos maduran antes de agosto.

- Higos negros.- es este grupo tenemos las principales variedades siguientes: sultanes, violetas redondos y violetas largos y la variedad francesa delfín. Todos son excelentes y secan perfectamente según el Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra. Las brevas de Níjar, en Almería, son una variedad indígena verdaderamente notable. (Aygalliers, 2007)

1.3. Habidad

Le favorecen los climas de inviernos benignos y veranos calurosos con poca precipitación. Es una especie típica del clima mediterráneo (subtropical con inviernos cálidos, veranos secos y frescos) pero soporta también el frío. En México requiere una temperatura media anual de 17 a 19 °C y una precipitación anual de 90-120 m. Árbol poco exigente en cuanto a suelos. Acepta desde las tierras muy fértiles a las más ingratas. No obstante prefiere suelos frescos, permeables, ricos y bien drenados. Suelos: café claro, aluvión, derivados de roca volcánica, regosol eútrico. pH = 8-8.5. Prefiere suelos profundos más bien de naturaleza seca que húmeda. Para producir frutos de buena calidad convienen suelos ricos en calcio. Se desarrolla bien en terrenos de pH 8 a 8.5. No debe plantarse en suelos arenosos, ligeros y sumamente ácidos.

1.4. Información nutricional

Existe una amplia diferencia en cuanto el valor nutricional de un higo seco a uno fresco, ya que los valores nutricionales de un higo seco incrementan por la reducción de agua, el higo fresco tiene un 80% de agua y al deshidratarlo reduce a un 30% aproximadamente e incluso menos. Aumenta su contenido en fibras, potasio entre otros minerales y vitaminas

Por cada 100 gramos de higos frescos y secos (ficus carica)

	HIGOS FRESCOS	HIGOS SECOS (humedad 30%)
Calorías	74 kcal	249 kcal
Grasas	0,30 g	0,93 g
Grasas Saturadas	0,06 g	0,14 g
Colesterol	0 mg	0 mg
Sodio	1 mg	10 mg
Carbohidratos	19,18 g	63,87 g
Fibra dietética	2,90 g	9,80 g
Azúcares	16,26 g	47,92 g
Proteínas	0,75 g	3,30 g
Calcio	35 mg	162 mg
Hierro	0,37 mg	2,03 mg
Magnesio	17 mg	68 mg
Fósforo	14 mg	67 mg
Potasio	232 mg	680 mg
Vitamina A	7 µg	0 µg
Folato	6 µg	9 µg
Vitamina C	2 mg	1,2 mg
Vitamina K	4,7 µg	15,6 µg
Betacaroteno	85 µg	6 µg

Fuente: Delicias kitchen 30 agosto 2022

1.5. Propiedades nutricionales del higo seco (ficus carica)

Minerales

Fuente de fibra: Es su característica nutricional más destacable, representa el 20% de su volumen. Gracias a ello es una de las soluciones naturales más efectivas para regular el tránsito intestinal y lo convierte en un gran aliado para reducir el riesgo de padecer enfermedades como la diabetes. Además, tienen efecto saciante.

Fuente de Minerales: Contiene altas cantidades de potasio, magnesio, calcio y hierro además de pequeñas aportaciones de otros minerales y vitaminas. Todos ellos contribuyen al buen funcionamiento de los músculos y huesos.

Potasio, este es el mineral que más contiene a lo largo de su alineación, entre el higo seco, el fresco y el frágil o sensible (este es el que más se ve y se comercializa en los mercados).

Calcio. el higo es el fruto que tiene más calcio (162 mg) en comparación a los otros frutos.

Magnesio. este mineral se encarga de complementar el calcio.

Fósforo. Este mineral tiene como tarea mantener los huesos del cuerpo sano, por eso es tan importante consumirlo.

Hierro este mineral es el encargado de transportar el oxígeno en la sangre. Una ración de 50g de higos secos aporta el 6% de las necesidades diarias de la mujer y el 8% de las del hombre. Es un buen complemento alimenticio para la prevención de la anemia.

Manganeso, dicho mineral tiene importantes trabajos en la sangre, ya que ayuda a su coagulación, en el colesterol porque permite regular un poco esta sustancia, y en los tejidos porque juega un papel fundamental en su formación.

Fuente de energía: es una fuente de azúcares naturales que ayudan a reducir el cansancio y mejorar el estado de ánimo.

Fuente de flavonoides: En los higos encontramos sustancias en pequeñas cantidades que son importantes. Un ejemplo son los flavonoides, con cualidades antioxidantes y antiinflamatorias, ayudan al hígado en su tarea de limpieza y asisten al sistema inmunológico

Vitaminas

Vitamina A: El higo presenta una concentración aproximada de 142 UI de vitamina A por cada 100 gramos. Esta vitamina es fundamental para el desarrollo y mantenimiento de la visión, así como para el crecimiento celular y el funcionamiento adecuado del sistema inmunológico.

Vitamina C: La fruta contiene alrededor de 2,0 mg de vitamina C por cada 100 gramos. Este compuesto, conocido por su abundancia en cítricos y vegetales, desempeña un papel crucial en la síntesis del colágeno y en la cohesión de los tejidos conectivos, además de actuar como un potente antioxidante que protege las células del daño oxidativo.

Vitamina E: En cuanto a la vitamina E, los higos conservan aproximadamente 0,11 mg por cada 100 gramos. Esta vitamina liposoluble actúa como un antioxidante esencial, protegiendo las membranas celulares del daño oxidativo y contribuyendo a la estabilidad del colesterol al prevenir su peroxidación.

Vitamina K: El higo es una fuente significativa de vitamina K, presentando aproximadamente 4,7 µg por cada 100 gramos. Esta vitamina es esencial para la coagulación sanguínea, desempeñando un papel crucial en la síntesis de proteínas que regulan este proceso, lo que contribuye a un funcionamiento óptimo del sistema hemostático. Aunque se encuentra en diversas fuentes alimenticias, su concentración es notable en vegetales de hoja verde, como el perejil.

Vitamina B1 (Tiamina): La concentración de tiamina en los higos es de aproximadamente 0,06 mg por cada 100 gramos. Esta vitamina hidrosoluble es

fundamental para el mantenimiento de la integridad del sistema nervioso, ya que participa en el metabolismo energético y en la síntesis de neurotransmisores. Su solubilidad en agua facilita su absorción y disponibilidad biológica.

Vitamina B2 (Riboflavina): Los higos contienen alrededor de 0,04 mg de riboflavina por cada 100 gramos. Esta vitamina actúa como un antioxidante, contribuyendo a la regulación de los niveles de colesterol y protegiendo las células del daño oxidativo. Estudios han indicado que la riboflavina puede tener un efecto protector contra la carcinogénesis al inhibir la proliferación de células malignas

Vitamina B3 (Niacina): El higo contiene aproximadamente 0,4 mg de niacina por cada 100 gramos. Esta vitamina es esencial para la prevención de enfermedades cardiovasculares, ya que contribuye a la reducción de los niveles de lipoproteínas de baja densidad (LDL), comúnmente conocidas como colesterol dañino. Además, el niacina tiene propiedades antiinflamatorias que pueden ser beneficiosas en el manejo del asma y actúa como un suplemento en el tratamiento de condiciones como la aterosclerosis.

Vitamina B6 (Piridoxina): En cada 100 gramos de higos se encuentran aproximadamente 0,1 mg de vitamina B6. Esta vitamina desempeña un papel crucial en el metabolismo de macronutrientes, facilitando la utilización adecuada de carbohidratos, grasas y proteínas. La deficiencia de vitamina B6 puede resultar en disfunciones neuromusculares, afectando la coordinación y la función motora debido a su impacto en los nervios del sistema nervioso.

Vitamina B5 (Ácido Pantoténico): El higo presenta más de 0,29 mg de ácido pantoténico por cada 100 gramos. Este nutriente es fundamental para el funcionamiento óptimo del sistema nervioso, además de ser un cofactor en diversas reacciones metabólicas. También juega un papel importante en las funciones suprarrenales, contribuyendo a la regulación del estrés y al mantenimiento del equilibrio hormonal.

Vitamina B9 (Ácido Fólico): La concentración de ácido fólico en los higos es de aproximadamente 6 µg por cada 100 gramos. Esta vitamina es vital para el desarrollo neurológico y la función cognitiva, así como para la regulación del metabolismo de aminoácidos. Su importancia se extiende al crecimiento celular y al desarrollo adecuado durante etapas críticas como el embarazo.

1.6. Cosecha

La cosecha del higo se lleva a cabo aproximadamente 60 días después de la brotación. Este proceso comienza con la formación de una hoja en la axila de la higuera, y los primeros frutos en alcanzar la madurez son aquellos que se encuentran más próximos al tallo principal.

Un higo se considera maduro cuando su color cambia de un verde brillante a un tono verde opaco, indicando que ha alcanzado su desarrollo óptimo y está listo para la recolección.

Es importante señalar que, durante la cosecha manual, se recomienda el uso de guantes debido a la exudación de látex que se produce al manipular los frutos. Este látex puede causar irritación en la piel, por lo que el uso de protección es esencial para garantizar la seguridad del cosechador. Si necesitas más información o deseas que reformule otros textos, no dudes en decírmelo.



Figura 2: Cosecha de higos maduros

Fuente: Ametller Origen. (s.f.). El higo: Cosecha manual y por la mañana. Recuperado el [13-11-2024], de <https://www.ametllerorigen.com/es/blog/el-higo-cosecha-manual-y-por-la-manana>

1.7. Higo deshidratado o higo pasa

Los higos secos son una fuente rica en nutrientes esenciales y ofrecen numerosos beneficios para la salud.



Figura 3: Imagen higo pasa

Fuente: Mercado Libre. (s.f.). Higos negros deshidratados - Frutos secos sin carozo - Caja 5 kg. Recuperado el [15-11-2024], de https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1214968951-higos-negros-deshidratados-frutos-secos-sin-carozo-caja-5-kg-_JM

Gracias al proceso de secado, podemos disfrutar de los higos **todo el año**, y aunque se trate del mismo alimento en esencia, los higos frescos y los secos tienen características nutricionales que los diferencian.

Para hacernos una idea debido a la pérdida de agua, que pasa a representar solo el 30%, los valores nutritivos se multiplican aproximadamente por tres. El resultado del proceso convierte al higo seco en una versión 3 veces más concentrada que el fresco.

Y esto, en términos nutricionales significa que son:

- **Fuente de fibra:** Es su característica nutricional más destacable, representa el 20% de su volumen. Gracias a ello es una de las soluciones naturales más efectivas para regular el tránsito intestinal y lo convierte en un gran aliado

para reducir el riesgo de padecer enfermedades como la diabetes. Además, tienen efecto saciante.

- **Fuente de Minerales:** Contiene altas cantidades de potasio, magnesio, calcio y hierro además de pequeñas aportaciones de otros minerales y vitaminas. Todos ellos contribuyen al buen funcionamiento de los músculos y huesos.
- **Hierro:** Este mineral es el encargado de transportar el oxígeno en la sangre. Una ración de 50g de higos secos aporta el 6% de las necesidades diarias de la mujer y el 8% de las del hombre. Es un buen complemento alimenticio para la prevención de la anemia.
- **Potasio:** es el mineral más abundante en el higo.
- **Calcio:** es la fruta que más calcio contiene (162 mg). Este elemento es fundamental para mantener sanos los huesos.
- **Magnesio y Fósforo:** estos minerales fundamentales para la fijación del calcio en los huesos.
- **Manganeso:** oligoelemento que participa en la formación de huesos y tejidos, en la coagulación de la sangre, en las funciones de la insulina y en la síntesis del colesterol.
- **Fuente de energía:** es una fuente de azúcares naturales que ayudan a reducir el cansancio y mejorar el estado de ánimo.
- **Fuente de flavonoides:** En los higos encontramos sustancias en pequeñas cantidades que son importantes. Un ejemplo son los flavonoides, con cualidades antioxidantes y antiinflamatorias, ayudan al hígado en su tarea de limpieza y asisten al sistema inmunológico.

Dehesa El Milagro. (s.f.). *Propiedades de los higos secos*.

<https://dehesaelmilagro.com/blogs/blog-el-milagro/propiedades-de-los-higos-secos>.

Consultado el 21 de abril de 2025.

1.8. Proceso de deshidratación del higo

- **Selección de Muestras:**

Seleccionar higos frescos y maduros, sin signos de podredumbre o daño mecánico.

Registrar el peso inicial de los higos utilizando una balanza de precisión.

- **Limpieza y Preparación:**

Lavar suavemente los higos bajo un chorro de agua potable para eliminar impurezas.

Secarlos con papel de cocina para retirar el exceso de humedad superficial.

Cortar los higos en mitades o cuartos dependiendo de su tamaño, o dejarlos enteros si se requiere evaluar diferentes tiempos de secado.

- **Colocación en la Bandeja:**

Forrar una bandeja para hornear con papel pergamino.

Disponer los higos sobre la bandeja asegurando que no se toquen entre sí para permitir un secado uniforme.

- **Pre calentamiento del Horno:**

Ajustar la temperatura del horno entre 60°C y 70°C.

Verificar la temperatura con un termohigrómetro antes de introducir la muestra.

- **Proceso de Secado:**

Colocar la bandeja en el horno precalentado.

Mantener los higos en el horno durante un período de 6 a 8 horas, dependiendo del tamaño y contenido de humedad de la muestra.

Revolver ocasionalmente con una espátula o pinzas para garantizar un secado homogéneo.

Monitorear la pérdida de peso de los higos cada dos horas, registrando los valores.

- **Retiro y Enfriamiento:**

Cuando los higos presenten una textura arrugada y estén completamente secos, retirarlos del horno.

Dejar enfriar a temperatura ambiente sobre una superficie limpia y seca.

- **Almacenamiento:**

Una vez fríos, pesar nuevamente los higos deshidratados y calcular el porcentaje de reducción de peso.

Guardarlos en un recipiente hermético en un ambiente seco y fresco.

Registrar las condiciones de almacenamiento para futuros análisis.

Campo Grande Perú. (s.f.). *¿Cómo se hace pasas de higo?*

<https://campograndeperu.com/como-se-hace-pasas-de-higo/>. Consultado el 07 de abril de 2024.

1.9. Definición de café

El café es el fruto de la planta cafeto cuyo grano es el que se utiliza para la elaboración de una infusión caliente que se consume en varios países de occidente que lleva el mismo nombre

La planta o árbol del café llega a medir entre 4 y 6 metros de altura, aunque mayormente la cortan para que los granos no se produzcan a tanta altura. Por su parte el grano del café mide aproximadamente 1 centímetro.



Figura 4: Arbusto de cafeto

Fuente: El Mueble. (s.f.). *Planta de café: Cuidados y características*. Recuperado el [25-11-2024], de https://www.elmueble.com/plantas-flores/planta-cafe_51249

Dichos granos se utilizan para la preparación de la infusión al ser tostados y mezclados con agua caliente para la elaboración del café.

Existen muchas varias formas de preparar del café, una de las bebidas predilecta de varios países del mundo.

Esta infusión se caracteriza por su exquisito sabor y la combinación con otras bebidas (como la crema, la leche o el cacao) que dan diferentes variaciones aromáticas y organolépticas.



Figura 5: Infusión de café

Fuente: El Mueble. (s.f.). *Planta de café: Cuidados y características*. Recuperado el [25-11-2024], de https://www.elmueble.com/plantas-flores/planta-cafe_51249

"Café". Autor: Equipo editorial, Etecé. De: Argentina. Para: *Enciclopedia Humanidades*. Disponible en: <https://humanidades.com/cafe/>. Última edición: 23 enero, 2023. Consultado: 9 agosto, 2023. Fuente: <https://humanidades.com/cafe/#ixzz8ByMO65rB>

1.10. Variedades de café en Bolivia

Existen varios tipos de café en Bolivia según el instituto nacional de investigación agropecuaria y forestal (INIAF)

Caranavi es sólo una de las veinte provincias que componen el país de Bolivia en América del Sur. Caranavi está ubicada en la región de Yungas en el este de Bolivia. Su posición geográfica única es parte de la zona de transición en Bolivia donde la Cordillera de los Andes se convierte en los bosques orientales. El clima en esta zona es perfecto para el cultivo de café. A grandes altitudes, a Bolivia se la conoce como el Techo del Mundo. Los suelos ricos y fértiles también contribuyen al sabor de los granos de café.

La mayoría de los cafetos que se cultivan en Bolivia son de la variedad de cafeto Typica (Coffea arábica variedad typica), aunque también hay algunas Caturra (Coffea arábica caturra).

Las pequeñas fincas cafetaleras han carecido de acceso a fertilizantes y minerales adecuados para apoyar el crecimiento óptimo de los árboles y granos de café, lo que ha dado como resultado una baja producción de cultivos en los últimos años. La falta de infraestructura también significa que Bolivia tiene dificultades para exportar a otros países.

La Joya del Café. (s.f.). *Café boliviano: Origen, características y preparación*. <https://www.lajoyadelcafe.com/cafe-boliviano> Consultado: 9 abril, 2024.

Café typica (criolla)

La variedad Typica, descendiente original de África, es la que mejor se adaptó en Bolivia, específicamente a los suelos de los Yungas. Esta planta logró adaptarse a las altitudes de entre 1100 – 2200 msnm, siendo perfecta para las características de los Yungas.

Este tipo de café predomina en Bolivia para la caficultura Boliviana, esta variedad es la pionera. Se lo utilizaba en un principio como cerco perimetral entre haciendas y utilizadas únicamente para el consumo de los hacendados. Ya en la década de los 50 – 60 fue introducida a los sectores de Coroico y desde los 80 se extendió hasta Caranavi y gran parte del norte de La Paz. En todas estas ocasiones se adaptó perfectamente, volviéndose más popular obtuvo el nombre de Criolla que se lo utiliza hasta el día de hoy.

Para reconocer esta variedad no se necesita mucho conocimiento. Son plantas de porte alto, llegando hasta los 4 metros de altura, las hojas son elípticas de café verde oscuro y el ápice (terminación de la hoja) es puntiagudo. En comparación con otras variedades,

Typica es de baja productividad y susceptible al ataque de roya. Sin embargo, existen nichos especiales de mercado para este café por su excelente calidad de taza

Café Caturra

El café caturra es una variedad de café originaria de Brasil, y es una mutación natural de la variedad Bourbon. Se caracteriza por ser una planta de café de tamaño pequeño, con un crecimiento compacto y una alta producción de granos de café.

Debido a su tamaño, es fácil de cultivar y manejar en regiones montañosas y en zonas con espacios reducidos. El grano de caturra es conocido por su sabor suave y equilibrado, con notas de chocolate y frutos secos, y un aroma dulce y floral.

Es un grano de café arábica y es similar a sus hermanas de especie, pero podemos destacar algunos aspectos interesantes de este tipo de grano. (Asorey Rivas, F. (2018))

1. El grano de café caturra es más pequeño que otras variedades y es bastante uniforme en tamaño, lo que hace que la producción sea más fácil y eficiente, y que sea cómodo de tostar, ya que la uniformidad del grano hace que los granos se tuesten muy uniformemente.
2. Otra característica del grano de café caturra es su forma redonda y ligeramente abultada.
3. A diferencia de otras variedades, el grano de café caturra tiene una curvatura suave y no es tan puntiagudo en los extremos.

