CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

1.1. Características generales del camote

1.1.1. Antecedentes históricos

El género Ipomoea de la familia Convolvulaceae tiene alrededor de 600 especies distribuidas en los trópicos y subtrópicos de todo el mundo. El camote (Ipomoea batatas L.) es una de las ocho especies del género batatas nativas que abarca desde México hasta el centro de Sudamérica. Presenta raíces engrosadas comestibles por lo que ha sido muy apreciado desde la antigüedad. Existen varias teorías sobre el área geográfica de su domesticación; algunos investigadores defienden el origen mesoamericano y otros el polinesio (Linares, 2008). Austin (1988), propone que surgió en el área geográfica ubicada entre Yucatán y la desembocadura del río Orinoco, que es donde se distribuye Ipomoea trífida, planta silvestre que se ha emparentado con Ipomoea batatas; esta región está cercana a la actual área de mayor diversidad de camotes, en Perú.

Estudios de diversidad genética en regiones tropicales de América realizados por Kriegner (2003) mostró un patrón geográfico, revelando la mayor diversidad genética en América Central y menor diversidad en Perú y Ecuador, y considerando la riqueza de especies silvestres Ipomoea que se encuentran en la región, proveen fuerte evidencia que América Central debe ser el centro de origen del camote. Estos resultados fueron confirmados posteriormente con el análisis de la diversidad genética utilizando microsatélites (Zhang, 2000), que apoyan la hipótesis de que Centroamérica es el centro primario de diversidad del camote y la región sudamericana debería considerarse un centro secundario. Asimismo, el camote cuenta con centros secundarios de diversidad genética (áreas geográficas donde el cultivo evolucionó separadamente de sus ancestros), como la región comprendida entre Perú y Ecuador (Zhang, 1998); Papua Nueva Guinea, Indonesia y Filipinas (Carey, 1992).

Lo cierto es que este es el único cultivo de los trópicos americanos que se conocía fuera del continente, antes de la llegada de Cristóbal Colón (Rodríguez, 2001).

El camote fue una de las primeras plantas introducidas a Europa después de los viajes de Colón en 1492. De Europa los exploradores portugueses en el siglo XVI

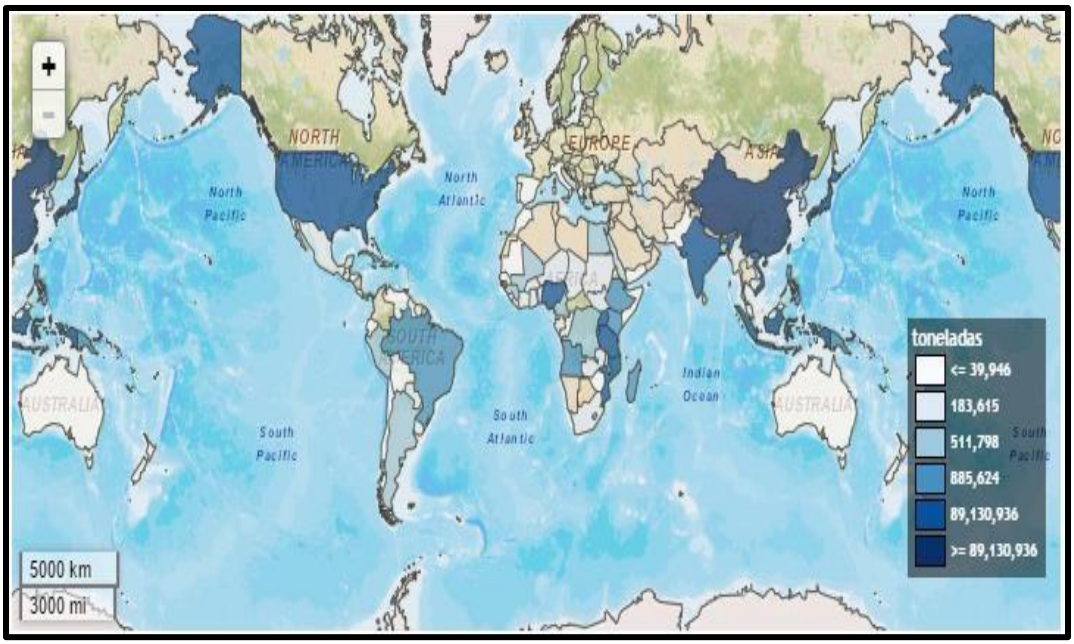
expandieron este cultivo al África, India, Sureste de Asia y las Indias Orientales, para luego alcanzar Nueva Guinea, las islas del Pacifico, China y Japón (Rajendran, 1990). La hipótesis "Kumara" cree que hubo una línea de transmisión del camote a la Polinesia, cruzando el Pacifico de isla en isla por medios naturales o por navegantes indígenas americanos mucho tiempo antes a la época de la exploración europea (Loebenstein, 2009). Fósiles carbonizados de las raíces reservantes de camote en el norte de Nueva Zelanda, a los cuales se les atribuye aproximadamente mil años de antigüedad (Yen, 1991), apoyarían la teoría de la transferencia prehistórica. Estudios de diversidad genética del germoplasma de Oceanía, Filipinas, México, Perú y Ecuador, evidenciaron una amplia diversidad genética en Oceanía, mayormente relacionada con México, pero no con el germoplasma de Perú - Ecuador, lo que sugeriría que el camote proveniente de Oceanía probablemente deriva de Mesoamérica a través de una dispersión (Zhang, 2000).

Parece que los navegantes españoles llevaron el camote a Filipinas y a las Molucas, desde donde los portugueses la llevarían a la India, China y Japón. En América se cultiva desde la época precolombina, debido a su naturaleza rústica, amplia adaptabilidad, y a las cualidades agronómicas de este cultivo, hacen que sea muy tolerante a las condiciones climáticas, necesita poco requerimiento nutritivo para su crecimiento y presenta un ciclo vegetativo corto, lo cual ha propiciado su extensión, especialmente en países en vía de desarrollo y zonas tropicales (FAO, 2004).

1.2. Producción de camote

El camote se cultiva en una amplia gama de entornos entre las latitudes 40 ° N y 40 ° S del ecuador, y entre el nivel del mar y 2300 m de altitud. Se cultiva ampliamente en los trópicos y zonas templadas cálidas del mundo. De la superficie total de cultivo del camote, el 86.8 % de la superficie se encuentra en Asia, África produce el 10.4 % y solo el 2.2 % se cultiva en el continente americano, China por sí sola representa el 80% de la producción mundial con cifras superiores a los 120 millones de toneladas debido a su consumo de camote. (FAOSTAT, 2010).

Países productores y producción mundial de camote en el mundo, producción del 2009 al 2018.



Fuente: FAO (2009); SIAP (2018).

Países y regiones productoras de camote:

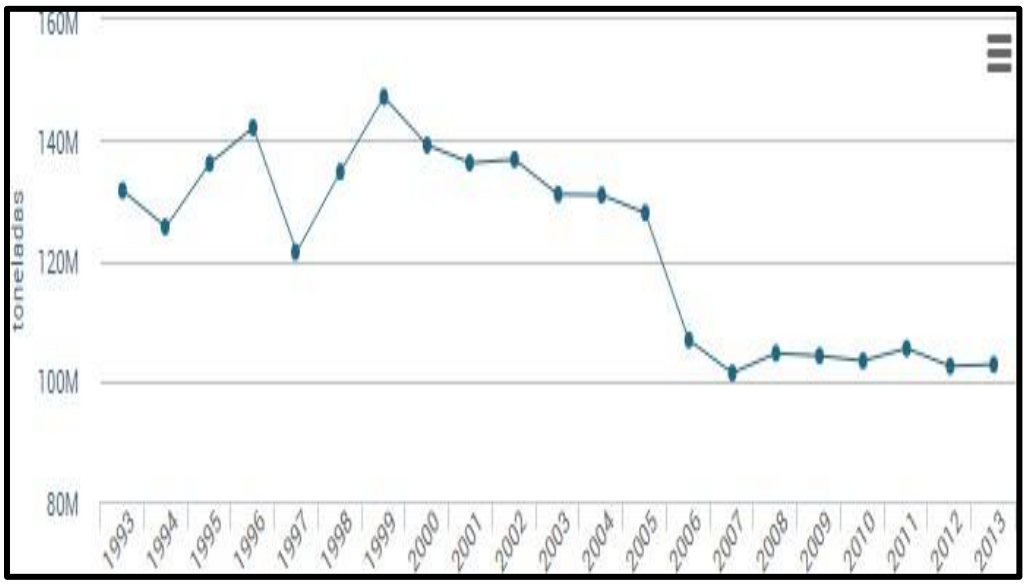
País	Producción (millones t·año)
China	120.0
Sureste asiático	13.0
África	6.0
Oceanía	6.0
América	2.9
E.E.U.U.	0.7
Japón	1.5
Nueva Zelanda	0.6
México	0.05

Fuente: FAO (2009); SIAP (2018).

La producción mundial de camote ha tenido una caída, el año 1996 y 1999 se produjeron más de 140 millones de toneladas, y actualmente se tiene una producción que apenas rebasa los 100 millones de toneladas. En la mayoría de los países en desarrollo, los rendimientos del camote han variado desde 1960 (Horton, 1989).

La excepción a esta tendencia es China, donde los rendimientos del camote se han duplicado desde 1965, en gran parte debido a la alta prioridad que se da a los fertilizantes en el desarrollo agrícola en China (Borlaug y Dowswell, 1994). A pesar de que el camote se cultiva en zonas con precipitación relativamente alta, no puede soportar la acumulación de agua, y por lo general se cultiva en las crestas o montículos de cama de siembra; tiene buena tolerancia a la sequía. Un rendimiento promedio es 20 t de peso fresco por hectárea; sin embargo, equivale a 6 t de materia seca en cuatro o cinco meses. (Byju, 2005).

Producción mundial del camote de 1993 a 2013



Fuente: FAO (2009); SIAP (2018).

Importancia socio económica del camote:

El camote (Ipomoea batatas L.) juega un papel importante en el sistema global de la alimentación, contribuyendo a los requerimientos nutricionales de más de dos mil millones de personas. El camote es un producto de primera necesidad principalmente en países en vías de desarrollo (Zhang, 2000), donde es producido y consumido por los más pobres, también por agricultores con mayor inseguridad alimentaria. El camote es un cultivo que constituye una fuente importante de trabajo e ingresos en las áreas rurales considerado como un cultivo de subsistencia en muchos países (Vilaró, 2011).

Las raíces tuberosas por su bajo costo y agradable sabor son un buen aporte al déficit nutritivo que demandan las familias de bajos ingresos.

El camote tiene una importancia en la industria debido a que la raíz reservante se presta para su procesamiento industrial en la obtención de subproductos que son utilizados en la industria alimentaria. Se obtienen básicamente harina y almidón para la elaboración de dulces, así como en pastelería, industria de embutidos, etc. Así mismo, el almidón se ha incorporado en estudios de panificación.

En la industria, China, Canadá y Colombia han incluido al camote en sus planes de producción de bio-etanol, alcohol de 96°, plástico biodegradable, en la alimentación se utiliza para la producción de licores, harina, almidón y elaboración de dulces, alimento para el ganado ovino y porcino (Larnaudie, 2013).

Importancia nutricional del camote:

El valor nutritivo del camote es mayor en comparación con el de la papa, además de ser una fuente valiosa de fibra, antioxidante y rica en vitaminas y minerales. Su uso como alimento-medicamento está indicado contra la deficiencia de vitamina A, reconocida por los síntomas de atraso en el crecimiento infantil, la piel áspera, la ceguera nocturna y la úlcera de córnea que puede provocar la pérdida total de la visión. Existen diversos cultivares de camote entre los que destacan las de raíces tuberosas de pulpa de color blanco, amarillo, naranja y morado, con aportes importantes de provitamina A, ácido ascórbico, antioxidantes y proteínas (Sangrois, 2006).

Las raíces tuberosas de camote proporcionan de 110 a 116 calorías y de 1.2 a 1.7 g de proteína por cada 100 g (Fonseca, 2002). Además, también se emplea el follaje como fuente de forraje fresco para la actividad ganadera asentada en las zonas marginales de los países en vías de desarrollo (Fonseca, 2002).

Hay muchas variedades de camote, de piel naranja, morada y blanca con igual número y combinaciones de color de la pulpa interna (Lardizábal, 2003).

1.3. Taxonomía del camote

El camote (Ipomoea batatas L.) pertenece a la clase magnoliopsida, familia convolvulaceae, genero Ipomoea. En la tabla I-1, se detalla la taxonomía del camote.

Tabla I-1: Taxonomía del camote

Reino	Vegetal
Phylum	Telemophytae
División	Tracheophytae
Sub división	Anthophyta
Clase	Angiospermae
Sub clase	Dicotyledoneae
Grado Evolutivo	Metachlamydeae
Grupo de Ordenes	Tetraciclicos
Orden	Polemoniales
Familia	Convolvulaceae
Nombre científico	Ipomoea batatas (L.) Lam.
Nombre común	Camote

Fuente: (Herbario Universitario UAJMS, 2024)

1.3.1. Descripción morfología

El camote es una planta herbácea, porte rastrero y vivaz (Rios, Zelada, 2017). A continuación, se realiza la descripción morfológica del camote:

1.3.2. Sistema radicular

La raíz es la parte más importante de la planta, ya que constituye el objeto principal del cultivo. Las raíces son abundantes y ramificadas, produciendo tubérculos de formas y colores variados (según variedad), de carne excelente, azucarada, perfumada y rica en almidón, con un elevado contenido de caroteno y vitamina C, y una proporción apreciable de proteínas. (Rios, Zelada, 2017)

En la figura I-1, se observa la forma del camote, color y su peso puede variar desde los 200-300 gramos hasta los 6 Kg.

Figura I-1: Camote



Fuente: (Rios, Zelada, 2017)

1.3.3. Tallo

También llamado rama, de longitud variable (de 10 cm a 6 cm), es cilíndrico (calibre de 4 mm) y rastrero. Puede ser glabro (sin pelos) o pubescente (velloso). El color varía entre verde, morado o combinación de ambos. (Humacata, 2014)

1.3.4. Hojas

Son muy numerosas, simples, alternas, insertadas aisladamente en el tallo, sin vaina, con peciolo largo de hasta 20 cm, coloración y vellosidad semejantes al tallo. Limbo ligeramente muy desarrollado y tiene una forma acorazonada (aunque hay variedades con hojas enteras, hendidas y muy lobuladas). (Humacata, 2014)

1.3.5. Flores

Se agrupan en una inflorescencia del tipo de cima bípara, con raquis de hasta 20 cm que se sitúan en la axila de una hoja con 4 centímetros de diámetro por cinco de largo, incluido el pedúnculo floral; el cáliz posee cinco sépalos separados, y la corola cinco pétalos soldados, con figura embudiforme y coloración violeta o blanca; el androceo lo constituyen cinco estambres y el gineceo un pistilo bicarpelar. (Humacata, 2014)

1.3.6. Fruto

Es una pequeña capsula redondeada de tamaño inferior a un centímetro, en cuyo interior se alojan de una a cuatro pequeñas semillas redondeadas de color pardo a negro, mil semillas pesan de 20 a 25 gramos. (Humacata, 2014)

1.4. Variedades

En la actualidad, al describir un cultivar se toma en cuenta el carácter de la pulpa, húmeda o seca, aclarando que estos términos se refieren al ablandamiento de los camotes cuando se cocinan, como consecuencia del desdoblamiento de los almidones en maltosa, (Folquer, 1978). De igual manera, (Folquer, 1978), menciona que según este factor y el del color de la pulpa, la siguiente es la agrupación de las variedades con mayor difusión mundial:

a) Tipo seco:

Pulpa blanca o cremosa.