Sabor a Café. (2024, 10 febrero). *Café a la Sombra, qué es y cuáles son sus ventajas* [14-05-2024]. Blog Sabor a Café. <https://cafesabora.com/cafe-a-la-sombra>

Café Catuai

El Catuaí es una variedad que se introdujo por primera vez en Brasil, en 1972. Es un cruce genético entre dos mutaciones naturales de Arábica: Caturra Amarillo y Mundo Novo, las cuales existen en rojo y otras variantes. Debido a que es una planta más pequeña, los cafetos se pueden sembrar más cerca entre sí, generando una mayor densidad de la plantación, y facilitando el acceso a sus cerezas durante la cosecha

La primera cosecha de Catuaí normalmente solo ocurre después de [tres años](#). Como dice João, es una planta que responde bien al encalado y la fertilización, lo cual significa que el manejo durante la producción puede ayudar a determinar cuán productiva o no es una planta. (Perfect Daily Grind, abril 8, 2020)

Este café fue participante del Cup of Excellence por su gran calidad en taza. Su productor es Marcos Mejía de la finca El Porvenir, ubicada en la región de Sud Yungas, en el departamento de La Paz. Es cultivado entre los 1700 y los 2000 metros sobre el nivel del mar.

Este café también es de proceso natural. Con un cuerpo medio y un perfil más cítrico que recuerda al pomelo, y notas a chocolate. Es una excelente opción para adentrarse en la variedad de sabores que pueden encontrarse en los cafés de Bolivia.

1.11. Elaboración del café

- Recolección del grano o cosecha

La cosecha del se produce de forma anual cuando las cerezas del café alcanzan la maduración. Existen dos formas métodos para realizarla:

Picking: es el proceso que se efectúa de forma manual y en plena fase de madurez, dejando aquellas plantas que aún se encuentran verdes.

Stripping: es el proceso que se efectúa de forma industrial, es decir, mecánica. En este caso, las bayas que se recogen presentan diferentes grados de maduración, por lo que se deberá efectuar una revisión posterior de aquellas que no han alcanzado la madurez.

- Despulpado

Consiste en retirar la pulpa de la cereza por medio de presión que ejerce la camisa de la despulpadora y debe iniciarse inmediatamente después de que se cosechan los frutos. El retraso por más de 6 horas afecta la calidad de la bebida y puede originar el defecto llamado “fermento”.

El café maduro contiene mucílago, baba o “miel”, que permite el despulpado con solo presionar la cereza. Por tanto, no use agua para despulpar el café

- Fermentación o remoción del mucilago

Los granos que se encuentran en los tanques de fermentación son separados del mucílago, el cual es una sustancia viscosa que cubre el grano recientemente despojado. Para conseguir la fermentación es necesario adicionar agua y en este proceso se realizan cambios constantes del agua y del licor del mucilago.

En la fermentación del café ocurren varios procesos, básicamente las levaduras y las bacterias del mucílago mediante sus enzimas naturales oxidan parcialmente los azúcares y producen energía (ATP), etanol, ácido láctico, ácido acético y dióxido de carbono. También se degradan los lípidos del mucílago de café y cambian el color, el olor, la densidad, la acidez, el pH, los sólidos solubles, la temperatura y la composición química y microbiana de este sustrato.

Se lleva una fermentación de la pulpa por 30 horas aproximadamente dependiendo del volumen de la cosecha y se lo lleva a una temperatura mayor a 30 grados centígrados para un proceso más rápido.

- Lavado

En esta etapa el grano se vuelve a remojar con el objetivo de eliminar impurezas restantes que se hayan adherido al grano para posteriormente ser secado por lo general al aire libre.

El fruto se lo lleva a piscinas de inmersión donde los dañados flotan y son desechados para que no contaminen el sabor del resto”. SEGÚN: (Blog : La Página de Bedri, 2014)

- Secado

El secado consiste en extender los granos de café al aire libre, exponiéndolos al sol para que se reduzca el grado de humedad y que el café tenga una mejor conservación. Pues es al final de esta etapa en la que la membrana del grano se desprende por sí misma, esta membrana se la conoce con el nombre de pergamino.

- Tostado

El grano de café es la semilla dentro de la cereza de café. Antes de tostarse, los granos de café son verdes y casi no tienen aroma, excepto por un olor a hierba y tierra. El proceso de tostado es lo que convierte los granos de café en la deliciosa taza de café que estás bebiendo.

El proceso de tostado tuesta los granos de café, oscureciendo su color y dándoles sabores achocolatados y caramelizados. A temperaturas más altas, aparecen aceites en la superficie de los granos. A 205 °C, los granos se agrietan por primera vez y comienzan a expandirse. Alrededor de 225°C, se rompen por segunda vez. Los granos de café de alta calidad nunca se tuestan a más de 250 °C. Más allá de esa temperatura, comenzarán a diluirse y tendrán un sabor a quemado.

Los nombres y las descripciones de los tuestes no son universales en la industria del café, y el tueste es en parte arte y en parte ciencia. Toda esa variación puede hacer que sea un poco complicado elegir el grano adecuado para un buen café molido natural. Sin embargo, debería poder saber el nivel de tueste por el color del grano y su sabor.

Principales tipos de tuestes

Los principales tipos de tueste de café son tueste claro, tueste medio, tueste medio-oscuro y tueste oscuro. Cada uno de estos niveles de tueste tiene un aroma, apariencia y sabor diferente.

- Tueste claro

Los tuestes claros se tuestan una menor cantidad de tiempo. Los granos ligeramente tostados generalmente alcanzan una temperatura interna de 180 °C a 205 °C, justo después de que ocurre la primera grieta. Estos granos tienden a

no tener los aceites porque no se han tostado a una temperatura lo suficientemente alta.

Cuanto más tiempo se tuesta un grano, más calor extrae la cafeína y la acidez. Esto significa que los tuestes claros tienen la mayor cantidad de cafeína (por volumen) y la mayor acidez. Los tuestes claros pueden tener un perfil de sabor diferente porque el proceso de tostado más corto evita que ocurran algunos cambios químicos dentro del grano. Los sabores de origen del grano son más reconocibles en tuestes claros, ya que los sabores que provienen del proceso de tueste a menudo no son prominentes. La acidez en los tuestes claros suele ir acompañada de un tono cítrico o de limón que algunas personas encuentran agradable al paladar.

- Tueste medio

El café tostado medio alcanza temperaturas internas de 210°C- 220°C. Esto es después del primer crack y justo antes de que ocurra el segundo. Tienen un poco más de cuerpo que un tueste claro y menos acidez.

Los tuestes medios son a lo que está acostumbrado el bebedor de café promedio. Se considera que estos tuestes tienen sabores equilibrados. La acidez y el cuerpo de un tueste medio pueden variar, pero por lo general se encuentran en algún punto intermedio.

Tueste medio oscuro

Los granos tostados a medio-oscuro alcanzan una temperatura interna de 225 °C – 230°C. Esto es durante o justo después del segundo crack. Este tueste también comenzará a mostrar los aceites en la superficie de los granos porque las temperaturas son lo suficientemente altas.

Estos tuestes tienen un sabor más rico y completo, más cuerpo y menos acidez.

- Tueste oscuro

La temperatura de tueste para un tueste oscuro es entre 240 °C y 250 °C. Hay aceites visibles en los granos tostados oscuros. Por lo general, no puede saborear ningún sabor de origen en un tueste oscuro , solo los efectos que tiene el proceso de tueste en ese tipo de grano de café.

Los tostados oscuros tienen sabores más dulces porque los azúcares de los granos de café tienen tiempo para caramelizarse. El proceso de tostado más prolongado lo ayuda a desarrollar un sabor más rico y un cuerpo completo, lo que a menudo conduce a que tenga un final mantecoso. También tienen la menor acidez de todos los tuestes de café. Los tostados oscuros tienen la menor cantidad de cafeína porque se tuestan por más tiempo. El tostado francés se considera el tostado más oscuro y tiene un pronunciado sabor ahumado. Si los granos de café se tuestan por más tiempo que un tostado francés (250 °C), los aceites y azúcares del grano se quemarán. Los tuestes oscuros a menudo tienen nombres europeos debido a la popularidad de los tuestes oscuros en Europa, como el tueste italiano.

Cafés Granell. (2024, 15 marzo). *Tipos de tuestes de café* [15-05-2024]. Cafés Granell. <https://www.cafesgranell.es/blog/tipos-de-tuestes-de-cafe/>

- Molienda

Luego de que los granos tostados están fríos se realiza el proceso de molienda que consiste en reducir el grano de café en polvo con la utilización de un molino. Este es un proceso que se debe llevar con precisión, ya que la molienda afecta al tiempo de flujo de café durante la preparación. Se conoce que entre más fino sea el molido del café, más lenta es la velocidad con la que el agua pasará a través de él, para lograr así un café más amargo.

El grano de café se reduce a diferentes tamaños, dependiendo. Los tres grados de molienda más utilizados para comercializar el café son el grueso, medio y fino. El grado de molienda se determina en función de la cafetera que se vaya a escoger para preparar la bebida. Los expertos recomiendan un molido grueso para cafetera percoladora, molido medio para cafeteras de filtro y el molido fino para preparar café tipo expés. SEGÚN: (Albert .S, 2014)

- Envasado

Una vez que se obtiene un café perfectamente tostado y molido, este se transporta hacia los silos de envasado, en donde pasa automáticamente a las máquinas de pesado y envasado en paquetes de aluminio o frascos de vidrio,

los cuales deben permanecer cerrados herméticamente para conservar el sabor y aroma.

Dentro de la parte del envasado el Ecuador ha tratado de mantener los procesos internacionales de excelencia que requieren, una bolsa de material grueso que impida el contacto del café con el aire, un orificio para que los gases que emana el grano de café después del tostado salgan, tener fecha de la cosecha y el tiempo estimado de vida útil.

Una de las técnicas muy utilizadas al momento de empacar el café es el envasado al vacío para que su consumo final sea en excelentes condiciones y por periodos de tiempo más largos. SEGÚN: (Grupo Kallpasapa Ltda, 2014)

1.12. Tostado y tipos de tostado



Tostado
ligero o



Tostado
medio



Tostado
oscuro

Figura 6: Tipos de tostado de café.

Fuente: *Café Sabora. (s.f.). ¿Qué es el café grano natural? Recuperado el [25-11-2024], de <https://www.cafesabora.com/es/%C2%BFqu%C3%A9-es-el-caf%C3%A9-grano-natural>*

El tostado es un proceso clave en la elaboración del café, ya que define su sabor, aroma y color. Existen varios tipos de tostado, que se clasifican según el tiempo y la temperatura aplicados:

- Tostado ligero (Light roast):

Temperatura: 180-205°C.

Características: El café conserva más acidez y sabores frutales o florales, con un cuerpo ligero. El grano tiene un color marrón claro.

Usos: Ideal para métodos de preparación como el pour-over o la prensa francesa (Sunarharum et al., 2014).

- Tostado medio (Medium roast):

Temperatura: 210-220°C.

Características: Equilibrio entre acidez y cuerpo, con notas de caramelo y nueces. El grano tiene un color marrón medio.

Usos: Es el más común para el café de filtro y espresso (Wang et al., 2018).

- Tostado oscuro (Dark roast):

Temperatura: 225-240°C.

Características: Menos acidez y más amargor, con notas ahumadas y tostadas. El grano tiene un color marrón oscuro o casi negro.

Usos: Popular para espresso y café turco (Nebesny & Budryn, 2006).

Farah, A., Monteiro, M., & Trugo, L. C. (2005). Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(5), 1505-1513. <https://doi.org/10.1021/jf048701t>

1.13. Cambios físicos durante el tostado

Durante el tostado, los granos de café experimentan una serie de transformaciones fisicoquímicas que influyen en sus propiedades sensoriales:

- Pérdida de humedad:

Los granos pierden entre el 12% y el 20% de su peso debido a la evaporación del agua (Schenker, 2000).

- Reacción de Maillard:

Es una reacción entre aminoácidos y azúcares reductores que genera compuestos de sabor y color. Esta reacción es responsable de las notas tostadas y caramelizadas (Yeretzian et al., 2002).

- Degradación térmica de compuestos:

Los ácidos clorogénicos se degradan, reduciendo la acidez del café. Los trigonelina, un alcaloide, se descompone en ácido nicotínico y compuestos aromáticos (Farah et al., 2005).

- Desarrollo de compuestos volátiles:

Se generan más de 800 compuestos volátiles, como furanos, pirazinas y aldehídos, que contribuyen al aroma del café (Flament, 2002).

- Expansión del grano:

El grano se expande debido a la liberación de dióxido de carbono y otros gases, lo que aumenta su volumen y reduce su densidad (Schenker, 2000).

Nebesny, E., & Budryn, G. (2006). Changes in antioxidant activity of coffee substitutes during roasting processes. *European Food Research and Technology*, 223(4), 469-475. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0226-4>

1.14. Molienda del café tostado

El grado de molienda del café afecta directamente la extracción de compuestos durante la preparación, lo que influye en el sabor, aroma y cuerpo de la bebida:

- Molienda gruesa:

Características: Partículas grandes con menor superficie de contacto.

Efecto: Extracción lenta e incompleta, resultando en una bebida suave pero con menos cuerpo y sabor.

Usos: Ideal para métodos de preparación lentos, como la prensa francesa (Illy & Viani, 2005).

- Molienda media:

Características: Partículas de tamaño intermedio.

Efecto: Equilibrio entre extracción y tiempo de contacto, produciendo una bebida con cuerpo y sabor equilibrados.

Usos: Adecuada para cafeteras de goteo (Sunarharum et al., 2014).

- Molienda fina:

Características: Partículas pequeñas con mayor superficie de contacto.

Efecto: Extracción rápida y completa, resultando en una bebida intensa y amarga si se sobrepasa el tiempo de contacto.

Usos: Recomendada para espresso y café turco (Wang et al., 2018).

Sunarharum, W. B., Williams, D. J., & Smyth, H. E. (2014). Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International*, 62, 315-325. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.030>

1.15. Ventajas y desventajas del consumo de café

Ventajas del consumo de café

El alto consumo de café en todo el mundo no es casualidad ni simple cuestión de paladar: los beneficios del café para la salud están más que demostrados actualmente,

y son muchos los estudios que avalan que ante un consumo moderado, las ventajas del café son muchas.

No hay una cantidad específica para poder aprovechar de forma óptima los beneficios del café, pero la mayoría de estudios establecen un buen margen entre las 3 y 4 tazas al día para aprovechar sus nutrientes y ventajas.

Efectos en la salud

Los efectos del consumo de café en el organismo son varios, pero el principal es de estimulación sobre el sistema nervioso central que aumenta la actividad orgánica y agiliza las funciones mentales y corporales.

Los estudios relacionados con la composición del café, sugieren que es una fuente importante de antioxidantes, incluso en países como Estados Unidos, que tienen bajo consumo de frutas y verduras podría ser la fuente más importante.

El café es bien conocido por sus características, y sus efectos en el estado general de las personas que lo consumen. Por ejemplo, una hora después de haber tomado café mejora el estado de ánimo, lo que previene episodios depresivos en los consumidores frecuentes de café en los que se registran menos intentos de suicidio.

- **Hepatoprotector y aliado del corazón**

Se ha demostrado que el consumo regular de café tiene la capacidad no solo de combatir algunas enfermedades crónicas y degenerativas como el Alzheimer, el Parkinson y la Diabetes tipo 2, sino también de **proteger la salud del hígado**, protegiéndolo de enfermedades como el hígado graso y la cirrosis.

Además, el consumo habitual de café provoca que el cuerpo se acostumbre a este y la presión sanguínea deja de aumentar en consecuencia. A esto debe sumársele su capacidad de reducir el riesgo de sufrir accidentes cerebro vasculares.

Entre otros efectos positivos en la salud, la cafeína puede revertir los efectos sedantes del alcohol, mejora la sensibilidad a la insulina, hormona que regula el metabolismo de la glucosa, por lo tanto disminuye el riesgo de desarrollar diabetes Tipo II.

Un estudio prospectivo realizado por Tverdal, A y Skurtveit, S,²⁹ incluyó una cohorte de 88.259 mujeres de EE.UU. con edades entre 26-46 años sin historia familiar de diabetes, donde se evaluó el consumo del café, otros alimentos y bebidas con cafeína durante los años 1991, 1995, y 1999. Se documentaron 1.263 casos de incidencia de diabetes tipo II, en mujeres que consumían menos de dos tazas de café/día. El consumo mayor de dos tazas/día fue asociado a un riesgo substancialmente más bajo de este tipo de diabetes. Estos resultados sugieren una asociación inversa entre el consumo del café y el riesgo de sufrir diabetes tipo II, ventaja que se atribuye tanto a la cafeína como a los compuestos del grano de café, especialmente el ácido clorogénico que retrasa la absorción de glucosa en el intestino y mejora su metabolismo.

De la misma manera ejerce un efecto protector contra enfermedad hepática crónica en personas con alto riesgo de sufrirla (Ej.: alcohólicos).

Un estudio realizado mediante una encuesta de salud y nutrición de los EE.UU. entre 1988- 1994, seleccionó 5944 adultos con un consumo excesivo de alcohol, hepatitis viral, sobrecarga del hierro, exceso de peso, o intolerancia a la glucosa. En esta población se evaluó mediante pruebas bioquímicas la actividad de la alanina aminotransferasa (ALT). Al relacionar los resultados de los niveles de ALT con el consumo de café se encontraron niveles más bajos, en quienes consumían mayor cantidad.

- **Rico en nutrientes**

Otro de los beneficios de tomar café es su **alto contenido en minerales y vitaminas**, que el cuerpo necesita para un correcto funcionamiento. Entre los nutrientes del café podemos encontrar:

- **Potasio:** un electrolito fundamental en el funcionamiento de la bomba de sodio-potasio, el mecanismo básico del funcionamiento celular. El Potasio es muy importante también para los músculos y para regular la presión arterial alta.
 - **Magnesio:** interviene en la regulación de los niveles de azúcar en sangre, entre otras funciones vitales.
 - **Manganeso:** de gran importancia para combatir la osteoporosis.
 - **Vitamina B5:** clave en la metabolización de alimentos.
 - **Vitamina B2:** necesaria para producir glóbulos rojos.
 - **Vitamina B3:** interviene en el control del colesterol, así como en la salud de la piel y los sistemas digestivo y nervioso.
 - **Antioxidantes:** el café también contiene una gran cantidad de antioxidantes, que permiten combatir los radicales libres y, por tanto, retrasan los procesos de envejecimiento y las enfermedades asociadas.
- **Anticancerígeno**

Si aún te preguntas para qué es bueno el café, hay que añadir que tiene la capacidad de reducir el riesgo de sufrir de **cáncer de hígado y colorrectal**, que son de los más mortales y frecuentes.

- **Aumenta tu rendimiento físico y mental**

La cafeína tiene la capacidad de **estimular los niveles de adrenalina en sangre**, lo que se traduce en un rendimiento muscular y físico de hasta un 11% más. Tómate una taza de café negro antes de entrenar y podrás notar cómo rindes más y mejor.

Del mismo modo, también potencia la capacidad de concentración y la agilidad mental: entre 1 y 6 tazas de café al día mantendrán tu mente más clara y rápida.

Memoria y sistema nervioso

Respecto al desempeño intelectual, el consumo de café aumenta la memoria a corto plazo, facilita el proceso de memorización, porque mejora la concentración, pero si se excede las neuronas sobreexcitadas no retienen la información. La cafeína ayuda a mantener la agudeza mental y reduce el deterioro cognoscitivo con la edad.

Un estudio sobre la asociación de la cafeína y el café descafeinado con la función cognoscitiva, tomó una muestra de adultos mayores de 50 años durante el periodo de 1988-1992. Los participantes eran 890 mujeres con una edad promedio de 72.6 años y 638 hombres con una edad promedio de 73,3 años. La función cognoscitiva fue determinada por 12 pruebas estandarizadas y la aplicación de una encuesta retrospectiva para establecer el consumo de café incluyendo el actual.