Pulpa amarilla.

Pulpa morada.

b) Tipo húmedo:

Pulpa anaranjada (con alto contenido en carotenoides).

Pulpa amarilla.

1.5. Composición química

El camote es un alimento de alta energía, sus raíces tienen un contenido de carbohidratos totales de 25% a 30% de los cuales el 98% es considerado fácilmente digestible. El camote es rico en carbohidratos y vitamina A y puede producir más energía comestible por hectárea por día que el trigo, arroz o yuca. Tiene una gran diversidad de usos que incluyen el consumo de la raíz fresca, o de las hojas procesadas; se puede producir: almidón, harina y alcohol. (Vidal, Zaucedo, 2018)

La composición química que se detalla en la tabla I-2, puede variar de acuerdo con las características genéticas al cultivar, sistema de producción agrícola seleccionado (densidad de plantas, características del suelo), condiciones climáticas y prácticas de manejo agronómico.

Tabla I-2: Composición química del camote (Ipomoea batatas L.) en su estado fresco

Energía y nutrientes	Camote anaranjado	Camote blanco	Camote morado	Harina de camote
Energía (cal)	116	119	110	353
Proteína (g)	1.2	1.7	1.4	2.1
Grasas (g)	0.2	0.1	0.3	0.9
Carbohidratos (g)	27.6	28.3	25.	84.3
Fibra (g)	1	0.9	0.9	1.8
Calcio (Mg)	41	26	36	153
Fosforo (Mg)	31	35	40	99
Hierro (Mg)	0.8	2.5	1.4	5.7
Tiamina (Mg)	0.1	0.14	0.08	0.17
Retinol (Eq)	605	9	11	1542
Riboflavina (Mg)	0.05	0.04	0.05	0.17
Niacina (Mg)	0.63	0.70	0.82	1.67
Ac. Ascórbico (Mg)	10.0	12.9	13.6	7.9

Fuente: (Montaldo, 1991)

1.6. Propiedades nutricionales del camote

De acuerdo con investigaciones científicas, 100 gramos por día de batata de pulpa anaranjada son suficientes para reducir significativamente o eliminar la carencia de vitamina A cuya deficiencia debilita el sistema inmunológico, especialmente en los niños, los hace vulnerables a enfermedades.

En la tabla I-3, se muestran las propiedades nutricionales del camote amarillo.

Tabla I-3: Composición nutricional del camote amarillo

Componentes	Unidad	Cantidad
Energía	Kcal	105
Agua	g	71,07
Calcio	mg	22
Fósforo	µg	28
Hierro	mg	0,59
Riboflavina	mg	0,06
Vitamina A	mg	14,55
Vitamina C	mg	22,7
Ácido ascórbico	mg	29

Fuente: (Montaldo, 1991)

1.7 Aplicaciones y usos del camote

1.7.1. Medicinal

Ayuda a prevenir el desarrollo del cáncer por el aporte de la vitamina complejo B. Aporta calcio el cual ayuda a la formación, desarrollo y mantenimiento de huesos. Contiene una cantidad importante de fibra que favorece a la digestión y combate la enfermedad que padece los celiacos. (Sangrois, 2006).

1.7.2 Forraje

En el Perú la raíz se destina a la alimentación humana en forma fresca, y a la agroindustria como insumo; mientras que el follaje se destina a la alimentación animal y se emplea como semilla, forraje y abono verde. También es utilizado para la elaboración de pan de camote, el que contiene 34% de harina de camote y 66% de harina de trigo (Fonseca, 2002).

En estudios realizados en Cuba se ha llegado a la conclusión de que la raíz deshidratada puede sustituir hasta el 50% del maíz en las dietas de los cerdos con resultados satisfactorios; el uso de la pulpa cocida del camote puede sustituir con buenos resultados todo el maíz en la dieta de los cerdos cuando se utiliza un suplemento proteico adecuado. Por otra parte, el bejuco fresco es muy apetitoso para los cerdos y puede ser una fuente económica de proteína en la dieta. El camote puede competir y sobrepasar al maíz como alimento para los cerdos (Fonseca, 2002).

1.7.3. Industrial

Otro de los usos es el industrial. En el 2005 un equipo de técnicos de la Escuela Politécnica Nacional determinó que debido a la alta cantidad de amilasa que contiene, el almidón de camote al mezclarlo con dos plastificantes naturales, glicerol y sorbitol, puede servir como constituyente de láminas de plástico de alta resistencia. Pruebas de laboratorio efectuadas en el Perú demuestran que se puede obtener 125 litros de alcohol por tonelada métrica de camote; teóricamente es posible obtener 22 000 litros de alcohol por ha/año. El siguiente paso es instalar una planta que produzca alcohol para

el consumo humano, para la fabricación de shochu. Actualmente, en Japón se consumen 980 millones de litros de shochu, equivalentes 7 litros por persona. Después de lograr la producción de alcohol y shochu, se puede pasar a la producción de etanol.

1.8. Proceso de obtención de harinas

La obtención de harinas a partir de la raíz tuberosa de camote implica una serie de procesos cuidadosamente controlados para garantizar la calidad y seguridad del producto final. Este proceso incluye etapas como la limpieza, el secado, la molienda, el tamizado, el envasado y el almacenamiento. Cada una de estas etapas es crucial para asegurar que la harina resultante sea adecuada para el consumo humano y mantenga sus propiedades nutricionales y funcionales (Velarde, 2019).

1.8.1. Limpieza

La limpieza es el primer paso en el proceso de obtención de la harina de camote. Esta etapa es esencial para eliminar cualquier impureza, como tierra, residuos de pesticidas y otros contaminantes que puedan estar presentes en la cáscara. La limpieza generalmente se realiza utilizando una combinación de métodos mecánicos y químicos. La raíz tuberosa de camote se lava con agua potable y en algunos casos, se utilizan soluciones desinfectantes para la eliminación de microorganismos patógenos. La limpieza no solo mejora la calidad del producto final, sino que también prolonga su vida útil y asegura su seguridad para el consumo humano (Contreras, 2009).

1.8.2. Secado

Una vez limpios, los camotes deben ser secados para reducir su contenido de humedad. El secado es una etapa crítica que afecta la calidad de la harina final. El objetivo es disminuir el contenido de humedad a un nivel que impida el crecimiento de microorganismos y el deterioro del producto. Existen varios métodos de secado, incluyendo el secado al sol, el secado en horno y el secado mediante deshidratadores eléctricos (Contreras, 2009)

1.8.3. Molienda

La molienda es el proceso de reducción del tamaño de las ralladuras secas para obtener una harina fina y homogénea. Este proceso se realiza utilizando diferentes tipos de molinos, como molinos de martillo, molinos de rodillos y molinos de bolas. La elección del molino depende de la consistencia deseada de la harina y de la capacidad de producción. La molienda debe ser eficiente para asegurar que la harina tenga un tamaño de partícula uniforme, lo que es importante para sus propiedades funcionales y aplicaciones en la industria alimentaria. La molienda también aumenta la superficie de las ralladuras, lo que puede mejorar la biodisponibilidad de los nutrientes cuando se consume (TECNAL, 2023).

1.8.4. Tamizado

Después de la molienda, la harina de camote se tamiza para separar las partículas de diferentes tamaños y eliminar cualquier material no deseado que no haya sido adecuadamente molido. El tamizado se realiza utilizando tamices de diferentes mallas que permiten la separación de la harina en diferentes grados de finura. Este proceso asegura que la harina tenga una consistencia uniforme y cumple con las especificaciones requeridas para su uso en diversas aplicaciones alimentarias. El tamizado también puede mejorar la calidad del producto final al eliminar partículas grandes que podrían afectar la textura y el rendimiento de la harina (TECNAL, 2023).

1.8.5. Envasado

El envasado es una etapa crucial para mantener la calidad y seguridad de la harina de camote. Una vez tamizada, la harina se envasa en condiciones higiénicas para evitar la contaminación. Los envases deben ser herméticos para proteger la harina de la humedad, el aire y los contaminantes externos. Los materiales de envasado comunes incluyen bolsas de polietileno, bolsas de papel recubiertas y contenedores plásticos sellados. El envasado adecuado asegura que la harina mantenga su frescura, valor nutricional y funcionalidad durante su vida útil. (Tinoco, 2022).

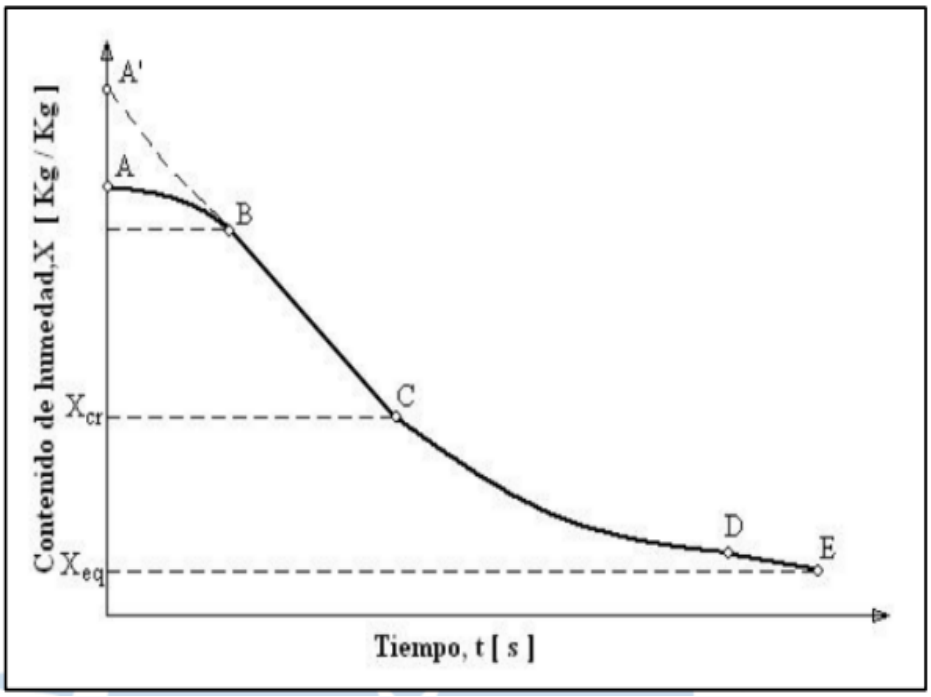
1.8.6. Almacenamiento

El almacenamiento adecuado de la harina de camote es fundamental para preservar su calidad a lo largo del tiempo. La harina debe almacenarse en un lugar fresco, seco y oscuro para evitar la exposición a la luz, el calor y la humedad, que pueden causar el deterioro del producto. Es esencial que las condiciones de almacenamiento prevengan la proliferación de microorganismos y la infestación por plagas. Los almacenes deben estar bien ventilados y limpios, y las bolsas de harina deben colocarse sobre pallets para evitar el contacto directo con el suelo. La rotación regular del stock y el monitoreo de las condiciones de almacenamiento ayudan a mantener la frescura y la seguridad de la harina de camote (Tinoco, 2022).

1.9. Curvas de Secado

Las curvas de secado son representaciones gráficas que muestran la relación entre el contenido de humedad de un material y el tiempo durante el proceso de secado. Estas curvas son esenciales para entender cómo cambia el contenido de humedad del material a medida que se aplica calor y se elimina el agua. En el caso del camote, las curvas de secado ayudan a determinar las condiciones óptimas para reducir la humedad sin degradar los nutrientes y las propiedades funcionales de la harina. (Thermtest, 2021).

Ilustración I-1: Curva de secado

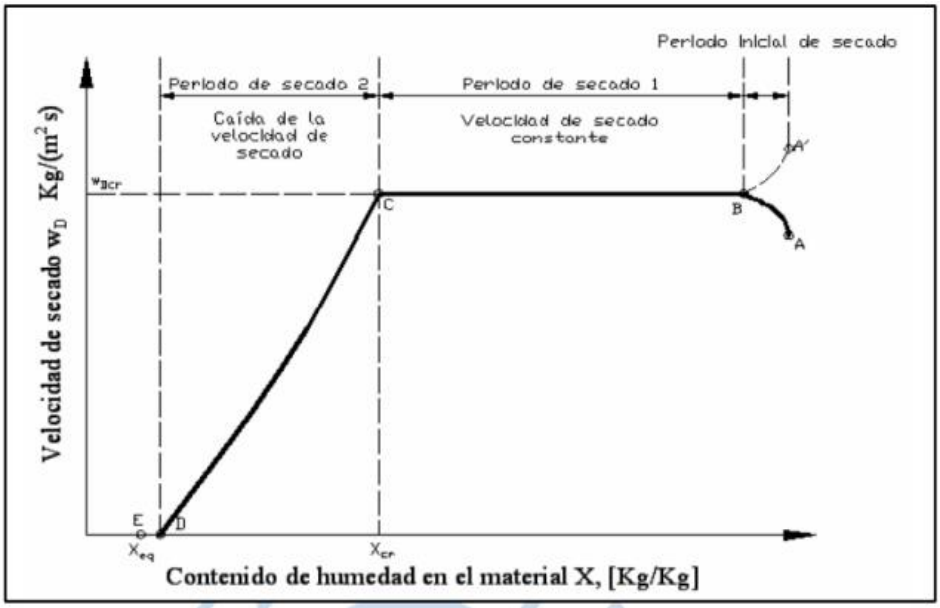


Fuente: (Dávila Nava, 2004)

De acuerdo con la curva, en el periodo inicial de secado, el cambio de humedad en el material está ilustrado en el tramo A-B, al terminar este primer periodo, el secado toma una forma lineal del tipo X = f (t), en este periodo B-C la velocidad de secado es constante.

El secado se mantiene igual por un tiempo hasta que llega a un punto crítico C en donde la línea tiende a curvearse formando una asíntota con el contenido de humedad Xeq donde es el valor mínimo de humedad en el proceso de secado, lo que significa que el punto E no es tocado. (Moreno, 2017)

Ilustración I-2: Curva de velocidad de secado



Fuente: (Dávila Nava, 2004)

Empezando en el tiempo cero, el contenido inicial de humedad libre corresponde al punto A. Al principio, el sólido suele estar a una temperatura inferior de la que tendrá al final y la velocidad de evaporación va en aumento. Al llegar al punto B, la temperatura de la superficie alcanza su valor de equilibrio. Por otra parte, si el sólido está bastante caliente al empezar la operación, la velocidad de secado puede iniciarse en un punto A. Este periodo inicial de ajuste en estado no estacionario suele ser bastante corto y por lo general se pasa por alto en el análisis de los tiempos de secado.

En el periodo BC la velocidad es constante, correspondiente a la línea de la figura, mientras que en el punto C la velocidad de secado comienza a disminuir en el periodo de velocidad decreciente hasta el punto D, en donde la velocidad disminuye con más rapidez hasta que llegue al punto E, donde el contenido de humedad de equilibrio se aproxima a cero. En el secado de algunos materiales, la región CD no existe, o bien se constituye la totalidad del periodo de velocidad decreciente. (Dávila Nava, 2004)

1.9.1. Cinética de secado

La cinética de secado se refiere a la velocidad a la cual el agua se elimina del material durante el proceso de secado. Este aspecto es crucial para diseñar y optimizar procesos industriales de secado. La cinética de secado está influenciada por varios factores, incluyendo la temperatura, la velocidad del aire, la humedad relativa del aire y las propiedades del material.