Entre las mujeres mayores de 80 años el consumo de café durante la vida fue asociado a un mejor desempeño en 11 de las 12 pruebas. Aunque no se encontró ninguna relación entre el producto del café y la función cognoscitiva entre hombres o entre el café descafeinado y la función cognoscitiva en cualquier sexo; la exposición al consumo de café se puede asociar a una mejor actividad cognoscitiva entre mujeres, especialmente en las de mayor edad. Esta ventaja está relacionada con el antagonismo de la cafeína sobre los receptores A₂ de la adenosina, y está asociada al menor riesgo de padecer enfermedad de Alzheimer, y de Parkinson, especialmente en esta última la cafeína bloquea los receptores A_{2A} presentes en las células nerviosas, que intervienen en estos trastornos neurodegenerativos, manteniendo los niveles de dopamina disponibles para la función de las neuronas.

Benedetti y Cols, en un estudio con pacientes que presentaban enfermedad de párkinson, revisaron la información desde 1976 a 1995, sobre la exposición al consumo de cigarrillo, alcohol y café. Los resultados muestran una asociación inversa del consumo del café con la presencia de la patología; a mayor consumo de café menor riesgo de padecer párkinson.

Desventajas del consumo de café

Al igual que tomar café puede ser beneficioso, **también existen inconvenientes** del café que pueden afectar de manera directa al organismo **si se excede** su consumo. Conocer los pros y contras del café, una de las bebidas más consumidas mundialmente, puede ser una forma enriquecedora de aprender más sobre este producto tan habitual en nuestros hogares.

A pesar de todas las bondades descritas, existe gran preocupación por las consecuencias a largo plazo que pueda traer el consumo de café. Desde el punto de vista nutricional, la cafeína interfiere en la absorción de algunos nutrientes importantes en el organismo como el hierro y el calcio.

En el caso del hierro se debe evitar el consumo una hora antes y una hora después de ingerir alimentos fuentes de este nutriente (carnes rojas, hígado, pajarilla), porque el café inhibe su absorción.

Respecto al calcio se ha demostrado que el café disminuye su absorción en el tracto digestivo y aumenta la excreción urinaria y fecal, por eso se asocia a un balance negativo de calcio en el organismo. Sin embargo no existe evidencia que el consumo de café deteriore la salud ósea, ni se ha relacionado con la presencia de osteoporosis.

El estudio realizado por Bass en 7.532 mujeres mayores de 20 años, tomando como variables la raza, la composición corporal, ejercicio, consumo de alcohol, cigarrillo, alimentos de alto contenido en calcio, fósforo, magnesio, hierro, cinc, sodio, y potasio, el consumo de cafeína derivada del café y de otras fuentes como las bebidas cola. La densidad mineral del hueso (BMD) también fue determinada. Este estudio no encontró que la cafeína fuera un factor de riesgo en la disminución de la densidad mineral del hueso, que es el criterio para diagnosticar la osteoporosis.

En personas con reflujo gastroesofágico, gastritis y úlcera la cafeína aumenta la producción de ácido clorhídrico lo que lleva a mayor severidad de la sintomatología.

Por el aumento que provoca en la motilidad se debe disminuir su consumo en presencia de enteritis y colitis, con el fin de evitar la diarrea. Vale la pena aclarar que no se ha comprobado que el consumo de café sea el causante de estas enfermedades.

Ante todo, es importante recordar, que el consumo en exceso, independientemente del tipo de producto, afectará directamente a nuestra salud. Por ello, **no se recomienda tomar más de 3 o 4 tazas al día**. Superar estas cantidades pueden acarrear problemas como:

- **Adicción:** como tantas otras sustancias excitantes, la cafeína puede provocar adicción. Por ello, se debe evitar consumir café en exceso para evitar que el cuerpo reaccione de manera negativa ante la falta de ella, como puede suceder al intentar activarse o sufrir cambios de humor repentinos.
- **Sensación de estrés y ansiedad:** si el café se consume en exceso, puede provocar alteraciones en nuestro pulso, pequeños temblores en las manos e incluso ataques de pánico como respuesta a la cantidad de cafeína ingerida.
- **Deshidratación:** la cafeína funciona como un potente diurético, de ahí que no se recomiende su consumo en exceso para evitar cuadros de deshidratación. El café debe ser siempre una bebida servida en cantidades ligeramente reducidas, no ser la fuente de líquidos que se necesitan a diario.
- **Insomnio:** no se recomienda su consumo pasado la tarde como reacción excitante provocada por la cafeína. Esto puede alterar nuestras rutinas diarias de sueño y, en caso de un claro abuso, producir insomnio.
- **Posibles problemas digestivos:** el alto consumo de café puede provocar, sobre todo en personas con problemas digestivos, náuseas, ardores, vómitos e incluso la diarrea. El café es una bebida con un gran efecto laxante, de ahí que, además de deshidratación, acentúe posibles enfermedades estomacales.

- **Aumento de peso:** otra de las desventajas del café más comunes es que de mezclarse con azúcar, leches o bebidas demasiado edulcoradas que contengan un extra de calorías en cada taza, darán como resultado un posible aumento de peso.

"Café". Autor: Equipo editorial, Etecé. De: Argentina. Para: *Enciclopedia Humanidades*. Disponible en: <https://humanidades.com/cafe/>. Última edición: 23 enero, 2023. Consultado: 9 agosto, 2023. Fuente: <https://humanidades.com/cafe/#ixzz8ByMO65rB>

1.16. Sucedáneos del café

Los sucedáneos de café son productos no derivados del café ya que no contiene cafeína, los cuales se utilizan para imitar al café tradicional, por costo o por ser saludable, este no reemplaza al café tradicional, solo se utiliza como una bebida caliente con características similares, pero no iguales.

Según (Villarreal, 2013), estos son unos de los siguientes sucedáneos del café que existen:

- En Polonia, se produce un sucedáneo de café instantáneo, conocido como café Inka, mediante la evaporación del extracto acuoso de remolacha dulce termolizada (*Beta vulgaris* subespecie cicla), endibia (*Chicorium endivia*), centeno y cebada. (Villarreal, 2013)
- En Francia, el café contiene como ingrediente adicional la raíz tostada de achicoria. A pesar de que ésta no posee cafeína aporta un sabor amargo, así como un color oscuro resultante de la caramelización producida durante el tostado. (Villarreal, 2013)
- En Rusia, se elabora un sucedáneo del café combinando extracto de achicoria y jugo de manzana (*Malus silvestres*) en proporción 1:1. La bebida es marrón oscuro y de gusto dulce amargo, con agradable sabor a manzana. (Villarreal, 2013)

- En Ecuador, se elabora sucedáneos del café a partir de haba o de mezclas de esta leguminosa con cebada, trigo, soya, melaza, malta e incluso al mezclar lo mencionado anteriormente con café descafeinado. (Villarreal, 2013)
- En Brasil los productos más utilizados como sustitutos de café son maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), sorgo (*Sorghum vulgare*), raíces de batata de purga (*Ipomea altísima* e *Ipomea operculata*), y algarroba (*P. juflora* DC). (Villarreal, 2013)

1.17. Sucédáneos de café en Bolivia

En Bolivia, existen varios sucedáneos de café que se han desarrollado como alternativas al café tradicional. A continuación, se presentan algunos de estos sucedáneos:

- **Café de Palqui (Acacia aroma)**
Este sucedáneo se elabora a partir de las semillas de la planta palqui, que son tostadas y molidas. La investigación indica que este proceso es sencillo y permite obtener un producto que puede servir como un sustituto del café convencional.
Referencia: Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. "Obtención de café a partir de la semilla de palqui." DICYT 4.
- **Café de Cáscara**
Este producto se obtiene a partir de la cáscara del grano de café, que es rica en antioxidantes y puede ser utilizada para preparar infusiones con un sabor único y propiedades saludables.
Asociación de Cafés Especiales de Bolivia (ACEB). (n.d.). Información sobre la producción y comercialización del café en Bolivia. Recuperado el 15-05-2024. <https://www.del.org.bo/info/archivos/CAFES.doc>
- **Café de Higo**
Aunque no es tan común, algunos productores han experimentado con la elaboración de sucedáneos a partir de higos deshidratados, aprovechando su dulzura natural y perfil nutricional.

- Referencia: CIPCA. "La producción de café en Bolivia." CIPCA

1.18. Análisis sensorial

La evaluación sensorial de los alimentos es una función primaria del ser humano. Este, desde su infancia, y de forma más o menos consciente, acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con la sensación que experimenta al observarlos y/o ingerirlos.

De una forma general, el **Análisis Sensorial** puede definirse como **el conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos por uno o más de los sentidos humanos (Tilgner, 1971).**

El propósito de la evaluación sensorial es medir las propiedades sensoriales y determinar la importancia de estas, con el fin de predecir la aceptabilidad del consumidor, con lo cual brinda a la industria, la oportunidad de aprovechar y aplicar estas mediciones.

El carecer de evaluación sensorial podría condicionar el fracaso de los avances e innovaciones que se producen en la tecnología de alimentos. Es clásico el ejemplo de un producto elaborado para una determinada comunidad (ejército, grupo escolar, etc.), perfectamente equilibrado desde el punto de vista nutritivo, que es rechazado por sus potenciales consumidores porque no les gusta su sabor, su color o su textura.

Hay una gran cantidad de análisis que se les hacen a los alimentos para estar seguros de la calidad que se quiere brindar, como: composición química, carga microbiana y sobre todo, sus características sensoriales (olor, color, sabor, textura), pues de ello depende la demanda que tendrán los consumidores hacia dicho producto. Para tal propósito se requiere de personas entrenadas apropiadamente para llevar a cabo dichos análisis.

Es de ahí que se deriva el concepto de **Calidad Sensorial**, que es el resultado de la interacción entre el alimento y el ser humano y se puede definir como **la sensación humana provocada por determinados estímulos procedentes del alimento**.

Esta sensación depende, de la clase de intensidad del estímulo, además de las condiciones fisiológicas, psicológicas y sociológicas de la persona o grupo de personas que la evalúa. En principio, su medida y análisis debe realizarse sensorialmente, ya que los métodos químicos e instrumentales sólo son útiles para cuantificar y controlar las características o propiedades de los alimentos que originan el estímulo percibido por la persona.

El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos, se utiliza para resolver problemas de distinta índole (Costell y Durán, 1981); en cada caso concreto, la naturaleza de los mismos determina el tipo de prueba a realizar, las características del grupo de jueces y las condiciones del análisis (I.F.T., 1964 y 1971; Abbot, 1973: Costell y Durán, 1975).

El humano es, entonces, un **elemento esencial para el control de la calidad** del alimento, pues él mismo puede detectar la calidad del aroma, sabor, color y textura a través de sus sentidos. Para ello se necesita no sólo una persona, sino de un grupo de personas llamado Panel (Jueces) Sensorial debidamente entrenado para que los resultados sean más fidedignos, precisos, exactos y representativos.

1.19. Métodos de análisis sensorial

El análisis sensorial es una disciplina científica que evalúa las propiedades de los alimentos a través de los sentidos humanos. Los métodos se clasifican en tres categorías principales: **discriminativos**, **descriptivos** y **afectivos**. A continuación, se describen con más detalle:

a. Métodos discriminativos

Estos métodos se utilizan para determinar si existen diferencias perceptibles entre dos o más productos. Son útiles en el control de calidad y en la detección de cambios en formulaciones o procesos.

- **Prueba de diferencia simple:**

- Se presentan dos muestras (A y B) y se pregunta si hay una diferencia entre ellas.
- Es útil para detectar cambios pequeños en productos, como variaciones en ingredientes o procesos (Lawless & Heymann, 2010).

- **Prueba triangular:**

- Se presentan tres muestras, dos iguales y una diferente. El juez debe identificar la muestra diferente.
- Es ampliamente utilizado en la industria para evaluar la eficacia de cambios en formulaciones o procesos (Meilgaard, Civille, & Carr, 2016).

- **Prueba dúo-trío:**

- Se presenta una muestra de referencia y dos muestras adicionales, una igual a la referencia y otra diferente. El juez debe identificar cuál es igual a la referencia.
- Es útil cuando las diferencias entre muestras son sutiles (Stone, Bleibaum, & Thomas, 2012).

b. Métodos descriptivos

Estos métodos permiten describir y cuantificar las características sensoriales de un producto. Son esenciales para obtener un perfil completo del producto.

- **Análisis de perfil sensorial:**
 - Un panel entrenado describe y cuantifica las características sensoriales (sabor, aroma, textura, etc.) utilizando escalas de intensidad.
 - Proporciona información detallada sobre las propiedades sensoriales de un producto, lo que es útil para comparar productos u optimizar formulaciones (Murray, Delahunty, & Baxter, 2001).

- **Análisis de espectro:**
 - Similar al perfil sensorial, pero con un enfoque más estandarizado en la intensidad de los atributos.
 - Es útil para comparar productos de manera objetiva y para entrenar paneles sensoriales (Meilgaard et al., 2016).

c. Métodos afectivos

Estos métodos evalúan la aceptación y preferencia de los consumidores. Son fundamentales en el desarrollo de nuevos productos, ya que miden la respuesta emocional y la satisfacción del consumidor.

- **Pruebas de aceptación:**
 - Los consumidores evalúan su grado de aceptación de un producto utilizando escalas hedónicas.
 - Es útil para medir la satisfacción del consumidor y predecir el éxito de un producto en el mercado (Lawless & Heymann, 2010).

- **Pruebas de preferencia:**
 - Los consumidores eligen entre dos o más productos según su preferencia.

- Es útil para comparar productos competidores o para evaluar cambios en formulaciones (Stone et al., 2012).

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

En el presente capítulo se describe los puntos y pasos que se deben seguir y tomar en cuenta para la realización del presente Proyecto, la parte experimental de la investigación: **“Elaboración de un sucedáneo de café a partir de higo pasa (ficus carica)”** se realizó en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) de Ingeniería Química.

2.1.Descripción y análisis

Para realizar la investigación se usó higo deshidratado (ficus carica), específicamente de la variedad “higo negro” esta variedad es ampliamente cultivada en la región de la ciudad de La Paz de la comunidad de Saphaqui perteneciente a la provincia Loayza debido a las condiciones climáticas favorables

El higo deshidratado se adquirió directamente de productores locales de Saphaqui, provincia Loayza, en La Paz, Bolivia, seleccionado por su calidad. Los higos, cosechados en su punto óptimo de madurez, se deshidrataron mediante exposición al sol y secado controlado, ideal para su conservación y tostado. La adquisición, realizada mediante un acuerdo directo con los productores, garantizó trazabilidad y buenas prácticas agrícolas.

2.1.1. Recolección de la materia prima

La materia prima se recolectó en la comunidad de Saphaqui, adquiriendo las mejores muestras de higos cosechados y deshidratados por los productores locales. Se seleccionaron exclusivamente aquellas con características óptimas: consistencia uniforme, aspecto intacto (sin daños ni imperfecciones) y un grado de deshidratación similar al de las pasas, con un tamaño entre 3 y 4,5 cm, lo que garantiza una calidad superior y adecuada para su uso en el proceso de elaboración.



Figura II-1. Recolección de la materia prima .

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.1.2. Acondicionamiento de la materia prima

Para el acondicionamiento del higo pasa, se procedió primeramente a seleccionar la materia prima en buen estado, es decir, higos con un tamaño uniforme (entre 3 y 4.5 cm), textura firme, color homogéneo (sin manchas oscuras o decoloraciones) y libres de daños físicos (grietas, cortes o signos de deterioro). Posteriormente, se cepillaron para eliminar suciedad u otras impurezas visibles. Luego, se realizó un lavado y desinfectado con agua y lavandina para asegurar una desinfección completa. Los higos se esparcieron en una charola y se llevaron a la estufa para secarlos y evaporar cualquier residuo de lavandina. Finalmente, se almacenaron en un bowl con tapa para evitar la contaminación de la materia prima. Para el acondicionamiento del higo pasa, se procede primeramente a escoger la materia prima en buen estado, posteriormente se cepilla para eliminar suciedad u otras impurezas que puedan tener a simple vista, posteriormente se realiza un lavado y desinfectado con agua y lavandina para desinfectar completamente, esto se realiza para una desinfección segura, estos mismos se esparcen en una charola para llevar a la estufa y secarlos, además de evaporar la lavandina que quede y para finalizar almacenar en un bowl con tapa para evitar la contaminación de la materia prima.



Figura II-2. Acondicionamiento de la materia prima .

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.2. Metodología utilizada para llegar al resultado esperado en la investigación

La metodología de este proyecto consiste en un estudio experimental que está basado al proceso que se usa en la producción de un café convencional modificando procesos para observar comportamientos de la materia prima los cuales serán aprovechados en el rendimiento del producto deseado

El sustituto de café se obtendrá a partir de la secado, molienda y tostado adecuada a las condiciones de laboratorio del fruto deshidratado del higo ficus carica, la cual existe en gran variedad en nuestro país y departamento en base a esta información podemos desglosar lo que es la elaboración más detallada del sustituto de café el cual debe realizarse para conseguir una buena producción aprovechar el máximo rendimiento posible, sino también buscar un producto que sea de calidad

2.3. Diseño Experimental

El diseño experimental se estableció para evaluar el efecto de las variables independientes (temperatura y tiempo de tostado) sobre la variable respuesta (calidad sensorial y fisicoquímica del sucedáneo de café de higo deshidratado). Se eligió un diseño factorial 3^2 , que permite estudiar la interacción entre dos factores, cada uno con tres niveles, de manera eficiente y con un número manejable de experimentos.

2.3.1. Planteamiento de la hipótesis

En el desarrollo de la investigación, se formuló la siguiente hipótesis como base del diseño experimental:

- Hipótesis 1: Existe una diferencia significativa en las propiedades del sucedáneo de café cuando se varía la temperatura de tostado del higo deshidratado.
- Hipótesis 2: Existe una diferencia significativa en las propiedades del sucedáneo de café cuando se varía el tiempo de tostado del higo deshidratado.

Para evaluar estas hipótesis, se implementó un diseño factorial 3^2 , el cual permite estudiar el efecto de dos variables independientes, cada una con tres niveles, sobre una variable respuesta. Este diseño es adecuado porque:

- Permite analizar no solo el efecto individual de cada variable, sino también su interacción.
- Optimiza el número de experimentos, realizando 9 combinaciones en total.

VARIABLES DEL DISEÑO FACTORIAL 3^2

Variable independiente T: Temperatura de tostado ($^{\circ}\text{C}$), con tres niveles:

- 120°C : Temperatura baja para un tostado suave.
- 150°C : Temperatura media para un tostado equilibrado.

- 180°C: Temperatura alta para un tostado intenso.

Variable independiente t: Tiempo de tostado (min), con tres niveles:

- 40 minutos: Tiempo corto para un tostado ligero.
- 80 minutos: Tiempo medio para un tostado moderado.
- 120 minutos: Tiempo largo para un tostado prolongado.

Variable respuesta R: Calidad del tostado, evaluada mediante parámetros sensoriales (color, aroma, sabor y textura) y fisicoquímicos (humedad, actividad de agua, pH).

2.3.2. Determinación de la temperatura de tostado

La temperatura de tostado se determinó mediante pruebas preliminares realizadas en el laboratorio, donde se evaluaron los efectos de diferentes temperaturas sobre el color, aroma y textura del higo deshidratado. Estas pruebas permitieron establecer un rango de temperaturas entre 120°C y 180°C, considerando que:

- Temperaturas inferiores a 120°C no generan suficientes compuestos aromáticos.
- Temperaturas superiores a 180°C pueden causar quemaduras y degradación excesiva de nutrientes.

Además, se seleccionó una temperatura intermedia de 150°C como punto de referencia para evaluar el efecto de un tostado equilibrado.

2.3.3. Determinación del tiempo de tostado

El tiempo de tostado se estableció en función de pruebas preliminares realizadas en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU). Durante estas pruebas, se analizaron los cambios en el aroma, color y textura del higo deshidratado, así como las variaciones de temperatura durante el proceso.