Generalmente, el secado rápido a altas temperaturas puede reducir el tiempo de procesamiento, pero también puede aumentar el riesgo de degradación térmica de los compuestos bioactivos y los nutrientes (Tinoco, 2022)

Se define la velocidad de secado por la pérdida de humedad del solido húmedo en la unidad de tiempo, y más exactamente por el cociente diferencial – (dx/dt) operando en condiciones constantes de secado, es decir con aire cuyas condiciones (temperatura, presión, humedad y velocidad) permanecen con el tiempo. Analíticamente, la velocidad de secado se refiere a la unidad de área de superficie de secado, de acuerdo con la ecuación. (Facultad Regional de Haedo, 2019)

Ecuación I-1: Velocidad de secado:

$$W = \frac{S_S}{A}\left(-\frac{dX}{dt}\right) \qquad \textbf{Ec. I-1}$$

Donde:

S_S= Peso de sólido seco (Kg)

A= Área de la superficie expuesta (m^2)

W= Velocidad de secado (Kg/m^2*h)

X= Humedad en base seca (Kg H_2O/Kg solido seco)

Para la optimización del proceso de secado en términos de calidad del producto y coste de la operación, se hace necesaria la predicción de la velocidad de secado con la ayuda de modelos adecuados.

1.9.2. Factores que intervienen en el proceso de secado

1.9.2.1. Aire como agente secante

Los productos alimenticios pueden ser secados con aire, vapor sobrecalentado, en vacío, con gas inerte y con la aplicación directa de calor.

El aire es el agente secante más comúnmente utilizado en el secado de alimentos, incluyendo a la raíz tuberosa de camote. El aire caliente se utiliza para transferir calor al material, lo que provoca la evaporación del agua. La capacidad del aire para secar depende de su temperatura, velocidad y humedad relativa. Un aire más caliente puede transportar más vapor de agua, lo que aumenta la eficiencia del secado. Sin embargo, un aire demasiado caliente puede dañar los nutrientes. La velocidad del aire también es crucial, ya que un flujo de aire más rápido puede remover más rápidamente el vapor de agua de la superficie del material, mejorando la tasa de secado (Tinoco, 2022).

1.9.2.2. Temperatura del aire

La temperatura del aire es uno de los factores más importantes en el proceso de secado. A medida que aumenta la temperatura del aire, la capacidad del aire para retener vapor de agua también aumenta, lo que puede acelerar el proceso de secado. Sin embargo, la temperatura debe ser cuidadosamente controlada para evitar la degradación térmica de los compuestos sensibles al calor de la raíz tuberosa de camote.

La temperatura óptima de secado para el camote suele estar en un rango que permite una rápida evaporación del agua sin comprometer la integridad nutricional del material. Temperaturas demasiado altas pueden causar la caramelización de los azúcares y la desnaturalización de las proteínas, mientras que temperaturas demasiado bajas pueden resultar en un secado ineficiente y prolongado. La selección de la temperatura adecuada es, por lo tanto, un balance entre eficiencia y preservación de la calidad (Mann, 2020).

Existen diversos niveles de temperaturas que se mantienen durante el proceso de secado:

Temperatura de bulbo seco: Es aquella del ambiente, se mide con instrumentación ordinaria como un termómetro de mercurio.

Temperatura superficial: Es la especie para secar, generalmente se mide por medio de un sensor infrarrojo.

Temperatura de bulbo húmedo: Es la temperatura de equilibrio dinámico obtenida por una superficie de agua cuando la velocidad de transferencia de calor por convección a la misma es igual a la transferencia de masa que se aleja de la superficie.

Durante el proceso de secado, se origina un gradiente de temperatura con respecto al espesor del material, mismo que tiende a disminuir conforme se reduce el contenido de humedad.

1.10. Agua en los alimentos

El agua es un componente fundamental de los alimentos, desempeñando múltiples roles cruciales en la calidad, la seguridad y la estabilidad de los productos alimenticios. Aproximadamente el 70-90% del peso de muchas frutas y verduras, incluido el camote, es agua.

Este alto contenido de agua influye en la textura, el sabor y la apariencia de los alimentos, además de ser esencial para las reacciones bioquímicas que ocurren durante el almacenamiento y procesamiento.

El agua en los alimentos se encuentra en dos formas principales: agua libre y agua ligada. El agua libre es aquella que no está firmemente unida a los componentes del alimento y puede evaporarse fácilmente. Esta forma de agua es la más importante desde el punto de vista microbiológico, ya que está disponible para el crecimiento de microorganismos. El agua ligada, por otro lado, está firmemente unida a las moléculas del alimento, como las proteínas y los carbohidratos, y no está disponible para la actividad microbiológica (Arevalo, 2019)

La actividad del agua es una medida crítica que indica la disponibilidad de agua para reacciones químicas y el crecimiento de microorganismos. Los alimentos con alta

actividad de agua, como las frutas frescas, son más susceptibles al deterioro microbiológico. Reducir la actividad del agua mediante procesos como el secado y la deshidratación es esencial para prolongar la vida útil de los alimentos. Además, el control de la actividad del agua es crucial para mantener la calidad sensorial y nutricional de los productos alimenticios (Serrate, 2019).

1.11. Contenido de humedad

El contenido de humedad en los alimentos se refiere a la cantidad total de agua presente en un alimento, expresada como un porcentaje del peso total del alimento. Este parámetro es crucial para determinar la calidad, la estabilidad y la vida útil de los productos alimenticios. En el caso del camote, el contenido de humedad es particularmente alto, lo que la hace susceptible a la descomposición microbiológica y a la degradación enzimática.

El contenido de humedad puede expresarse en base húmeda o seca. El contenido de humedad en base húmeda se calcula como el peso del agua dividido por el peso total del alimento, mientras que el contenido de humedad en base seca se calcula como el peso del agua dividido por el peso del material seco. La determinación precisa del contenido de humedad es fundamental para el control de calidad en la industria alimentaria y se puede realizar mediante varios métodos, como el secado en horno, la destilación y el uso de sensores de humedad (Mendez, 2023).

Puede expresarse en base seca o húmeda.

Contenido de humedad en base húmeda, es el contenido de agua en relación con la masa total húmeda del sólido y se expresa de acuerdo con la siguiente ecuación:

Ecuación I-2: Contenido de humedad en base húmeda.

$$X_{bh} = \frac{\text{Kg de agua}}{\text{Kg de } S_S + \text{Kg de agua}} \qquad \textbf{Ec. I-2}$$

El contenido de humedad en base seca es el contenido de agua con relación a la masa total seca del sólido y se expresa de acuerdo con la siguiente ecuación:

Ecuación I-3:Contenido de humedad en base seca

$$X_{bs} = \frac{\text{Kg de agua}}{\text{Kg de } S_S} \qquad \textbf{Ec. I-3}$$

1.12. Contenido de humedad en el aire seco

El contenido de humedad en el aire seco, o humedad relativa, es una medida de la cantidad de vapor de agua presente en el aire en relación con la cantidad máxima de vapor de agua que el aire puede contener a una temperatura específica. La humedad relativa es un factor crucial en el proceso de secado de alimentos, ya que afecta la eficiencia con la que el agua puede evaporarse del material secado.

Durante el secado, el aire seco con baja humedad relativa tiene una mayor capacidad para absorber vapor de agua del alimento, acelerando el proceso de secado. Por otro lado, un aire con alta humedad relativa es menos eficiente para el secado, ya que está más cerca de su punto de saturación y tiene una capacidad limitada para absorber más agua. Por esta razón, controlar la humedad relativa del aire es esencial para optimizar el proceso de secado y asegurar una eliminación eficiente de la humedad del alimento.

El control del contenido de humedad en el aire seco es también importante durante el almacenamiento de alimentos. Mantener un ambiente con baja humedad relativa en los almacenes ayuda a prevenir la reabsorción de humedad por los productos deshidratados, como la harina de camote. Esto es crucial para evitar la proliferación de microorganismos y mantener la calidad y la seguridad del producto (Serrate, 2019).

1.13. Equipos para molienda

La molienda es un proceso esencial en la producción de harina de camote y otros productos derivados de raíces. Este proceso implica la reducción del tamaño de las partículas del material seco para obtener una consistencia fina y homogénea que es adecuada para su uso en diversas aplicaciones alimentarias e industriales. La eficiencia de la molienda y la calidad del producto final dependen en gran medida de los equipos utilizados (Murcia, 2020). Existen varios tipos de molinos que se utilizan comúnmente en la industria alimentaria, cada uno con características específicas.