Se definieron tres niveles de tiempo:

- 40 minutos: Para evaluar un tostado ligero.
- 80 minutos: Para evaluar un tostado moderado.
- 120 minutos: Para evaluar un tostado prolongado.

Estos tiempos permiten cubrir un rango amplio de condiciones, desde un tostado suave hasta uno intenso, lo que facilita la identificación de las condiciones óptimas.

En la tabla II-1 muestra las variables seleccionadas para el proceso de tostado

Tabla II-1 factores a consideración

Niveles	Factores	
	Temperatura (T)	Tiempo(t)
-1	120°C	40 min
0	150°C	80 min
1	180°C	120 min

Fuente: Elaboración propia, 2024.

El número de experimentos realizados es:

$$N_{\text{exp}} = N^{\circ} \text{ de niveles}^{\text{numero de factores}} * \text{repeticiones}$$

$$N_{\text{exp}} = 3^2 * 2$$

$$N_{\text{exp}} = 18$$

Tabla II-2 representa la matriz de diseño de variables empleada para el presente trabajo de investigación

Tabla II-2 Matriz de diseño factorial de 2 factores y 3 niveles

N° de ensayos	factores		Respuesta I	Respuesta II
	T _{ij}	t _{ij}	Calidad de tostado	Calidad de tostado
1	-1,00	-1,00	T ₁₁ T ₁₁	T ₁₂ t ₁₂
2	-1,00	0,00	T ₂₁ T ₁₁	T ₂₂ t ₁₂
3	-1,00	1,00	T ₃₁ T ₁₁	T ₃₂ t ₁₂
4	0,00	-1,00	T ₁₁ T ₂₁	T ₁₂ t ₂₂
5	0,00	0,00	T ₂₁ T ₂₁	T ₂₂ t ₂₂
6	0,00	1,00	T ₃₁ T ₂₁	T ₃₂ t ₂₂
7	1,00	-1,00	T ₁₁ T ₃₁	T ₁₂ t ₃₂
8	1,00	0,00	T ₂₁ T ₃₁	T ₂₂ t ₃₂
9	1,00	1,00	T ₃₁ T ₃₁	T ₃₂ t ₃₂

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Donde

i= nivel

j= repetición

T= temperatura de tostado (°C)

t= tiempo de tostado (min)

Hipótesis experimental

$H_1: T_{11} \neq T_{21} \neq T_{31} \neq T_{12} \neq T_{22} \neq T_{32}$

$H_1: t_{11} \neq t_{21} \neq t_{31} \neq t_{12} \neq t_{22} \neq t_{32}$

$H_1: T_{11} t_{11} \neq T_{21} t_{11} \neq T_{31} t_{11} \neq T_{11} t_{21} \neq T_{21} t_{21} \neq T_{31} t_{21} \neq T_{11} t_{31} \neq T_{21} t_{31} \neq T_{31} t_{31}$

Hipótesis: La temperatura y el tiempo empleados para el tostado del higo deshidratado influyen positivamente en la calidad de tostado, para obtener el sucedánea de café a partir de higo

2.3.4. Conceptualización de las variables de tostado

- **Temperatura (T):** se trabajó con las temperaturas de 120°C, 150°C y 180°C a estas temperaturas se produce el pardeamiento del higo deshidratado
- **Tiempo (t):** El tiempo utilizado en el tostado del higo deshidratado es de 40 minutos, 80 minutos y 120 minutos, el cual está en función al nivel de tostado que presenta el higo deshidratado
- **Calidad de tostado (variable respuesta):** Para determinar la calidad de tostado se realiza un análisis sensorial del tostado que se tornaba el higo deshidratado según las pruebas que se realizan

2.3.5. Selección de los equipos del proceso experimental

A continuación se describen los equipos instrumentos y materiales de laboratorio que se usaron en la obtención del café de higo

2.3.5.1. Equipos

Los equipos utilizados en el presente proyecto se muestran en la tabla II-3 y Tabla II-4

Tabla II-3 Características de la estufa.

ESTUFA DE SECADO	
Modelo	Conterm 2000201
Marca	J.P Selecta S.A.
Rango de Temperatura	40-250 °C
Potencia	2000 w
Voltaje	230 v
Frecuencia	50/60 Hz



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla II-4 Características de la balanza.

Balanza eléctrica	
Marca	KERN
Tipo	ABC 220-4
Capacidad	220 gramos

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.3.5.2. Materiales de laboratorio y utensilios de cocina

En las tablas II-5, II-6 y II-7 muestran las características de los materiales de laboratorio, los utensilios de cocina y otros materiales utilizados en el proceso de obtención del sucedáneo de café a partir de higo deshidratado

Tabla II-5 Características de los materiales de laboratorio.

Materiales de laboratorio	Capacidad	Tipo de material
Termómetro	0-200 °C	Bulbo de mercurio
Probeta	100cm ³	Material de vidrio

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla II-6 Utensilios de cocina.

Utensilios de cocina	Capacidad	Tipo de material
Cuchillo	Mediano	Acero inoxidable
Charola	Mediano	Acero inoxidable
Fuentes	Mediano	Plástico
Cuchara	Mediana	Plástico
Tabla para picar	Pequeño	Madera

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla II-7 Otros.

Otros	Capacidad	Tipo de material
Bolsas de polipropileno	½ kilo	Polipropileno
Cafetera	1 litro	Plástico
Caldera eléctrica	1500cm ³	Plástico

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.4. Descripción del procedimiento y técnicas empleados para la obtención de resultados

En la siguiente figura se muestra un diagrama de bloques que se usó en la parte experimental para la obtención del sucedáneo de café

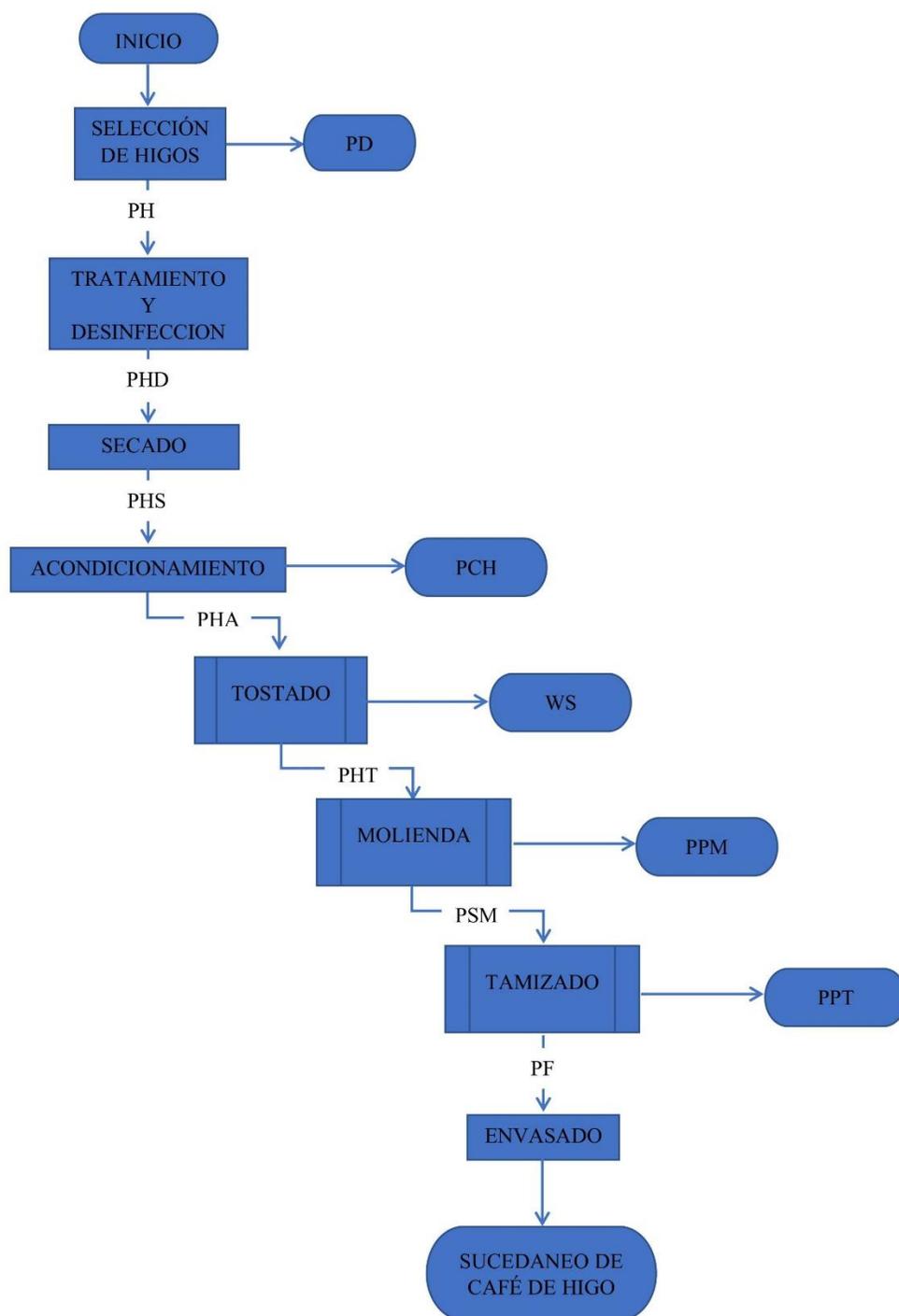


Diagrama II-1 Diagrama del Proceso de Obtención de sucedáneo de café.

Fuente: Elaboración propia

Donde:

PH: PESO DE HIGOS SELECCIONADOS

PD: PESO DESPERDICIO (HIGOS EN MAL ESTADO)

PHD: PESO DE HIGOS TRATADOS Y DESINFECTADOS

PHS: PESO DE HIGOS SECOS

PHA: PESO HIGOS ACONDICIONADOS

PCH: PESO DE COLITAS DE HIGO

WS: pérdida de agua en el higo

PHT: PESO DE HIGOS TOSTADOS

PPM: PÉRDIDA DE PESO EN LA MOLIENDA

PSM: PESO SUCEDÁNEO DE CAFÉ MOLIDO

PPT: PÉRDIDA DE PESO EN EL TAMIZADO

PF: PRODUCTO FINAL

2.4.1. Recepción

La recepción de la materia prima que se muestra en el diagrama, la misma se recepción de la comunidad Saphaqui de la provincia José Ramón Loayza del departamento de La Paz.

En la compra de la materia prima, se buscaron las mejores muestras de los higos cosechados y deshidratados por la gente originaria del lugar tomando en cuenta su consistencia, aspecto y el tamaño que debe ser de 3 a 4,5cm para así facilitar la limpieza y cortado posteriormente

Los higos deshidratados comprados se llevaron en bolsas negras de nylon al Laboratorio de Operaciones Unitarias de Ingeniería Química (LOU) para realizar la obtención del sucedáneo de café



Figura II-3. Recepción de la materia prima .

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.4.2. Selección

En la etapa de selección de la materia prima se vació la materia prima de las bolsas negras y posteriormente se realizó una rigurosa selección esto para eliminar las posibles inconvenientes en la elaboración del sucedáneo de café, por higos en mal estado, tamaños grandes o muy pequeños que puedan a llegar a afectar el proceso.

Para garantizar la calidad de los higos pasa (*Ficus carica*) utilizados en la elaboración del sucedáneo de café, se implementaron los siguientes criterios y procesos de selección:

a) **Apariencia Visual:**

- Se seleccionaron higos pasa con color uniforme (tono marrón oscuro característico).
- Se descartaron aquellos con manchas blancas, signos de moho o daños físicos evidentes.

b) **Textura:**

- Se eligieron higos con consistencia blanda pero no excesivamente pegajosos, lo que indica un nivel adecuado de deshidratación.

c) **Tamaño:**

- Se priorizaron frutos de tamaño mediano (aproximadamente 3–4 cm de diámetro) para asegurar uniformidad en el proceso de tostado.



Figura II-4. Selección de la materia prima .

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.4.3. Tratamiento y desinfección

Posteriormente de la selección de la materia prima, se realizó un tratamiento a la misma, la cual consiste en limpiar con un cepillo de plástico para eliminar impurezas así como también polvo que puede que este adherido a la cascara del higo, luego de una limpieza manual se introduce la materia prima a un recipiente de plástico con agua potable para eliminar la superficie todo tipo de suciedad que pueda quedar en los higos, macroorganismos y residuos que puedan alterar el proceso final

Posterior al lavado inicial, se realizó una desinfección de la materia prima para garantizar la inocuidad del producto final. Para ello, se utilizó una solución desinfectante compuesta por 1 litro de agua y 3,5 mililitros de lavandina (hipoclorito de sodio al 5,25%), concentración recomendada para la desinfección segura de alimentos (FAO, 2021). Los higos se sumergieron completamente en esta solución para asegurar una desinfección uniforme. Sin embargo, el tiempo de contacto se controló cuidadosamente para evitar que los higos deshidratados adsorban agua en exceso, lo que podría alterar su textura, humedad residual y propiedades sensoriales. Este proceso garantiza la eliminación de microorganismos sin comprometer la calidad del producto.



Figura II-5. Lavado con lavandina.

Fuente: Elaboración propia, 2024.



Figura II-6. Desinfección de la materia prima

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.4.4. Secado

Para el acondicionamiento de la materia prima posterior el tratamiento y desinfección se realiza un secado en la estufa de secado a 45°C de temperatura durante 12 horas, ya que el secado debe ser suave para eliminar y evaporar residuos aromáticos de lavandina que puedan quedar, así como también secar residuos de agua que queden, el secado se realizó durante 12 horas



Figura II-7. Secado de la materia prima .

Fuente: Elaboración propia, 2024.



Figura II-8. Higo a la salida del secado

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.4.5. Acondicionamiento

Terminado el secado la materia prima se realizó cortes de las colitas (pedúnculos) que tenían el higo para evitar posibles complicaciones en el proceso.

Corte de pedúnculos y preparación de la materia prima, Una vez finalizado el secado, se procedió a retirar los pedúnculos (tallos) de los higos para evitar complicaciones durante el procesamiento. Este paso es crucial, ya que los pedúnculos pueden afectar la uniformidad del tostado y la calidad final del producto.

Pesado y corte de los higos, posteriormente, los higos sin pedúnculo se pesaron en una balanza gramera para obtener una muestra de aproximadamente 200 gramos de materia prima. Luego, se realizaron cortes de 1 cm en los higos, asegurando que todos los fragmentos fueran uniformes. Esta uniformidad es esencial para garantizar un tostado homogéneo y consistente en todas las muestras.

Pesado previo y balance de masa, se llevó a cabo un pesado previo de cada fruto para determinar su masa individual y realizar un balance de materia prima. Este registro permite monitorear las pérdidas o cambios de masa durante el proceso y asegurar la trazabilidad del producto.

Acondicionamiento de utensilios: Finalmente, se realizó el acondicionamiento de los utensilios empleados (cuchillo, tabla de cortar, charola y envases de plástico). Estos se lavaron y secaron minuciosamente para garantizar condiciones inocuas y evitar la contaminación cruzada durante el procesamiento.



Figura II- 9. Pesado de la materia prima secada .

Fuente: Elaboración propia, 2024.



Figura II-10. Acondicionamiento de la materia prima .

Fuente: Elaboración propia, 2024.



Figura II-11. Residuos del acondicionamiento de la materia prima .

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.4.6. Tostado

En la etapa de tostado, se realizaron pruebas experimentales para determinar las condiciones óptimas de temperatura y tiempo. Para ello, se utilizó una estufa equipada con un termostato para controlar la temperatura, complementado con un termómetro de mercurio para mayor precisión en las mediciones. Este enfoque permitió monitorear y ajustar la temperatura de manera rigurosa durante todo el proceso.

Los trozos de higo picados, previamente pesados, se distribuyeron de manera uniforme sobre una charola de aluminio para garantizar una exposición homogénea al calor. Se evaluaron tres tiempos de tostado: 40, 80 y 120 minutos, combinados con tres temperaturas: 120°C, 150°C y 180°C. Durante el proceso, los trozos se removieron cada 15 minutos para evitar quemaduras y asegurar un tostado uniforme. Al finalizar cada prueba, se registró el peso final de los higos tostados para determinar la pérdida de masa.

Al término del tostado, se observó que los higos adquirieron un color oscuro, similar al del café tostado, aunque con poca variación tonal entre las muestras. Cada prueba se realizó de manera minuciosa, respetando los tiempos y temperaturas establecidos en el diseño experimental, y removiendo constantemente los trozos para evitar puntos de sobrecalentamiento.

Se registró la pérdida de peso de los higos deshidratados después de cada tostado, considerando que el producto no presentaba humedad excesiva. Para cada prueba, se utilizaron 200 gramos de higo deshidratado como muestra inicial. Una vez finalizado el tostado, los trozos se colocaron rápidamente en bolsas de plástico con cierre hermético para evitar la absorción de humedad del ambiente, lo que podría alterar las propiedades del producto final.



Figura II-12. Higos cortados antes del tostado.

Fuente: Elaboración propia, 2024.



Figura II-13. Higos cortados después del tostado.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.4.7. Molienda

La molienda se llevó a cabo utilizando un molino manual, diseñado para triturar los trozos de higo tostado hasta obtener un producto pulverizado. El proceso consistió en añadir los trozos de higo de manera gradual entre los discos del molino, los cuales están dispuestos para triturar el material mediante la aplicación de fuerza mecánica.

El mecanismo del molino funciona mediante un sistema de barrena accionado por una palanca manual. Al aplicar fuerza sobre la palanca, se genera un movimiento giratorio que hace rotar los discos, triturando los trozos de higo y facilitando su pulverización. Este método permite un control preciso sobre el grado de molienda, asegurando que el producto final tenga una textura uniforme y fina.



Figura II-14. Sucedáneo de café a partir de higo.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.4.8. Tamizado

El tamizado del sucedáneo de café de higo deshidratado se llevó a cabo en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Carrera de Ingeniería Química. Este proceso se realizó con el objetivo de garantizar una uniformidad en el tamaño de partícula del producto final, lo cual es esencial para optimizar su extracción y preparación. Para ello, se utilizó un tamiz N.º 0,25, cuya granulometría (tamaño de partícula) es de 0,25 mm, considerado el más adecuado para este tipo de aplicaciones.

La elección de este tamiz se basó en su capacidad para retener partículas de mayor tamaño, permitiendo el paso de aquellas que cumplen con las especificaciones deseadas. Esto asegura que el sucedáneo de café tenga una textura fina y homogénea, ideal para su uso en una prensa francesa, donde una granulometría uniforme es crucial para lograr una extracción equilibrada de sabores y aromas.

Además, el proceso de tamizado permitió eliminar impurezas y partículas no deseadas, lo que contribuye a mejorar la calidad sensorial y la inocuidad del producto final. Una vez tamizado, el sucedáneo de café se almacenó en condiciones controladas para evitar la absorción de humedad y mantener sus propiedades hasta su uso.



Figura II-15. Sucedáneo en el tamizador.

Fuente: Elaboración propia, 2024.



Figura II-16. Platos del tamiz.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.4.9. Envasado

El envasado del sucedáneo de café de higo deshidratado es una etapa crítica para garantizar su conservación y mantener sus propiedades organolépticas (aroma, color, sabor y textura) durante el almacenamiento. Para seleccionar el envase adecuado, se consideraron los siguientes criterios técnicos:

- **Compatibilidad con el producto:** El envase debe ser inerte, es decir, no debe transferir aromas, sabores ni olores extraños al sucedáneo de café. Esto asegura que las características sensoriales del producto no se vean alteradas.
- **Protección contra factores externos:** El envase debe proteger el producto de factores que puedan alterar su calidad, como la humedad, la luz y el oxígeno, los cuales pueden afectar negativamente el sabor, olor y textura del sucedáneo.
- **Material adecuado:** Se seleccionaron bolsas de polipropileno debido a sus propiedades barrera, que las hacen ideales para el almacenamiento de alimentos. Este material es resistente, flexible y ofrece una protección hermética, lo que ayuda a mantener las condiciones óptimas del producto.

El sucedáneo de café se envasó en bolsas de polipropileno con cierre hermético, asegurando un sellado adecuado para evitar la entrada de aire, humedad y otros contaminantes. Este tipo de envasado no solo preserva las propiedades organolépticas del producto (aroma, color y sabor), sino que también prolonga su vida útil al mantenerlo en condiciones estables durante el almacenamiento.



Figura II-17. *Sucedáneo de café envasado.*

Fuente: *Elaboración propia, 2024.*

2.4.10. Control de calidad

En esta etapa se realizó análisis del producto como ser:

- Elaboración de la bebida del sucedáneo de café
- Análisis sensorial
- Análisis fisicoquímico

2.4.10.1. Elaboración de la bebida del sucedáneo de café

La elaboración de la bebida a partir del sucedáneo de café de higo deshidratado implica una serie de pasos previos, que incluyen el tostado, molienda y tamizado del higo deshidratado, tal como se describe en el diagrama de flujo del proceso. Una vez obtenido el sucedáneo en su forma final, se procedió a la preparación de la bebida utilizando una prensa francesa, un método ampliamente reconocido por su eficacia en la extracción de sabores y aromas.

Proceso de preparación:

- **Dosificación:** Se utilizaron 10 gramos del sucedáneo de café de higo deshidratado por cada 360 ml de agua hervida a una temperatura de 97°C. Esta proporción asegura una concentración óptima de sabor y aroma en la bebida final.
- **Extracción por lixiviación:** El sucedáneo se colocó en la prensa francesa, y se vertió el agua caliente sobre él. El proceso de extracción por lixiviación se llevó a cabo durante 5 minutos, tiempo durante el cual el agua caliente extrajo los compuestos solubles responsables del sabor, aroma y color del sucedáneo.
- **Separación de fases:** Transcurridos los 5 minutos, se bajó el filtro de la prensa francesa para separar la molienda del líquido extraído. Este paso es crucial para obtener una bebida limpia, libre de partículas sólidas y con una textura agradable.

2.4.10.2. *Análisis sensorial*

El análisis sensorial es una herramienta fundamental para evaluar las propiedades organolépticas (olor, color, sabor y textura) de un producto alimenticio mediante el uso de los sentidos. Este método permite obtener resultados cuantificables, lo que lo convierte en una técnica esencial para el control de calidad y la mejora continua del producto.

Método de evaluación: Prueba hedónica

En este proyecto, se utilizó la prueba hedónica, un método ampliamente reconocido en la industria de alimentos para determinar la aceptabilidad y preferencia de los consumidores. Esta prueba consiste en evaluar dos o más productos mediante una escala de 9 puntos, donde:

1: Me disgusta extremadamente

2: Me disgusta mucho

3: Me disgusta moderadamente

4: Me disgusta levemente

5: Ni me gusta ni me disgusta

6: Me gusta levemente

7: Me gusta moderadamente

8: Me gusta mucho

9: Me gusta extremadamente

Preparación y evaluación de muestras

Se prepararon 7 muestras del sucedáneo de café de higo deshidratado, las cuales fueron evaluadas por 17 jueces, conformados por docentes y estudiantes de la Carrera de Ingeniería Química de la U.A.J.M.S. Cada juez evaluó las muestras en función de los siguientes parámetros sensoriales: olor, color, sabor y textura.

Análisis de datos

Los datos obtenidos se analizaron mediante:

Métodos visuales: Para identificar tendencias y patrones en las respuestas.

Métodos univariantes: Para evaluar la influencia de una variable a la vez (por ejemplo, el sabor).

Métodos multivariantes: Para analizar la interacción entre múltiples variables (por ejemplo, sabor y textura).

Estos métodos permitieron determinar las diferencias significativas entre las muestras y establecer cuál de ellas presentaba las mejores características sensoriales.

2.4.10.3. Análisis fisicoquímico y microbiológico

Una vez concluido el análisis sensorial, se seleccionó la muestra mejor calificada y, por ende, la más aceptada entre las 9 muestras obtenidas. Esta muestra fue enviada al Laboratorio del CEANID (Centro de Análisis e Investigación) para realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos correspondientes. Estos análisis son esenciales para garantizar la calidad, inocuidad y cumplimiento de normativas del sucedáneo de café de higo deshidratado.

Análisis fisicoquímicos:

- Determinar parámetros como humedad, cenizas, pH, acidez, contenido de azúcares y actividad de agua, entre otros.

- Evaluar la composición nutricional y la estabilidad del producto durante su almacenamiento.

Análisis microbiológicos:

- Verificar la ausencia de microorganismos patógenos

Importancia de los análisis

Los resultados de estos análisis permiten:

- Validar la calidad del producto desde un punto de vista científico.
- Garantizar la seguridad alimentaria para los consumidores.
- Cumplir con los requisitos legales y normativas aplicables a productos alimenticios.



Figura II-18. Análisis sensorial.

Fuente: Elaboración propia, 2024.



Figura II-19. Baño maría del análisis sensorial.

Fuente: Elaboración propia, 2024.



Figura II-20. Estudiante realizando el análisis sensorial.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.5. Análisis del producto obtenido

A continuación, se muestra los análisis y como se caracterizó la materia prima

2.5.1. Determinación de las propiedades fisicoquímicas de la materia prima y del resultado

Las propiedades fisicoquímicas de la materia prima (higo deshidratado) y del producto final (sucedáneo de café de higo deshidratado) se determinaron mediante análisis especializados. Los resultados de estos análisis se presentan en la Tabla II-8 para el higo deshidratado y en la Tabla II-9 para el sucedáneo de café. Estos estudios fueron realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (U.A.J.M.S.).

Tabla II-8 Propiedades fisicoquímicas del higo deshidratado

Parámetro	Método del ensayo	Unidad	Resultado
Ceniza	017:06	%	2,38
Grasa	NB 313019:06	%	0,59
Hidratos de carbono	NB 312031:10	%	77,89
Humedad	NB 39028:09	%	13,94
Proteína total(Nx6.25)	NB/ISO 8968-1:08	%	5,2
Valor energético	NB 32014:04	kcal/100 g	337,67

Fuente: CEANID, 2023.

Tabla II-9 Propiedades fisicoquímicas del sucedáneo de café de higo deshidratado

Parámetro	Método del ensayo	Unidad	Resultado
Ceniza	NB 2312:98	g/100g	3,60
Grasa	NB 313019:06	g/100g	1,28
Hidratos de carbono	NB 312031:10	g/100g	82,10
Humedad	NB 39028:09	g/100g	7,43
Proteína total(Nx6.25)	NB/ISO 8968-1:08	g/100g	5,59
Fibra	Digestión Acida	g/100g	8,28
Calcio	Absorción atómica	mg/100g	190,9
Hierro	Absorción atómica	mg/100g	12,6
Valor energético	NB 32014:04	kcal/100 g	362

2.6. Diagrama de flujo del proceso de obtención del sucedáneo de café a partir de higo

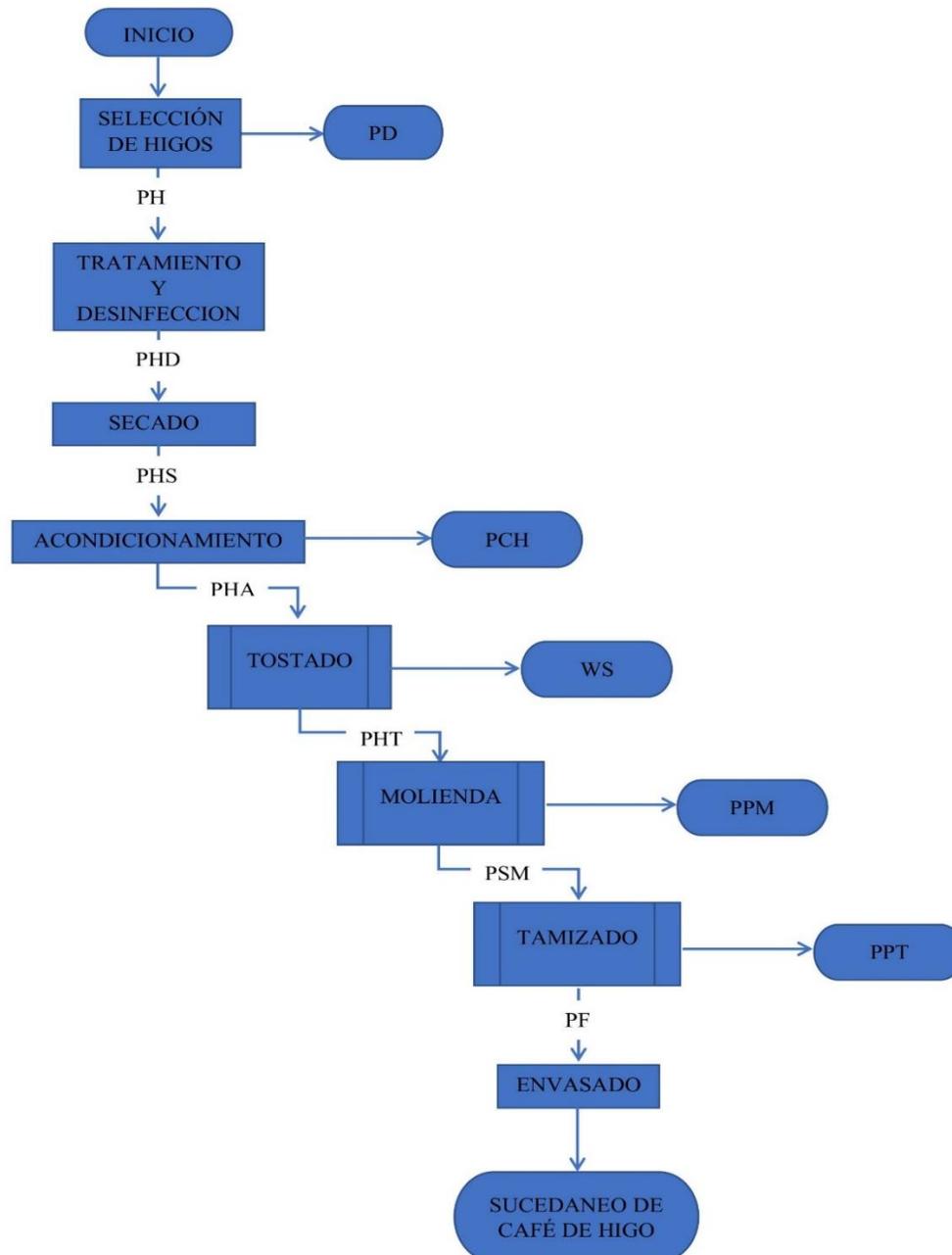


Diagrama II-2 Diagrama del Proceso de Obtención de sucedáneo de café

Fuente: Elaboración propia

Donde:

PH: PESO DE HIGOS SELECCIONADOS

PD: PESO DESPERDICIO (HIGOS EN MAL ESTADO)

PHD: PESO DE HIGOS TRATADOS Y DESINFECTADOS

PHS: PESO DE HIGOS SECOS

PHA: PESO HIGOS ACONDICIONADOS

PCH: PESO DE COLITAS DE HIGO

ws: pérdida de agua en el higo

PHT: PESO DE HIGOS TOSTADOS

PPM: PÉRDIDA DE PESO EN LA MOLIENDA

PSM: PESO SUCEDÁNEO DE CAFÉ MOLIDO

PPT: PÉRDIDA DE PESO EN EL TAMIZADO

PF: PRODUCTO FINAL

2.7. Balance de materia

En las etapas de recolección, tratamiento inicial y secado del higo deshidratado, no se registraron pérdidas significativas de masa ni de energía, ya que estos procesos no implican una transformación química o física que altere la composición del material. Sin embargo, en las etapas posteriores, como el tostado, la molienda y el tamizado, sí se producen cambios que afectan la masa y la energía del sistema. Por esta razón, se realizó un balance de materia y energía para estas etapas, con el objetivo de cuantificar las pérdidas y optimizar el proceso.

2.7.1. Balance de materia en la selección del higo deshidratado

En el Diagrama II-3 se muestra el diagrama de flujo para el balance de materia en la selección de los higos deshidratados, la masa inicial que se usa para la selección de higo deshidratado.

Figura IV-2 balance de selección de higo deshidratado



Diagrama II-3 balance de selección de higo deshidratado.

Fuente: Elaboración propia

Donde

MI: MASA INICIAL

$$MI = 2000 \text{ g}$$

$$PD = 196 \text{ g}$$

Balance global de materia en la selección del higo deshidratado

$$MI = PD + PH \text{(Ecuación IV-2)}$$

$$PH = MI - PD$$

$$PH = 2000 \text{ g} - 196 \text{ g}$$

$$PH = 1804 \text{ gramos}$$

2.7.2. Balance de materia en el acondicionamiento de higo deshidratado

En el Diagrama II-4 se muestra el diagrama de flujo para el balance de materia en el acondicionamiento, después de los procesos de tratamiento y secado se usa 200 gramos aproximadamente de higo deshidratado para cada muestra

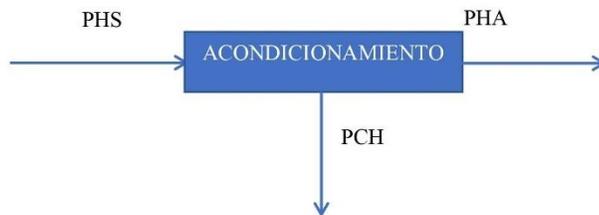


Diagrama II-4 balance en el acondicionamiento de higo deshidratado.

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo muestra 1

Datos:

$$PHS = 200,4g$$

$$PCH = 5,3g$$

Balance global de materia en el acondicionamiento del higo deshidratado

$$PSH = PCH + PHA \dots\dots\dots(Ecuación IV-2)$$

$$PHA = PHS - PCH$$

$$PHA = 200,4g - 5,3g$$

$$PHA = 195,1 \text{ gramos}$$

Tabla II-10 Balance de materia en el acondicionamiento de higo deshidratado

Muestras	PHS (g)	PCH (g)	PHA (g)
M-1	200,40	5,30	195,10
M-2	201,10	3,60	197,50
M-3	200,30	3,20	197,10
M-4	200,60	3,50	197,10
M-5	200,70	5,10	195,60
M-6	200,60	5,80	194,80
M-7	200,40	2,80	197,60
M-8	200,30	3,30	197,00
M-9	200,40	4,10	196,30

Fuente: Elaboración propia

2.7.3. Balance de materia en el tostado del higo deshidratado

En la Figura II-5 se muestra el diagrama para el balance de materia del tostado del higo deshidratado.

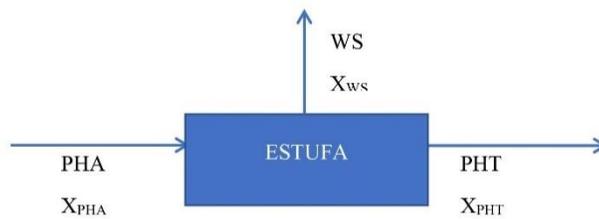


Diagrama II-5 Balance de materia en el tostado del higo deshidratado.

Fuente: Elaboración propia

Donde:

X_{PHA} : Humedad en base seca del higo en la entrada

X_{PHT} : Humedad en base seca del higo en la salida

$$PHA = 195,10 \text{ gramos}$$

$$X_{PHA} = 0,1072$$

$$WS = ?$$

$$X_{WS} = 1$$

$$PHT = 176,20$$

$$PHA = WS + PHT \dots\dots\dots(Ecuación IV-3)$$

$$PHA * X_{PHA} = WS * X_{WS} + PHT * X_{PHT} \dots\dots\dots(Ecuación IV-4)$$

Entonces:

$$195,10g * 0,1072 = WS + 176,20g * X_{PHT}$$

Despejando WS:

$$WS = (20,91 - 176,20g * X_{PHT}) \dots\dots\dots(Ecuación IV-5)$$

Remplazando en la ecuación IV-3

$$195,10 = 20,91 - 176,20g * X_{PHT} + 176,20g$$

Entonces:

$$-X_{PHT} = (195,10g - 197,11g) / 176,20g$$

$$X_{PHT} = 0,0115$$

Remplazando en la ecuación IV-5

$$WS = (20,91g - 176,20g * 0,0114)$$

$$WS = 18,90g$$

Tabla II-11 Balance de materia en el tostado de higo deshidratado

Muestras	PHA (g)	PHT (g)	XPHA	XPHT	WS
M-1	195,10	176,20	0,1073	0,0115	18,90
M-2	197,50	169,40	0,1659	0,0275	28,10
M-3	197,10	165,20	0,1931	0,0373	31,90
M-4	197,10	173,70	0,1347	0,0181	23,40
M-5	195,60	166,60	0,1741	0,0303	29,00
M-6	194,80	157,20	0,2392	0,0572	37,60
M-7	197,60	160,50	0,2312	0,0534	37,10
M-8	197,00	149,40	0,3186	0,1015	47,60
M-9	196,30	138,30	0,4194	0,1759	58,00

Fuente: Elaboración propia

2.7.4. Balance de materia en la molienda del higo deshidratado

En la Diagrama II-6, se observa el diagrama de flujo de balance de materia en la molienda del higo deshidratado después del tostado, para la molienda se utilizó los datos de la muestra 2 ya que la muestra 1 no pudo pasar la molienda

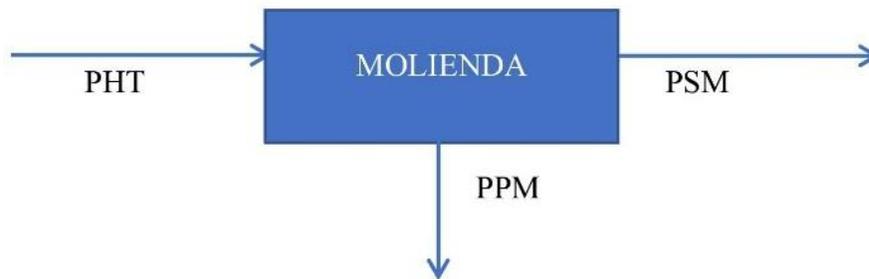


Diagrama II-6 Balance de materia en la molienda del higo deshidratado.