En la siguiente tabla se presenta una clasificación de equipos de molienda en función del tamaño del material requerido.

Tabla I-4: Tipos de molinos de acuerdo con el tamaño del producto final

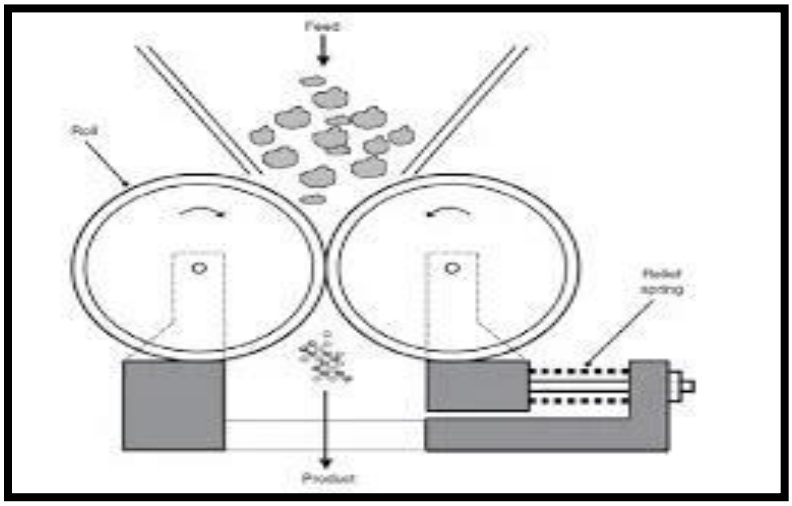
Rango de reducción de tamaño	Nombre generico del equipo	Tipo de equipo
Grueso e intermedio	Molinos de gruesos: "crushers"	De rodillos
Intermedio y fino	Molinos de finos: "mills o grinders"	De martillo Disco de atrición De rodillos
Fino y ultra fino	Molinos de ultra finos: "ultra fine grinders"	De martillo De bolas

Fuente: (Ortega-Rivas, 2005).

1.13.1. Molino de rodillo de gruesos (crusher)

En este tipo de molinos dos cilindros de acero rotan en sentido contrario de manera que las partículas son atrapadas y sometidas a fuerzas de compresión que causan la reducción de tamaño. Puede definirse la distancia entre ambos rodillos, manipulando el resorte de alivio del equipo.

Ilustración I-3: Molinos de gruesos a rodillo

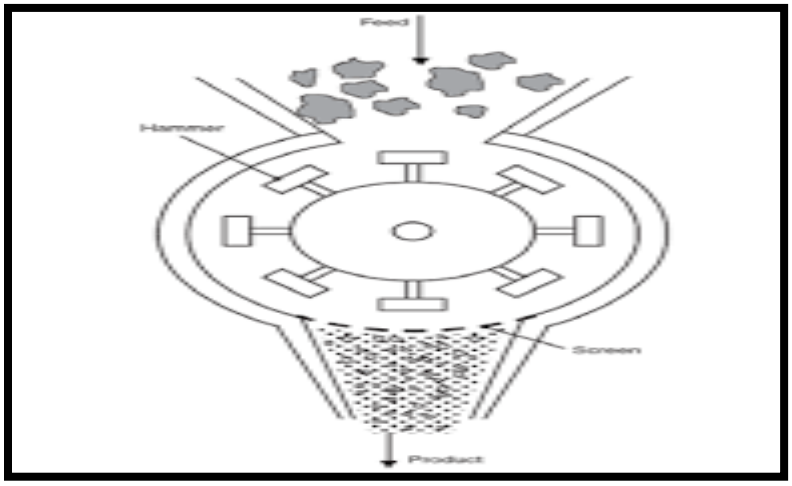


Fuente: (Ortega-Rivas, 2005).

1.13.2. Molino de martillo

El cual contiene un rotor de alta velocidad que gira dentro de una carcasa cilíndrica. El rotor posee un collar con un dado número de martillos en la periferia. La ruptura se da principalmente por fuerzas de impacto, algo de atrición es factible. Si se reemplazan los martillos por cuchillas, se puede moler material fibroso, y aún pegajoso.

Ilustración I-4: Molino de martillos



Fuente: (Ortega-Rivas, 2005).

1.13.3. Molinos de disco de atrición

Los molinos de disco de atrición utilizan discos abrasivos que giran a alta velocidad para moler el material. Estos discos pueden estar configurados en varias formas, incluyendo discos simples y dobles, y el material se muele entre las superficies de los discos. La distancia entre los discos y la velocidad de rotación pueden ajustarse para controlar el tamaño de las partículas resultantes.

Los molinos de disco de atrición son eficaces para la molienda fina y ultrafina de materiales, incluidos los alimentos. Son adecuados para la molienda de materiales secos y pueden producir partículas de tamaño muy pequeño con una distribución uniforme. Este tipo de molino es ideal para la producción de harina de camote con una textura fina y homogénea, adecuada para suplementos nutricionales (Siebtech, 2022).

Se utilizan fuerzas de corte para lograr la reducción de tamaño, se utilizan para dar principalmente partículas finas. Existen varios modelos:

Molino de disco con canaletas que rota a alta velocidad enfrentado a un disco fijo. El espaciado entre ambos discos puede regularse.

Molino de atrición de doble disco existen dos discos que rotan en direcciones opuestas, lo que facilita un intenso desgaste.

Molino tipo buhr es el molino de disco más antiguo, muy usado para la molienda de harina, consiste en dos discos.

1.13.4. Molinos de tambor

Los molinos de tambor, también conocidos como molinos de bolas o molinos de barras, son equipos de molienda que utilizan un tambor cilíndrico giratorio lleno de medios de molienda, como bolas de acero o barras. A medida que el tambor gira, los medios de molienda se elevan y caen sobre el material, rompiéndolo en partículas más pequeñas mediante impacto y fricción (Energostel, 2020).

1.13.5. Elementos importantes en la molienda

Existe una serie de elementos importantes que influyen en la molienda de los materiales. Estos son:

- Velocidad crítica: La velocidad a la que el molino opera para garantizar una molienda eficiente sin que los medios de molienda se adhieran a las paredes del molino.
- Tamaño máximo de los elementos moledores: El tamaño de las bolas, martillos o rodillos utilizados en el molino, que afecta el tamaño final de las partículas.
- Volumen de carga: La cantidad de material y medios de molienda presentes en el molino, que influye en la eficiencia del proceso.
- Potencia. tipos de molienda (húmeda -seca): La elección entre molienda en condiciones húmedas o secas, que puede afectar la eficiencia de la molienda y la calidad del producto final (Energostel, 2020).

1.14. Características organolépticas

Las características organolépticas de un alimento se refieren a sus atributos sensoriales, incluyendo el color, aroma, sabor, textura y apariencia general. Estos atributos son cruciales para la aceptación del consumidor y el éxito comercial de los productos alimenticios. En el caso de la harina de camote, mantener y mejorar sus características organolépticas es esencial para su aceptación en el mercado. El color es una de las características organolépticas más visibles y puede influir significativamente en la percepción del consumidor. La harina de camote debe tener un color claro y uniforme, libre de manchas oscuras para evitar la presencia de microorganismos (UPV, 2020)