Fuente: Elaboración propia

Datos:

$$PHT = 169,40g$$

$$PPM = ?$$

$$PSM = 162,20g$$

$$PHT = PPM + PSM \dots\dots\dots(Ecuación IV-6)$$

Entonces:

$$169,40g = PPM + 162,20$$

$$PPM = 169,40g - 162,20g$$

$$PPM = 7,20 g$$

Tabla II-12 Balance de materia en la molienda de higo deshidratado

Muestras	PHT (g)	PSM (g)	PPM (g)
M-1	176,20	176,20	0,00
M-2	169,40	162,20	7,20
M-3	165,20	158,60	6,60
M-4	173,70	167,30	6,40
M-5	166,60	160,90	5,70
M-6	157,20	150,50	6,70
M-7	160,50	154,20	6,30
M-8	149,40	142,60	6,80
M-9	138,30	131,80	6,50

Fuente: Elaboración propia

2.7.5. Balance de materia en el tamizado del higo deshidratado tostado y molido

En la Diagrama II-6 se muestra el balance de materia para el proceso de tamizado

Datos:

$$PSM = 162,20g$$

$$PPT = ?$$

$$PF = 140,53g$$

$$PSM = PPT + PF \dots\dots\dots(Ecuación IV-7)$$

Entonces:

$$162,20g = PPT + 140,53g$$

$$PPT = 162,20g - 140,53g$$

$$PPT = 21,67g$$

Tabla II-13 Balance de materia en el tamizado del higo deshidratado tostado y molido

Muestras	PSM (g)	PF (g)	PPT (g)
M-1	176,20	176,20	0,00
M-2	162,20	140,53	21,67
M-3	158,60	137,51	21,09
M-4	167,30	145,08	22,22
M-5	160,90	139,58	21,32
M-6	150,50	130,41	20,09
M-7	154,20	133,66	20,54
M-8	142,60	123,63	18,97
M-9	131,80	114,30	17,50

Fuente: Elaboración propia

2.8. Balance de energía

2.8.1. Balance de energía en la etapa de secado

La etapa de secado se realizó en la estufa, esta misma tiene un factor de consumo de 0,5. el equipo de secado se usó por 12 horas a una temperatura de 45°C

Datos:

$$\text{Tiempo} = t = 12 \text{ horas}$$

$$\text{Temperatura} = T = 45^\circ\text{C}$$

$$\text{Factor} = f = 0,5$$

$$\text{Potencia del secador} = P_{\text{sec}} = 2 \text{ KW}$$

$$\text{Estufa} = P_{\text{sec}} * t * f \dots\dots\dots (\text{Ecuación IV-8})$$

$$\text{Estufa} = 2 \text{ KW} * 12 \text{ h} * 0,5$$

$$\text{Estufa} = 12 \text{ kWh}$$

$$\text{Estufa} = 12 \text{ kWh} * 3600 \frac{\text{KJ}}{\text{kWh}} = 43200 \text{ kJ}$$

2.8.2. Balance de energía en la etapa de tostado

Para realizar el balance de energía en el tostado en la estufa se colocó a distintas temperaturas y tiempos con los datos de un factor de consumo de 0.5 una potencia de la estufa de 12kW entonces por ejemplo para la muestra 1:

Datos:

$$\text{Tiempo} = t = 40 \text{ minutos} = 0,67 \text{ horas}$$

$$\text{Temperatura} = T = 120^\circ\text{C}$$

$$\text{Factor} = f = 0,5$$

$$\text{Potencia del secador} = P_{\text{sec}} = 2 \text{ KW}$$

$$\text{Estufa} = P_{\text{sec}} * t * f \dots\dots\dots(\text{Ecuación IV-8})$$

$$\text{Estufa} = 2 \text{ KW} * 0,67\text{h} * 0,5$$

$$\text{Estufa} = 0,67\text{kWh}$$

$$\text{Estufa} = 0,67\text{kWh} * 3600 \frac{\text{KJ}}{\text{kWh}} = 2412\text{kJ}$$

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA PARTE EXPERIMENTAL

En esta sección se muestran los resultados obtenidos de la parte experimental realizada en el capítulo II

3.1. Caracterización del higo deshidratado

Para la caracterización del higo deshidratado se muestra en la tabla III-1

Tabla III-1 Características físicas y Físicoquímicas del higo deshidratado

Estado del higo deshidratado	Características externas	Características internas	Observaciones
	Coloración epicarpio	Coloración de la pulpa	
Maduro	Negro	Marrón oscuro	Difícil de cortar en trozos pequeños
Propiedades fisicoquímicas del higo deshidratado			
Parámetro	Método del ensayo	Unidad	Resultado
Ceniza	017:06	%	2,38
Grasa	NB 313019:06	%	0,59
Hidratos de carbono	NB 312031:10	%	77,89
Humedad	NB 39028:09	%	13,94
Proteína total(Nx6.25)	NB/ISO 8968-1:08	%	5,2
Valor energético	NB 32014:04	kcal/100 g	337,67

Fuente: Elaboración propia

En la tabla III-1 se muestra que los higos deshidratados son complicados de cortar en trozos pequeños por la dureza que estos adquieren al deshidratarse

3.2. Características físicas del higo deshidratado en la parte experimental

Para las características del higo deshidratado utilizado en la parte experimental se realizó nueve muestras (M-1, M-2, M-3, M-4, M-5, M-6, M-7, M-8 Y M-9) cada muestra con un peso aproximado de 200 gramos detallado en la Tabla III-2

Tabla III-2 Características físicas del higo deshidratado en la parte experimental

Muestras	Peso Higo deshidratado (g)	Peso tallos de higo deshidratado (g)	Peso Higo deshidratado no usado (g)	Peso Higo deshidratado usado (g)	Porción no comestible (%)	Porción comestible (%)
M-1	200,40	5,30	5,30	195,10	2,64	97,36
M-2	201,10	3,60	3,60	197,50	1,79	98,21
M-3	200,30	3,20	3,20	197,10	1,60	98,40
M-4	200,60	3,50	3,50	197,10	1,74	98,26
M-5	200,70	5,10	5,10	195,60	2,54	97,46
M-6	200,60	5,80	5,80	194,80	2,89	97,11
M-7	200,40	2,80	2,80	197,60	1,40	98,60
M-8	200,30	3,30	3,30	197,00	1,65	98,35
M-9	200,40	4,10	4,10	196,30	2,05	97,95
\bar{x}	200,53	4,08	4,08	196,46	2,03	97,97

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla presentada arriba se muestra un promedio para las nueve muestras de 200,53 gramos de higo deshidratado utilizados en el cual se denota que hay una proporción no comestible de 2,03% y un 97,97% de porción comestible

3.3. Resultados de los ensayos del diseño factorial

Los niveles seleccionados de las variables son los siguientes:

A: Temperatura de tostado: $T_1=120^\circ\text{C}$; $T_2=150^\circ\text{C}$; $T_3=180^\circ\text{C}$

B: Tiempo de tostado: $t_1=40\text{min}$; $t_2=80\text{min}$; $t_3=120\text{min}$

La variable respuesta es la calidad de tostado del higo deshidratado

Tabla III-3 Resultados de ensayos del diseño factorial

N.º de ensayos	factores		Respuesta I Calidad de tostado	Respuesta II Calidad de tostado	Respuesta I Calidad de tostado	Respuesta II Calidad de tostado
	t_{ij}	T_{ij}				
1	-1	-1	$T_{11} t_{11}$	$T_{12} t_{12}$	120°C 40min	120°C 40min
2	0	-1	$T_{21} t_{11}$	$T_{22} t_{12}$	120°C 80min	120°C 80min
3	1	-1	$T_{31} t_{11}$	$T_{32} t_{12}$	120°C 120min	120°C 120min
4	-1	0	$T_{11} t_{21}$	$T_{12} t_{22}$	150°C 40min	150°C 40min
5	0	0	$T_{21} t_{21}$	$T_{22} t_{22}$	150°C 80min	150°C 80min
6	1	0	$T_{31} t_{21}$	$T_{32} t_{22}$	150°C 120min	150°C 120min
7	-1	1	$T_{11} t_{31}$	$T_{12} t_{32}$	180°C 40min	180°C 40min

8	0	1	T ₂₁ t ₃₁	T ₂₂ t ₃₂	180°C 80min	180°C 80min
9	1	1	T ₃₁ t ₃₁	T ₃₂ t ₃₂	180°C 120min	180°C 120min

Fuente: Elaboración propia

En la tabla III-3 se muestra como fue la combinación de los niveles de variación para el diseño factorial y como se trabajó para la variable respuesta y la repetición

Las muestras presentaron aromas a caramelo tostado, también presentaron un color ascendente característico marrón oscuro bajo a un color muy parecido al café

Durante el tostado del higo deshidratado se presentó diferentes cambios en cuanto la textura y color:

- Textura: durante la fase de tostado cambio la textura del higo deshidratado mostrando una nueva textura mucho más liviana libre de agua, mucho más rígida y fácilmente triturable facilitando la molienda
- Color: el cambio de color fue notable más en la parte interna del higo, la pulpa se tornó a un marrón más oscuro todo dependiendo del tiempo y temperatura de tostado

3.3.1. Contenido de humedad del higo deshidratado en base húmeda

Para el cálculo de la humedad que presenta el higo deshidratado se realiza con la siguiente ecuación

$$\text{humedad} = \frac{m_i - Ss}{m_i} * 100$$

m_i= masa inicial

Ss= Peso Solido seco

Ejemplo Muestra 1

$$\text{humedad} = \frac{195,10 - 176,20}{195,10} * 100$$

$$\text{humedad} = 9,69$$

Ejemplo Muestra 2

$$\text{humedad} = \frac{197,50 - 169,40}{197,50} * 100$$

$$\text{humedad} = 14,23$$

Ejemplo Muestra 3

$$\text{humedad} = \frac{197,10 - 165,20}{197,10} * 100$$

$$\text{humedad} = 16,18$$

Ejemplo Muestra 4

$$\text{humedad} = \frac{197,10 - 173,70}{197,10} * 100$$

$$\text{humedad} = 11,87$$

Ejemplo Muestra 5

$$\text{humedad} = \frac{195,60 - 166,60}{195,60} * 100$$

$$\text{humedad} = 14,83$$

Ejemplo Muestra 6

$$\text{humedad} = \frac{194,80 - 157,20}{194,80} * 100$$

$$\text{humedad} = 19,30$$

Ejemplo Muestra 7

$$\text{humedad} = \frac{197 - 160,50}{197} * 100$$

$$\text{humedad} = 18,52$$

Ejemplo Muestra 8

$$\text{humedad} = \frac{196,30 - 149,40}{196,30} * 100$$

$$\text{humedad} = 23,89$$

Ejemplo Muestra 9

$$\text{humedad} = \frac{196,40 - 138,30}{196,40} * 100$$

$$\text{humedad} = 29,58$$

3.3.2. Contenido de humedad del higo deshidratado en base seca

Para el cálculo de la humedad que presenta el higo deshidratado se realiza con la siguiente ecuación

$$\text{humedad} = \frac{m_i - S_s}{S_s} * 100$$

m_i = masa inicial

S_s = Peso Solido seco

Ejemplo Muestra 1

$$\text{humedad} = \frac{195,10 - 176,20}{176,20} * 100$$

$$\text{humedad} = 10,72$$

Ejemplo Muestra 2

$$\text{humedad} = \frac{197,50 - 169,40}{169,40} * 100$$

$$\text{humedad} = 16,59$$

Ejemplo Muestra 3

$$\text{humedad} = \frac{197,10 - 165,20}{165,20} * 100$$

$$\text{humedad} = 19,31$$

Ejemplo Muestra 4

$$\text{humedad} = \frac{197,10 - 173,70}{173,70} * 100$$

$$\text{humedad} = 13,47$$

Ejemplo Muestra 5

$$\text{humedad} = \frac{195,60 - 166,60}{166,60} * 100$$

$$\text{humedad} = 17,41$$

Ejemplo Muestra 6

$$\text{humedad} = \frac{194,80 - 157,20}{157,20} * 100$$

$$\text{humedad} = 23,91$$

Ejemplo Muestra 7

$$\text{humedad} = \frac{197,00 - 160,50}{160,50} * 100$$

$$\text{humedad} = 22,74$$

Ejemplo Muestra 8

$$\text{humedad} = \frac{196,30 - 149,40}{149,40} * 100$$

$$\text{humedad} = 31,39$$

Ejemplo Muestra 9

$$\text{humedad} = \frac{196,40 - 138,30}{138,30} * 100$$

$$\text{humedad} = 42,01$$

3.3.3. Molienda

En la molienda para las muestras se introduce una alimentación al 100% del cual se observó una pérdida significativa en las muestras como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\%p\acute{e}rdida = \frac{m_i - m_f}{m_i} * 100$$

Donde

m_i = masa inicial insertada en la molienda

m_f = masa final después de la molienda

Ejemplo Muestra 1 La muestra 1 no se pudo moler ya que se formó una masa dura en el molino lo que impidió su molienda

Ejemplo Muestra 2

$$\%p\acute{e}rdida = \frac{169,40 - 162,20}{169,40} * 100$$

$$\%p\acute{e}rdida = 4,25$$

Ejemplo Muestra 3

$$\%p\acute{e}rdida = \frac{165,20 - 158,60}{165,20} * 100$$

$$\%p\acute{e}rdida = 3,99$$

Ejemplo Muestra 4

$$\%p\acute{e}rdida = \frac{173,70 - 167,30}{173,70} * 100$$

$$\%p\acute{e}rdida = 3,68$$

Ejemplo Muestra 5

$$\%p\acute{e}rdida = \frac{166,60 - 160,90}{166,60} * 100$$

$$\%p\acute{e}rdida = 3,42$$

Ejemplo Muestra 6

$$\%p\acute{e}rdida = \frac{157,20 - 150,50}{157,20} * 100$$

$$\%p\acute{e}rdida = 4,26$$

Ejemplo Muestra 7

$$\%p\acute{e}rdida = \frac{160,50 - 154,20}{160,50} * 100$$

$$\%p\acute{e}rdida = 3,92$$

Ejemplo Muestra 8

$$\%p\acute{e}rdida = \frac{149,40 - 142,60}{149,40} * 100$$

$$\%p\acute{e}rdida = 4,55$$

Ejemplo Muestra 9

$$\%p\acute{e}rdida = \frac{138,30 - 131,80}{138,30} * 100$$

$$\%p\acute{e}rdida = 4,7$$

3.4. Proceso del análisis sensorial del sucedáneo de café

El análisis sensorial, se realizó entre 17 jueces entre ellos docentes y estudiantes de la carrera de ingeniería química, así como también personas que no pertenecen a la carrera, los cuales calificaron el grado de satisfacción y la calidad de tostado.

La prueba se realizó por el método de escala hedónica donde se califican las características del producto: olor, sabor, acidez y cuerpo. En el cual cada juez elige entre las siguientes opciones que se muestra en la Tabla III-6

Tabla III-6 Escala hedónica para la evaluación sensorial de la bebida del sucedáneo de café de higo deshidratado

Puntaje	Escala hedónica
1	Me disgusta extremadamente
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me disgusta levemente
5	No me gusta ni me disgusta
6	Me gusta levemente
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta extremadamente

Fuente: Elaboración propia

La evaluación sensorial se llevó a cabo en un ambiente tranquilo, higiénico y limpio. A los jueces se les pide participar dándoles la información adecuada del producto y su responsabilidad es evaluar la calidad de tostado y por ende la calidad del sucedáneo de café, se les entregó las encuestas y se procedió con la degustación de 7 muestras de café

Se tomaron y realizaron pruebas a partir de la muestra 2 hasta la muestra 8, ya que la muestra 1 y la muestra 9 fueron afectados durante el proceso de tostado y molienda, la muestra 2 en la molienda se convirtió en una pasta dura durante la molienda puesto

a que se volvió imposible realizar la molienda y la muestra 9 se quemó en la estufa ya que la materia prima no puede aguantar durante 2 horas a altas temperaturas.

Las evaluaciones sensoriales se realizaron en fechas distintas y se tabulan en las Tablas III-7, Tabla III-8, Tabla III-9, Tabla III-10, Tabla III-11, Tabla III-12 y Tabla III-13. En las tablas se muestran los resultados y con la misma información se determina los promedios finales de cada muestra

Tabla III-7 Resultado de análisis sensorial de la muestra M-2

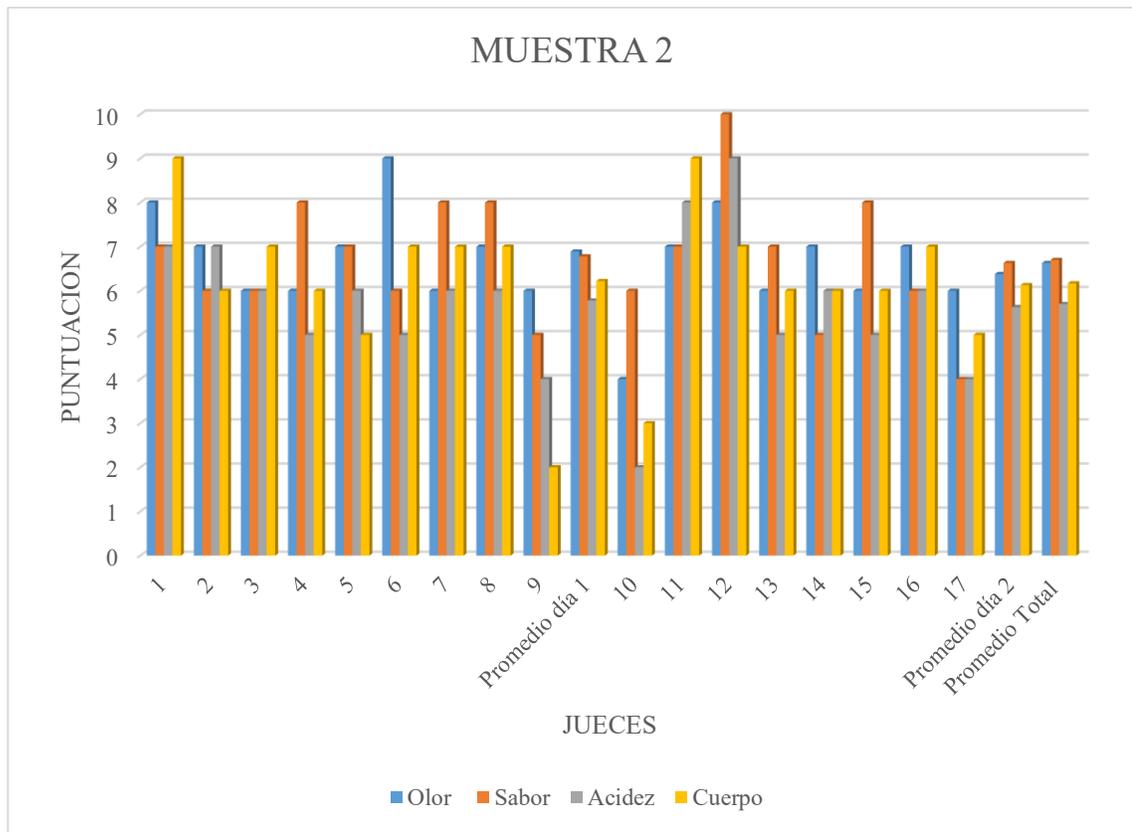
Muestra 2					
T= Temperatura 120 °C, t= tiempo 80 minutos					
Jueces	Olor	Sabor	Acidez	Cuerpo	Σ
1	8	7	7	9	31,00
2	7	6	7	6	26,00
3	6	6	6	7	25,00
4	6	8	5	6	25,00
5	7	7	6	5	25,00
6	9	6	5	7	27,00
7	6	8	6	7	27,00
8	7	8	6	7	28,00
9	6	5	4	2	17,00
Promedio día 1	6,89	6,78	5,78	6,22	25,67
10	4	6	2	3	15,00
11	7	7	8	9	31,00
12	8	10	9	7	34,00

13	6	7	5	6	24,00
14	7	5	6	6	24,00
15	6	8	5	6	25,00
16	7	6	6	7	26,00
17	6	4	4	5	19,00
Promedio día 2	6,38	6,63	5,63	6,13	24,75
Σ Total	113	114	97	105	429,00
Promedio Total	6,63	6,70	5,70	6,17	25,21

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla III-7 se puede observar que las características mejor evaluadas de la muestra 1 es el sabor y el olor, por otro lado, la características acidez y cuerpo son las que tienen menor puntaje

El Gráfico 1, un **diagrama de caja**, ilustra la distribución de las puntuaciones para la **Muestra 2**, tostada a **120°C durante 80 minutos**. Aquí, el **sabor** y el **olor** mostraron una mayor consistencia, mientras que la **acidez** presentó algunos valores atípicos, indicando variabilidad en las percepciones de los jueces.



Gráfica III-1. Tendencias sensoriales de la Muestra 2.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla III-8 Resultado de análisis sensorial de la muestra M-3

Muestra 3					
T= Temperatura 120 °C, t= tiempo 120 minutos					
Jueces	Olor	Sabor	Acidez	Cuerpo	Σ
1	7	8	6	7	28,00
2	7	5	6	6	24,00
3	6	4	5	4	19,00
4	2	5	6	5	18,00
5	6	6	6	6	24,00

6	6	7	6	6	25,00
7	6	6	6	7	25,00
8	5	4	5	5	19,00
9	5	9	6	8	28,00
Promedio día 1	5,56	6,00	5,78	6,00	23,33
10	6	6	6	7	25,00
11	6	6	6	6	24,00
12	7	6	7	7	27,00
13	8	7	5	7	27,00
14	7	8	9	6	30,00
15	2	3	2	3	10,00
16	5	7	7	7	26,00
17	6	7	6	7	26,00
Promedio día 2	5,88	6,25	6,00	6,25	24,38
Σ Total	97	104	100	104	405
Promedio Total	5,72	6,13	5,89	6,13	23,85

Fuente: Elaboración propia

En la tabla III-8 se observa que la característica más apreciada es el sabor y la uniformidad, por lo contrario, las menos calificadas son el olor y acidez

El Gráfico III-2, un **gráfico de líneas**, muestra cómo varían las puntuaciones de los atributos sensoriales para la **Muestra 3**, tostada a **120°C durante 120 minutos**. Aquí,

el **sabor** y el **cuerpo** mantuvieron puntuaciones altas, mientras que el aroma se mantuvo como el atributo menos aceptado.



Gráfica III-2. Tendencias sensoriales de la Muestra 3.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla III-9 Resultado de análisis sensorial de la muestra M-4

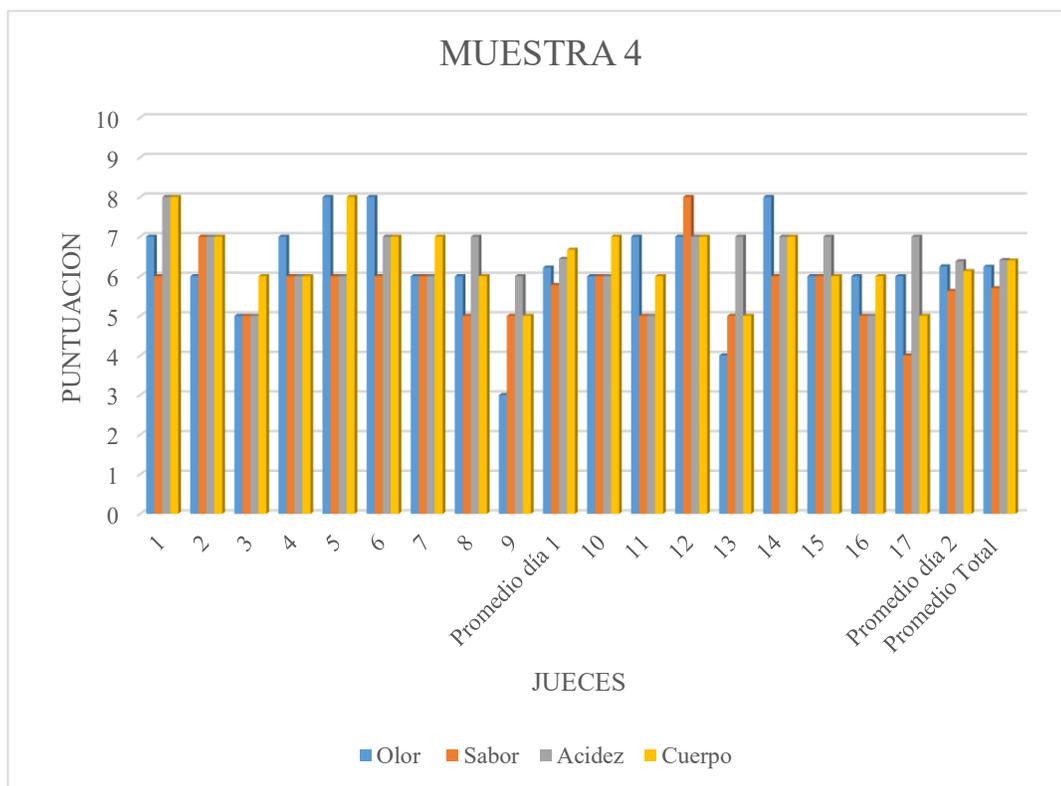
Muestra 4					
T= Temperatura 150 °C, t= tiempo 40 minutos					
Jueces	Olor	Sabor	Acidez	Cuerpo	Σ
1	7	6	8	8	29,00
2	6	7	7	7	27,00
3	5	5	5	6	21,00
4	7	6	6	6	25,00

5	8	6	6	8	28,00
6	8	6	7	7	28,00
7	6	6	6	7	25,00
8	6	5	7	6	24,00
9	3	5	6	5	19,00
Promedio día 1	6,22	5,78	6,44	6,67	25,11
10	6	6	6	7	25,00
11	7	5	5	6	23,00
12	7	8	7	7	29,00
13	4	5	7	5	21,00
14	8	6	7	7	28,00
15	6	6	7	6	25,00
16	6	5	5	6	22,00
17	6	4	7	5	22,00
Promedio día 2	6,25	5,63	6,38	6,13	24,38
Σ Total	106	97	109	109	421
Promedio Total	6,24	5,70	6,41	6,40	24,74

Fuente: Elaboración propia

En la tabla III-9 se muestra mejor aceptabilidad de la muestra 4 en el olor, la acidez y el cuerpo, en cambio el sabor está en rangos que no es agradable pero tampoco es rechazado.

El Gráfico III-3, un **gráfico de barras agrupadas**, compara las puntuaciones de los atributos sensoriales para la **Muestra 4**, tostada a **150°C durante 40 minutos**. Aquí, la acidez y el cuerpo fueron los atributos mejor evaluados,



Gráfica III-3. Tendencias sensoriales de la Muestra 4.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla III-10 Resultado de análisis sensorial de la muestra M-5

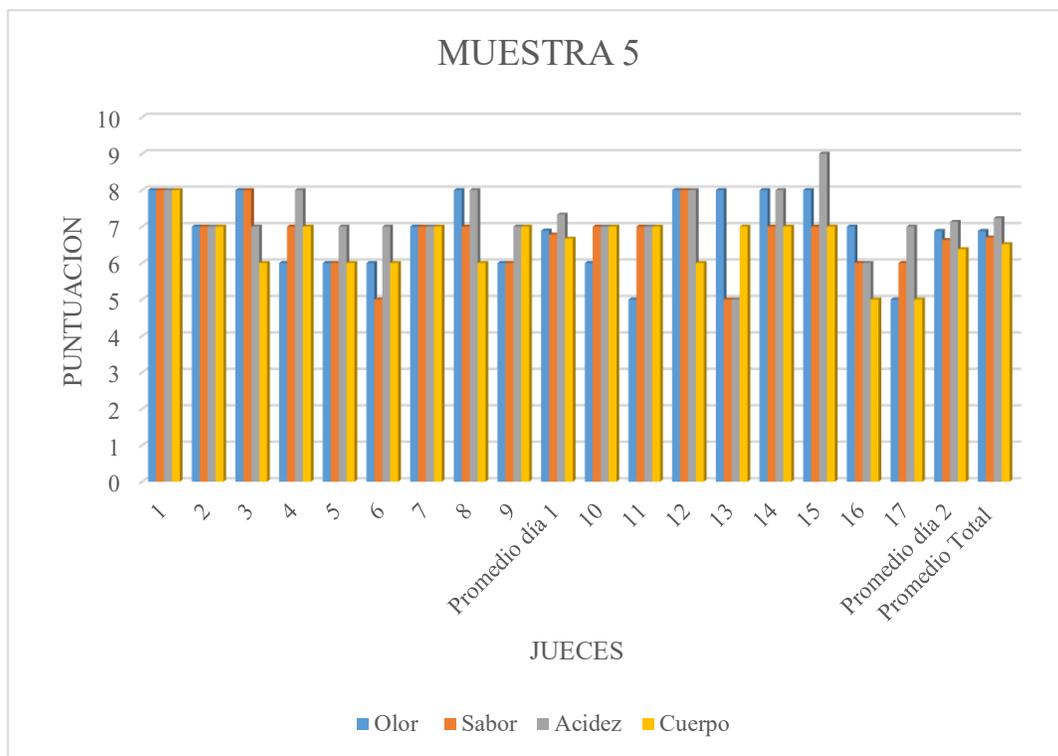
Muestra 5					
T= Temperatura 150 °C, t= tiempo 80 minutos					
Jueces	Olor	Sabor	Acidez	Cuerpo	Σ
1	8	8	8	8	32,00
2	7	7	7	7	28,00
3	8	8	7	6	29,00

4	6	7	8	7	28,00
5	6	6	7	6	25,00
6	6	5	7	6	24,00
7	7	7	7	7	28,00
8	8	7	8	6	29,00
9	6	6	7	7	26,00
Promedio día 1	6,89	6,78	7,33	6,67	27,67
10	6	7	7	7	27,00
11	5	7	7	7	26,00
12	8	8	8	6	30,00
13	8	5	5	7	25,00
14	8	7	8	7	30,00
15	8	7	9	7	31,00
16	7	6	6	5	24,00
17	5	6	7	5	23,00
Promedio día 2	6,88	6,63	7,13	6,38	27,00
Σ Total	117	114	123	111	465
Promedio Total	6,88	6,70	7,23	6,52	27,33

Fuente: Elaboración propia

En la tabla III-10 se denota el aumento en cuanto la aceptabilidad de la acidez y que los valores de olor, sabor y cuerpo son también mucho más aceptables que las muestras anteriores.

El Gráfico III-4, un **gráfico de dispersión**, explora la relación entre los atributos sensoriales para la **Muestra 5**, tostada a **150°C durante 80 minutos**. Aquí, la **acidez** y el **olor** mostraron una fuerte correlación, mientras que el cuerpo se mantuvo ligeramente por debajo.



Gráfica III-4. Tendencias sensoriales de la Muestra 5.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla III-11 Resultado de análisis sensorial de la muestra M-6

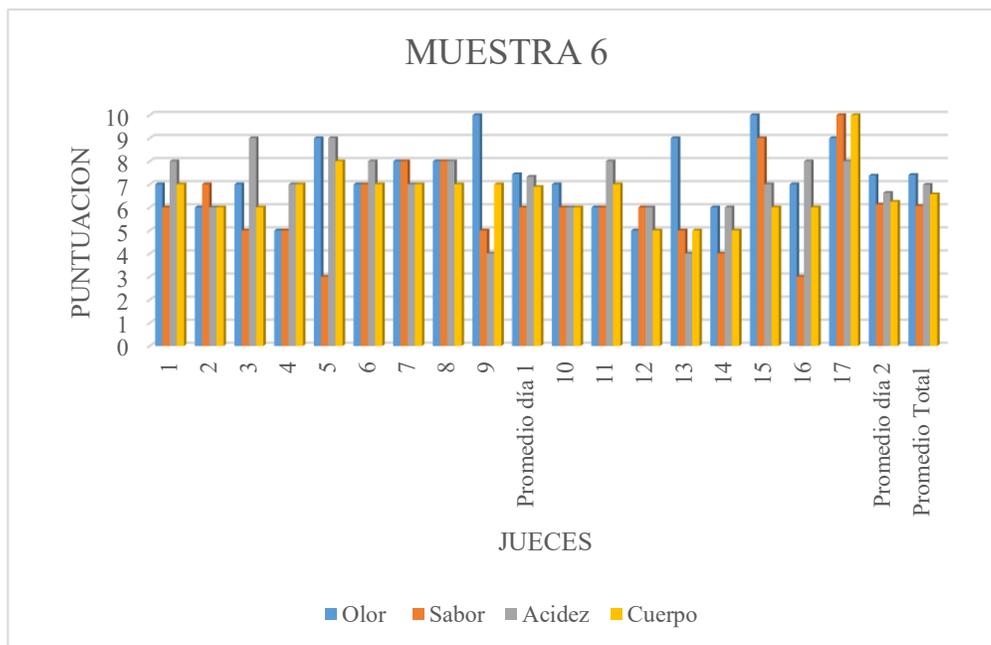
Muestra 6					
T= Temperatura 150 °C, t= tiempo 120 minutos					
Jueces	Olor	Sabor	Acidez	Cuerpo	Σ
1	7	6	8	7	28,00
2	6	7	6	6	25,00
3	7	5	9	6	27,00
4	5	5	7	7	24,00
5	9	3	9	8	29,00
6	7	7	8	7	29,00
7	8	8	7	7	30,00
8	8	8	8	7	31,00
9	10	5	4	7	26,00
Promedio día 1	7,44	6,00	7,33	6,89	27,67
10	7	6	6	6	25,00
11	6	6	8	7	27,00
12	5	6	6	5	22,00
13	9	5	4	5	23,00
14	6	4	6	5	21,00
15	10	9	7	6	32,00
16	7	3	8	6	24,00
17	9	10	8	10	37,00
Promedio día 2	7,38	6,13	6,63	6,25	26,38

Σ Total	126	103	119	112	460
Promedio Total	7,41	6,06	6,98	6,57	27,02

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla III-11 muestra que la aceptabilidad en cuanto el olor es mayor que las otras características, no obstante, el sabor, acidez y cuerpo tienen calificaciones que son muy buenas en cuanto la aceptabilidad del producto.

El Gráfico III-5, un **gráfico de barras con intervalos de confianza**, muestra la variabilidad de las puntuaciones para la **Muestra 6**, tostada a **150°C durante 120 minutos**. Aquí, la **acidez** y el **olor** mantuvieron puntuaciones altas, pero el **cuerpo** mostró una ligera disminución.



Gráfica III-5. Tendencias sensoriales de la Muestra 6.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla III-12 Resultado de análisis sensorial de la muestra M-7

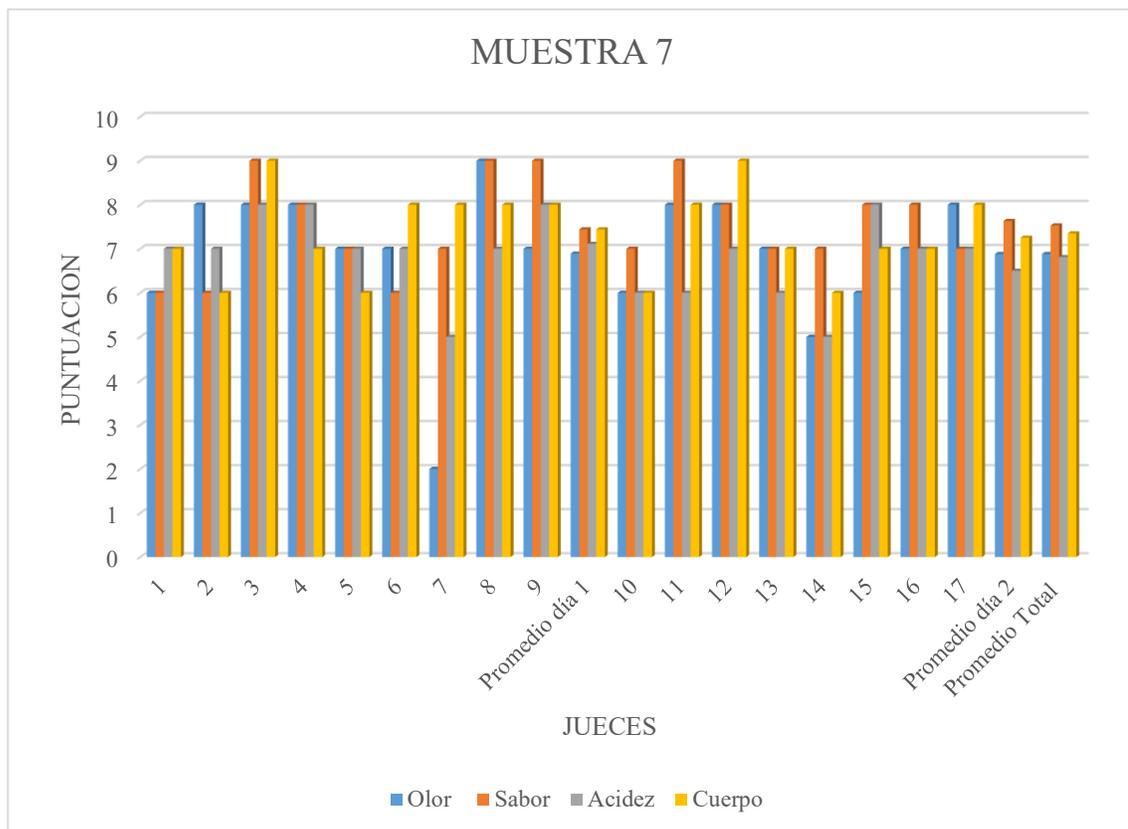
Muestra 7					
T= Temperatura 180 °C, t= tiempo 40 minutos					
Jueces	Olor	Sabor	Acidez	Cuerpo	Σ
1	6	6	7	7	26,00
2	8	6	7	6	27,00
3	8	9	8	9	34,00
4	8	8	8	7	31,00
5	7	7	7	6	27,00
6	7	6	7	8	28,00
7	2	7	5	8	22,00
8	9	9	7	8	33,00
9	7	9	8	8	32,00
Promedio día 1	6,89	7,44	7,11	7,44	28,89
10	6	7	6	6	25,00
11	8	9	6	8	31,00
12	8	8	7	9	32,00
13	7	7	6	7	27,00
14	5	7	5	6	23,00
15	6	8	8	7	29,00
16	7	8	7	7	29,00
17	8	7	7	8	30,00
Promedio día 2	6,88	7,63	6,50	7,25	28,25

Σ Total	117	128	116	125	486
Promedio Total	6,88	7,53	6,81	7,35	28,57

Fuente: Elaboración propia

Se muestra en la Tabla III-12 y se aprecia más el sabor y el cuerpo del sucedáneo de café que es más lo que se busca un sabor cercano al café y en cuanto la escala son rangos muy aceptables, por otra parte, el olor y la acidez tienen valores muy buenos en cuanto a las otras muestras.

El Gráfico III-6, un **gráfico de líneas**, muestra las tendencias en las puntuaciones sensoriales para la **Muestra 7**, tostada a **180°C durante 40 minutos**. Aquí, el **color** y el **cuerpo** mantuvieron puntuaciones altas, mientras que la **acidez** mostró una ligera mejora respecto a muestras anteriores.



Gráfica III-6. Tendencias sensoriales de la Muestra 7.**Fuente:** Elaboración propia, 2024.

Tabla III-13 Resultado de análisis sensorial de la muestra M-8

Muestra 8					
T= Temperatura 180 °C, t= tiempo 80 minutos					
Jueces	Olor	Sabor	Acidez	Cuerpo	Σ
1	6	6	6	7	25,00
2	4	3	8	4	19,00
3	8	7	9	7	31,00
4	8	2	7	5	22,00
5	7	7	8	7	29,00
6	5	6	7	6	24,00
7	6	6	6	7	25,00
8	5	5	8	5	23,00
9	8	9	7	7	31,00
Promedio día 1	6,33	5,67	7,33	6,11	25,44
10	8	6	7	7	28,00
11	6	6	8	7	27,00
12	7	6	8	7	28,00
13	4	3	5	8	20,00
14	4	5	8	5	22,00
15	7	6	7	7	27,00

16	8	6	8	6	28,00
17	7	5	5	7	24,00
Promedio día 2	6,38	5,38	7,00	6,75	25,50
Σ Total	108	94	122	109	433
Promedio Total	6,35	5,52	7,17	6,43	25,47

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla III-13 se muestra que la acidez es la mejor puntuada, sin embargo, se nota que en cuanto el olor y el cuerpo tiene unas calificaciones que son aceptables, pero la puntuación más baja es del sabor que es una puntuación que no es ni buena ni mala, pero es la más baja en cuanto a todas las muestras.