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

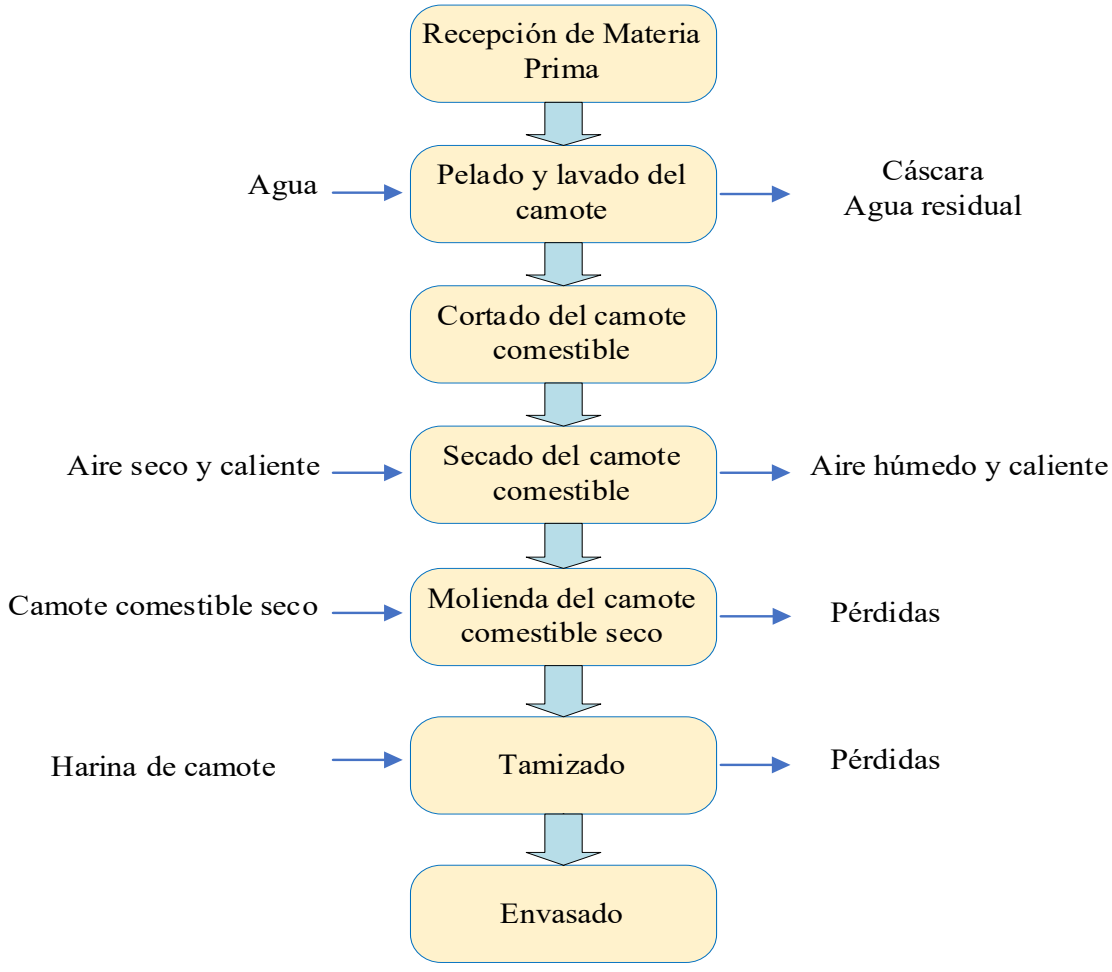
2.1. Proceso tecnológico experimental

2.1.1. Diagrama de flujo de proceso de la harina de camote

Las operaciones involucradas en la obtención de la harina de camote son: recepción de la materia prima, pelado y lavado, cortado, secado, molienda, tamizado y envasado.

A continuación, se hace una descripción de las operaciones empleadas para el desarrollo de la harina de camote.

Figura II-1: Diagrama de flujo de proceso de harina de camote



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

2.1.2. Equipos y materiales

Los siguientes equipos y materiales mencionados son esenciales para llevar a cabo este proyecto.

Tabla II-1: Equipos y materiales utilizados en el proyecto

Equipos	Materiales
Balanza analítica	Fuente de plástico
Estufa a bandejas	Balde plástico
Molino de martillos	Envase plástico para el vacío
Vibrador tamiz	
Envasadora al vacío	

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

2.2. Diseño estadístico de experimentos.

Se determinaron las variables que se modificaron para observar y cuantificar el efecto que tengan sobre los resultados obtenidos, como son la temperatura y tiempo de secado del camote, debido a que la combinación de estas influye directamente en el proceso de molienda, sobre la variable respuesta que es humedad.

Es así como el modelo factorial manejado es un diseño 3^2 el cual se compone de dos factores y tres niveles como se presenta a continuación:

Tabla II-2: Factores y niveles del diseño factorial del experimento

Factores	Niveles		
	Bajo	Medio	Alto
Temperatura de secado (ºC)	-1	0	+1
Tiempo de secado (horas)	-1	0	+1

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Respecto a los valores para cada nivel, se seleccionó bajas temperaturas para evitar las propiedades de desnaturalización y las propiedades sensoriales del producto final.

Los siguientes son los valores asignados a los niveles del proceso experimental:

Tabla II-3: Valores asignados a los niveles del proceso experimental

Factores	Niveles		
	Bajo	Medio	Alto
Temperatura de secado (ºC)	50	60	70
Tiempo de secado (horas)	6	7	8

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Además, se consideran como variables respuesta la humedad, una variable que tiene un impacto significativo en la calidad y estabilidad de la harina, así como el rendimiento de la transformación del camote a harina en el proceso de elaboración y evaluación sensorial del producto final. Estos criterios facilitaron la identificación de la combinación optima de factores que conduzcan a un producto no solo de calidad y estabilidad, sino también aceptable para el consumo humano. Dentro del marco de un diseño de 3^2, se llevarán a cabo 9 combinaciones con repetición.

La tabla que sigue presenta todas las posibles combinaciones que serán exploradas entre las variables sometidas a prueba.

Tabla II-4: Diseño factorial para el proceso experimental

N° de experimentos	Temperatura de secado (°C)	Tiempo de secado (h)	Rendimiento de la harina obtenida
1	-1	-1	R1
2	-1	0	R2
3	-1	+1	R3
4	0	-1	R4
5	0	0	R5
6	0	+1	R6
7	+1	-1	R7
8	+1	0	R8
9	+1	+1	R9

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Es así como se establece las siguientes hipótesis:

Ha: la temperatura y/o el tiempo de secado del camote influyen en el rendimiento del proceso de obtención de harina de camote.

Por otro lado, se presenta la hipótesis nula:

Ho: Ni la temperatura y ni el tiempo de secado del camote influyen en el rendimiento del proceso de obtención de harina de camote.

El modelo es el siguiente:

Ecuación II-1: Modelo de diseño factorial

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ijk} + \varepsilon_{ijk} \qquad \textbf{Ec. II-1}$$

$\mu =$ efecto medio global

$\alpha_i =$ efecto incremental sobre la media causado por el nivel i del factor de temperatura

$\beta_j =$ efecto incremental sobre la media causado por el nivel j del tiempo

$\alpha\beta_{ijk} =$ efecto incremental sobre la media causado por la interacción del nivel de la temperatura y el nivel j del tiempo.

$\varepsilon_{ijk} =$ termino del error

Cada término en la ecuación representa una contribución a la variable respuesta. La interpretación de estos coeficientes dependerá de la naturaleza especifica de los factores y de la respuesta que se está estudiando.