El Gráfico III-7, un **gráfico de barras**, compara las puntuaciones de los atributos sensoriales para la **Muestra 8**, tostada a **180°C durante 80 minutos**. Aquí, el **sabor** y el **olor** mostraron puntuaciones ligeramente inferiores a las muestras tostadas a 150°C.

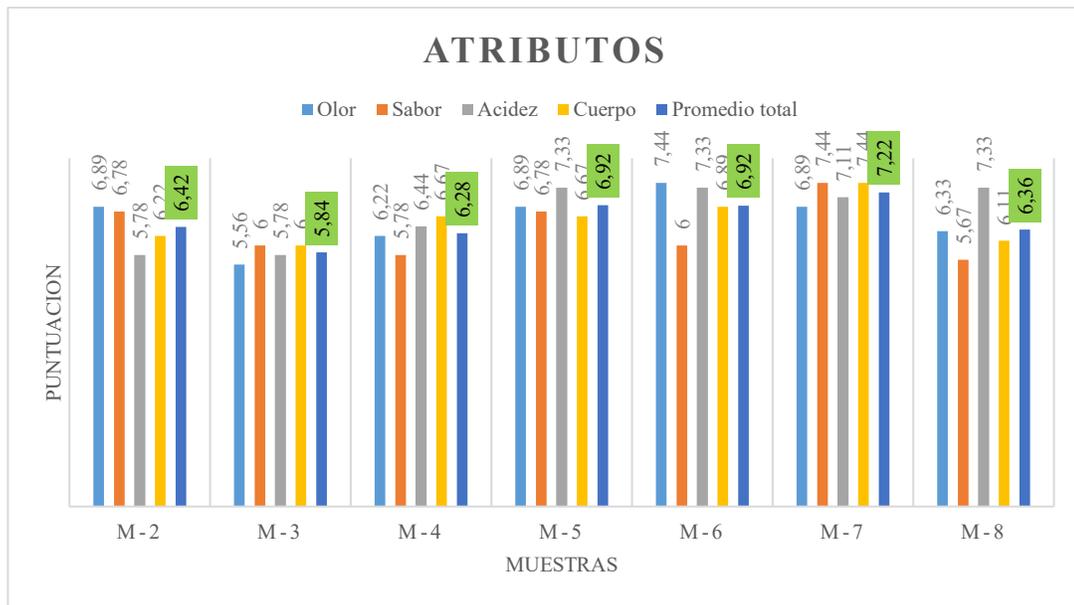
Olor	6,89	6,38	5,56	5,88	6,22	6,25	6,89	6,88	7,44	7,38	6,89	6,88	6,33	6,38
Sabor	6,78	6,63	6	6,25	5,78	5,53	6,78	6,63	6	6,13	7,44	7,63	5,67	5,38
Acidez	5,78	5,63	5,78	6	6,44	6,38	7,33	7,13	7,33	6,63	7,11	6,5	7,33	7
Cuerpo	6,22	6,13	6	6,25	6,67	6,13	6,67	6,38	6,89	6,25	7,44	7,25	6,11	6,75
Promedio total	6,42	6,19	5,84	6,10	6,28	6,07	6,92	6,76	6,92	6,60	7,22	7,07	6,36	6,38

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla III-14 se puede observar que entre todas las muestras los mejores puntuados son M-6 Y M-7 entre las muestras principales donde:

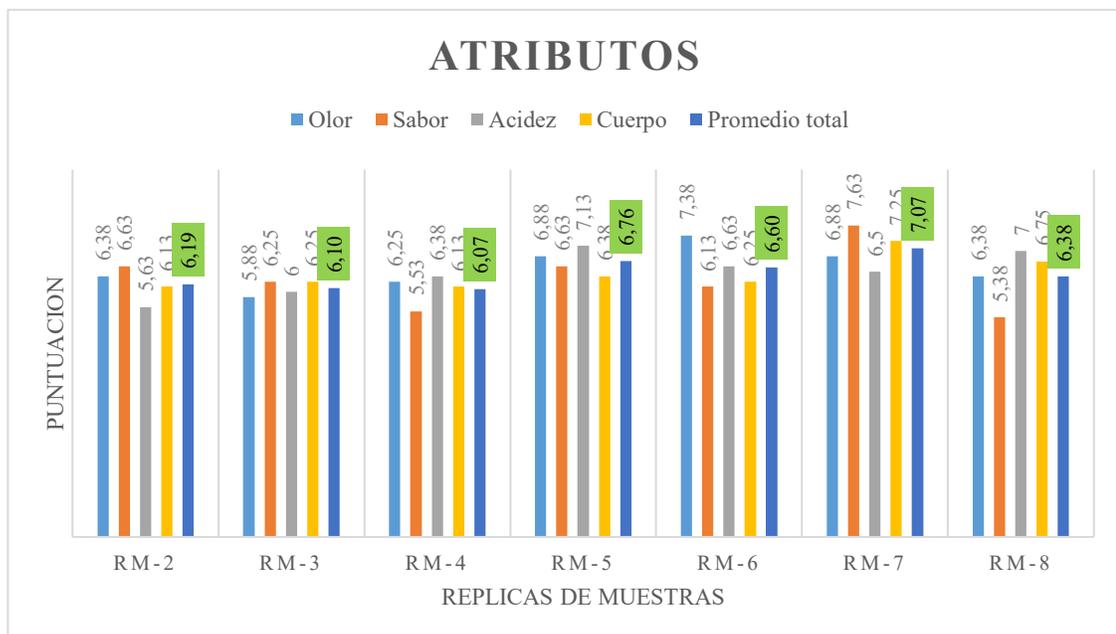
M-6 tiene una puntuación muy buena en cuanto el aroma, el sabor y acidez, por otro lado, el cuerpo no esta tan bien puntuado, sin embargo, el promedio de la muestra es la segunda mejor puntuada.

M-7 tiene una puntuación muy buena en todas las características superan a todas las muestras en su promedio final entonces se llega al resultado que la mejor muestra es M-7, también porque su repetición a comparación de otras tiene mayor puntuación.



Gráfica III-8. Tendencias sensoriales de Promedio de las calificaciones de las muestras día 1.

Fuente: Elaboración propia, 2024.



Gráfica III-9. Tendencias sensoriales de Promedio de las calificaciones de las muestras día 2.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5. Comparación de resultados con otros sucedáneos de café

Sucedáneo	Olor	Sabor	Acidez	Cuerpo
Higo pasa (Muestra 7)	6.89	7.44	7.11	7.44
Café de cebada	5.20	6.80	4.50	5.00
Café de quinua	5.80	6.00	4.20	5.50
Café de palqui	6.80	7.00	5.00	6.50

El sucedáneo de higo pasa (Muestra 7) obtuvo puntajes superiores en sabor (7.44) y cuerpo (7.44) en comparación con los sucedáneos tradicionales bolivianos (cebada, quinua y palqui), lo que sugiere una mayor aceptabilidad sensorial. Sin embargo, su acidez (7.11) fue superior al de quinua (4.20) y cebada (4.50).

- **Sabor:**
El higo pasa destacó por su dulzor natural y perfil afrutado (7.44), superando claramente a la quinua (6.00) y cebada (6.80). Esta ventaja puede atribuirse a los azúcares naturales del higo, que se caramelizan durante el tostado, generando notas complejas similares a las del café tradicional
- **Cuerpo (textura):**
Con un puntaje de 7.44, el cuerpo del higo pasa fue más cercano al del café convencional que los demás sucedáneos. Esto contrasta con la quinua (5.50), que tiende a ser más acuosa, y la cebada (5.00), de perfil ligero.
- **Acidez:**
La acidez del higo pasa (7.11) fue equilibrada, similar a la del palqui (5.00). Esto podría deberse a la presencia de ácidos orgánicos naturales en el higo (ej. málico y cítrico), que aportan un balance entre dulzor y frescura.
- **Olor:**
El aroma (6.89) fue comparable al del palqui (6.80), pero menos tostado que el de cebada (5.20). Esto sugiere que el higo pasa podría beneficiarse de un tostado más prolongado para intensificar sus notas aromáticas.

- Ventajas competitivas

El higo pasa ofrece una alternativa libre de cafeína, rica en fibra y antioxidantes (polifenoles), diferenciándose de otros sucedáneos que carecen de estos beneficios nutricionales.

Su perfil de sabor menos amargo que la achicoria o el palqui lo hace atractivo para consumidores que prefieren sabores suaves y dulces.

- Limitaciones

A diferencia del café de cebada (de bajo costo), el higo pasa podría tener un precio más elevado debido al proceso de deshidratación.

Su acidez media podría no satisfacer a quienes buscan la intensidad del café arábica.

3.6. Análisis estadístico del diseño factorial para el tostado del higo deshidratado

Análisis estadístico del diseño factorial para el tostado del higo deshidratado

Para el análisis estadístico del diseño experimental se utilizó el programa: IBM SPSS Statistics 25 para Windows. El programa permite el tratamiento integrado de las fases que se utiliza el análisis de datos, así también entregándonos datos más representativos y confiables.

Los resultados que obtuvimos del programa nos muestran las combinaciones de Temperatura/Tiempo nos muestra las variables más significativas del proceso de tostado de las muestras higo deshidratado

En la Tabla III-15 se muestra los valores experimentales obtenidos de los datos obtenidos en laboratorio en base a las variables que se plantearon en el diseño experimental

Tabla III-15

N.º de ensayos	Factores		Respuesta Calidad de tostado
	Temperatura de tostado	Tiempo de tostado	
1	-1,00	-1,00	-
2	-1,00	0,00	6,42
3	-1,00	1,00	5,84
4	0,00	-1,00	6,28
5	0,00	0,00	6,92
6	0,00	1,00	6,92
7	1,00	-1,00	7,22
8	1,00	0,00	6,36
9	1,00	1,00	-
10 (replica)	-1,00	-1,00	-
11 (replica)	-1,00	0,00	6,19
12 (replica)	-1,00	1,00	5,84
13 (replica)	0,00	-1,00	6,28
14 (replica)	0,00	0,00	6,76
15 (replica)	0,00	1,00	6,60
16 (replica)	1,00	-1,00	7,07
17 (replica)	1,00	0,00	6,38
18 (replica)	1,00	1,00	-

Fuente Elaboración Propia

Los datos de la Tabla III-15 se analizaron mediante un análisis estadístico ANOVA, para su interpretación de la variable respuesta para la comparación de las 9 pruebas y sus réplicas, así comprobar que la temperatura el tiempo y la interacción de las variables influyen en la calidad de tostado.

En la Tabla III-16 se muestran los resultados obtenidos en el análisis de varianza del proceso de tostado, en este mismo se muestra que la temperatura y la interacción Temperatura-tiempo son significativos para el tostado, esto se debe a los intervalos de confianza que son menor al 5% el cual nos ayuda estadísticamente que existe una diferencia significativa ente las variables temperatura y la interacción temperatura-tiempo sin embargo el tiempo presenta una menor significancia

Tabla III-16 Pruebas de efectos Inter sujetos para la obtención del sucedáneo de café de higo deshidratado

Variable dependiente: Tostado					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2,276 ^a	6	,379	26,056	,000
Intersección	566,162	1	566,162	38892,410	,000
Temperatura	,769	2	,384	26,409	,001
Tiempo	,017	2	,009	,589	,580
Temperatura * Tiempo	1,167	2	,583	40,071	,000
Error	,102	7	,015		
Total	594,918	14			
Total, corregido	2,378	13			

a. R al cuadrado = ,957 (R al cuadrado ajustada = ,920)

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla III-17 se observa los resultados analizados por una regresión lineal para el análisis estadístico de la ANOVA

Tabla III-17 ANOVA para la obtención de sucedáneo de café de higo deshidratado

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	,938	1	,938	7,824	,016 ^b
	Residuo	1,439	12	,120		
	Total	2,378	13			
a. Variable dependiente: Tostado						
b. Predictores: (Constante), Temperatura						

Fuente: Elaboración propia

Del análisis estadístico se puede concluir lo siguiente:

- El análisis estadístico confirmó que la elección del modelo es correcta, ya que tanto la **temperatura** como el **tiempo de tostado** son variables significativas para un intervalo de confianza del 95%. Esto indica que ambas variables tienen un impacto relevante en las características fisicoquímicas y sensoriales del sucedáneo de café. Además, la **interacción entre tiempo y temperatura** mostró que esta combinación puede mejorar el proceso, lo que sugiere que no solo es importante controlar cada variable por separado, sino también su efecto conjunto.

- El análisis de varianza (ANOVA) reveló que la **temperatura** es el factor que tiene mayor influencia en el proceso de tostado, con una significancia estadística superior a la del tiempo. Esto se debe a que temperaturas más altas (por ejemplo, 150°C y 180°C) promueven reacciones químicas clave, como la **reacción de Maillard** (proceso que se produce cuando los aminoácidos y los azúcares se combinan durante la cocción de alimentos) y la **caramelización**, que son responsables del desarrollo de sabores, aromas y colores característicos del café tostado.
- Aunque la temperatura fue el factor más influyente, el **tiempo de tostado** también mostró un impacto significativo en las propiedades del sucedáneo de café. Tiempos más largos (por ejemplo, 80 y 120 minutos) permitieron una mayor evaporación de humedad y una mayor formación de compuestos aromáticos, lo que mejoró el perfil sensorial del producto. Sin embargo, tiempos prolongados también pueden generar una pérdida excesiva de masa y una textura menos deseable.
- La interacción entre tiempo y temperatura mostró que estas variables no actúan de manera independiente, sino que su combinación puede optimizar el proceso de tostado. Por ejemplo, una temperatura de 150°C combinada con un tiempo de 120 minutos generó un sucedáneo de café con un **olor**, **sabor** y **color** mejor evaluados, lo que sugiere que esta combinación es óptima para el higo deshidratado.

Las diferencias entre los resultados de este estudio y los reportados en la literatura podrían deberse a varios factores:

- **Composición de la materia prima:** El higo deshidratado tiene un perfil nutricional y sensorial distinto al de otras materias primas utilizadas en sucedáneos de café, como cereales o raíces.
- **Métodos de procesamiento:** El uso de un molino manual y un proceso de tostado controlado podría haber influido en los resultados, especialmente en la textura y el aroma.

- **Condiciones ambientales:** Factores como la humedad relativa y la altitud de la región donde se realizó el estudio podrían haber afectado el proceso de tostado.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Este estudio buscó desarrollar un sucedáneo de café a partir de higo deshidratado, evaluando el impacto de las variables de tostado en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto. Los resultados obtenidos permitieron identificar las condiciones óptimas de procesamiento y comprender las preferencias de los consumidores.

De acuerdo a todo lo expuesto en el presente proyecto de investigación de la elaboración de un sucedáneo de café a partir de higo pasa (*ficus carica*), según los resultados obtenidos y los objetivos planteados se tiene las siguientes conclusiones

El desarrollo del proceso fue técnicamente viable y reproducible, cumpliendo estándares fisicoquímicos y sensoriales.

Se determinaron condiciones óptimas de tostado y molienda (180 °C, 40 min, molienda a 500 µm), obteniendo una bebida comparable al café comercial.

El producto final mostró un perfil organoléptico equilibrado, confirmando que el higo pasa puede ser utilizado como materia prima para un sucedáneo de café.

- En la fase de desarrollo, se realizó una caracterización rigurosa de la materia prima, lo cual fue clave para entender su comportamiento durante el tostado.
- Esta caracterización sirvió como base para optimizar los parámetros del proceso.
- Se aplicó un diseño experimental 3², evaluando tres temperaturas y tres tiempos, con resultados analizados estadísticamente.
- El estudio sistemático de las variables de tostado mediante un diseño experimental 3² (temperatura: 120, 150, 180°C; tiempo: 40, 80, 120 minutos) permitió identificar que la combinación de 180°C durante 40 minutos generó las características sensoriales más equilibradas. El análisis estadístico (ANOVA

unidireccional, $\alpha = 0.05$) confirmó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las muestras, destacando que esta condición maximizó la intensidad del aroma (6.89/9) y el cuerpo (7.44/9). En contraste, el tostado a 180°C y 80 minutos produjo una sobrecaramelización, evidenciada por un incremento Se definieron como óptimas: 180 °C durante 40 min y molienda a 500 μm , lo cual generó buena extracción y perfil sensorial balanceado.

- Se evaluaron y confirmaron características fisicoquímicas y sensoriales adecuadas.
- La bebida mostró buena acidez, dulzor y aroma, derivadas de reacciones de Maillard y caramelización.
- Participaron 19 panelistas entre docentes y estudiantes, de los cuales el 82% prefirió la muestra M-7.
- Los comentarios destacaron el equilibrio sensorial y la similitud con el café.
- El producto demostró una alta aceptabilidad y potencial comercial.
- Se realizaron balances de materia y energía que permitieron cuantificar las pérdidas durante el proceso y validar la eficiencia del mismo. Estos balances proporcionaron datos esenciales para futuros escalamientos industriales.
- Las pruebas de aceptación realizadas con 19 panelistas (docentes y estudiantes de Ingeniería Química) revelaron que el 82% de los evaluadores prefirieron la M-7 frente a otras muestras y la calificaron como "similar al café" en pruebas a ciegas. Los comentarios cualitativos resaltaron su "equilibrio entre acidez y dulzor" y su "aroma agradablemente tostado". Estos resultados son consistentes con estudios de mercado que indican una creciente preferencia por alternativas menos amargas y libres de cafeína.
- Este estudio aporta una alternativa innovadora al café tradicional, con potencial para su comercialización. Los resultados proporcionan una base técnica para optimizar el proceso y mejorar la calidad del producto en futuras investigaciones.

4.2. Recomendaciones

- Optimización del proceso de tostado
Tostado por etapas: Evaluar un perfil de tostado en dos fases (ej.: $140^{\circ}\text{C} \times 60 \text{ min} + 160^{\circ}\text{C} \times 60 \text{ min}$) para modular la formación de compuestos volátiles.
Control de humedad en línea: Implementar sensores NIR para monitorear en tiempo real la actividad de agua (aw) durante el tostado, optimizando la eficiencia energética.
- Evaluación de la vida útil y estabilidad microbiológica
Es prioritario realizar estudios de vida útil y estabilidad microbiológica para garantizar la inocuidad del producto y cumplir con las normativas sanitarias, lo que es esencial para su comercialización.
- Análisis de mercado y aceptación del consumidor
Se sugiere llevar a cabo un análisis de mercado a mayor escala, incluyendo pruebas sensoriales con un número más amplio de consumidores y estudios de preferencias en diferentes regiones.
- Mejora de la textura y consistencia
Se recomienda investigar métodos de molienda y tamizado más avanzados, como el uso de molinos industriales, para mejorar la textura y consistencia del producto final.
- Desarrollo de envases y estrategias de marketing
Es fundamental diseñar envases que preserven las propiedades del producto y atraigan a los consumidores, junto con una estrategia de marketing que destaque sus beneficios nutricionales y sensoriales.
Testear aceptación en grupos específicos:
Consumidores con restricciones a la cafeína ($n \geq 100$), usando escalas hedónicas validadas (ISO 11136:2014).
- Exploración de otras materias primas

Se sugiere evaluar el uso de otras frutas deshidratadas, como ciruelas, para diversificar la oferta de sucedáneos de café y comparar sus propiedades con las del higo deshidratado.

- Estudios de escalamiento industrial

Se recomienda realizar estudios de escalamiento industrial para adaptar el proceso a una producción a gran escala, considerando aspectos como la eficiencia energética y el control de calidad.

Diseñar un prototipo de tostador continuo (basado en parámetros de transferencia de calor del estudio) y evaluar:

- Consumo energético (kWh/kg producto).
- Uniformidad de tostado (análisis de color CIELab).