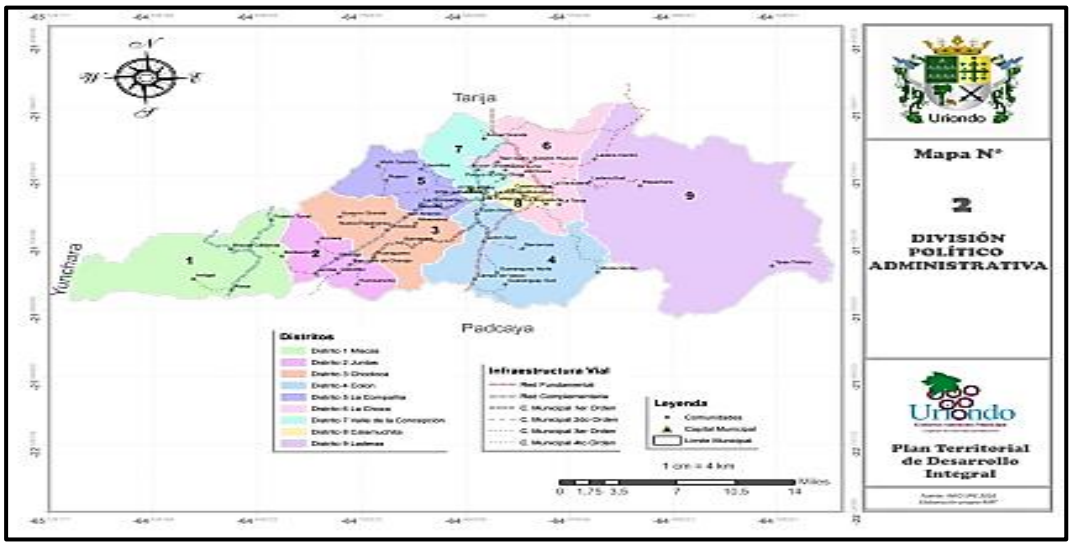
2.3. Descripción y caracterización de la materia prima

2.3.1. Adquisición del camote

El camote tiene una gran cantidad de carbohidratos, proteínas, celulosa y otros componentes como el caroteno, vitamina A, el sodio, el fósforo, el potasio y el calcio. Su trayecto comienza en los fértiles campos del municipio de Valle de la Concepción y llega hasta la capital de Tarija, donde se vende en el mercado campesino de la ciudad. Este recorrido implica el vínculo la riqueza del suelo y el esfuerzo de los agricultores.

La historia sobre el camote que se transporta desde el Valle de la Concepción hasta el mercado campesino de Tarija resalta la relevancia de las relaciones regionales en la entrega de alimentos y enfatiza el trabajo de los agricultores locales en la creación y entrega sostenible de productos frescos y sabrosos.

Figura II-2: Mapa municipio de Uriondo Tarija



Fuente:(Plan Territorial de Desarrollo Integral del Municipio de Uriondo 2016-2020)

En el Mercado Campesino de Tarija, el camote no es solo un tubérculo sabroso, sino también una rica experiencia gastronómica. Las hábiles manos de las vendedoras se transforman en creadoras al ofrecer camotes, ya sea cocidos al horno o hervidos, brindando a los compradores la facilidad de degustar esta raíz tuberosa sin tener que preocuparse por prepararla en su hogar.

Esta manera se usa el camote en su totalidad, incluyendo su pulpa y su cáscara, muestra no solo la experiencia práctica de las vendedoras de la región, sino también una dedicación a la sostenibilidad y al mejor uso de los recursos. En el mercado campesino de Tarija, el camote tiene un papel importante en la alimentación de la población tarijeña, convirtiendo el acto de adquirir camote en una narrativa de valor añadido y a precio por los productos de la zona.

Figura II-3: Materia prima adquirida del mercado campesino



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

2.3.2 Caracterización organoléptica del camote

La caracterización organoléptica del camote implica evaluar sus propiedades sensoriales a través de los sentidos, como la vista, el olfato, el gusto y el tacto. A continuación, se presenta una descripción organoléptica detallada:

a) Aspecto visual:

Color: El camote presenta un color morado en su parte externa y en su parte interna es amarillo, con posibles variaciones en función del grado de madurez. La superficie exterior puede tener zonas más oscuras debido a la presencia de pequeñas manchas o irregularidades naturales.

Textura: La textura del camote varía según la variedad y su estado de cocción, pasando de fibrosa y dura en crudo a una cremosa, suave o harinosa una vez cocido. Las texturas más comunes al cocinar son cremosas y dulces, ideales para purés y asados, o más secas y harinosas, preferidas en variedades como el camote morado.

b) Aroma:

Fragancia Fresca: La fragancia del camote es una combinación dulce y terrosa, es un aroma deliciosamente dulce, aunque no empalagoso, que puede volverse más acaramelado y complejo al prepararlo en dulces o postres, especialmente con especias

c) Sabor:

Dulzura Natural: El camote tiene un sabor dulce, el cual varía ligeramente dependiendo de la variedad, siendo el camote de pulpa anaranjada más dulce que el de pulpa blanca. A esta dulzura contribuye su contenido de azúcares simples, como la sacarosa, fructosa y glucosa, derivadas de la degradación de su almidón. Al cocinarse, su textura se vuelve cremosa y su sabor dulce y terroso se integra perfectamente en guisos, purés y asados, resaltando en platos tanto dulces como salados.

Fibrosidad: La cáscara del camote es comestible y muy nutritiva, rica en fibra, antioxidantes como los carotenoides (en camotes anaranjados) y antocianinas (en camotes morados), y vitaminas como la A, C y E, así como minerales como potasio y manganeso. Se puede usar en la cocina para preparar chips al horno, como parte de sopas, guarniciones o para añadir valor nutricional a diversos platillos. Su consumo regular se asocia con beneficios para la salud intestinal, cardíaca y ocular, y hay investigaciones que sugieren un potencial quimiopreventivo, especialmente en el camote morado.

d) Tacto:

Textura Bucal: Al masticar el camote su textura es generalmente cremosa y suave al cocinarse, aunque puede ser harinosa o más firme dependiendo de la variedad y el método de preparación. Su sabor dulce se debe a que el almidón se convierte en azúcares simples durante la cocción, lo que contribuye a su consistencia ideal para purés, asados o postres.

e) Global:

Armonía de Atributos: En su totalidad, el camote presenta una armonía de atributos organolépticos, donde el color, el aroma y el sabor se combinan para ofrecer una experiencia sensorial equilibrada y agradable.

Es fundamental señalar que las propiedades organolépticas pueden variar según el tipo de camote, su nivel de madurez, el procesamiento y otros factores. Este análisis sensorial ofrece una visión clara de las cualidades perceptibles del camote.

2.3.3. Caracterización fisicoquímica del camote

Se llevo a cabo un análisis fisicoquímico y microbiológico de caracterización del camote en las instalaciones de CEANID (Centro de Análisis Investigación y Desarrollo). Este estudio implico la evaluación de aspectos fundamentales de sus propiedades, con el objetivo de obtener una comprensión detallada de su composición y características.

Los hallazgos de este estudio no solo contribuyen al conocimiento científico en el campo de la alimentación, sino que también pueden tener aplicaciones prácticas en la formulación de productos, la optimización de procesos y el desarrollo de tecnologías relacionadas.

2.4. Desarrollo del proceso experimental

El desarrollo de este proyecto de investigación para la operación de secado se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Alimentos de la carrera de Ingeniería de Alimentos y para las operaciones posteriores en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) de la Carrera de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

2.4.1. Elaboración de la harina de camote

2.4.1.1. Selección de la materia prima

Una vez comprado, los camotes son revisados visualmente con atención para detectar cualquier defecto o residuos indeseados. Se lleva a cabo una separación minuciosa, eliminando cualquier parte de la cáscara que no cumpla con la caracterización organoléptica. Esta fase es fundamental para asegurar la calidad del producto final.

2.4.1.2. Lavado del camote

El proceso de lavado del camote se lleva a cabo con meticulosidad para garantizar la higiene y seguridad alimentaria. En primer lugar, el camote adquirido en el mercado campesino es sometido a un lavado exhaustivo con agua corriente. Este paso inicial tiene como objetivo eliminar cualquier residuo superficial, presente en el camote.

A continuación, se utiliza un cepillo con fibras de plástico para hacer una limpieza minuciosa del camote. Este cepillo, que tiene cerdas fuertes y flexibles, ayuda a llegar a las áreas irregulares de la superficie, garantizando una limpieza más completa. Las fibras de plástico, elegidas por su resistencia y efectividad para limpiar, ayudan a quitar cualquier rastro de suciedad o residuos que podrían estar pegados a la piel externa del camote.

Figura II-72: Lavado con cepillo





Fuente: (Elaboración propia, 2025)

La limpieza con agua y el cepillado con cerdas de plástico no solo satisface las normas de higiene necesarias, sino que también contribuye a preservar la calidad del camote. Este procedimiento es esencial para que el producto final ofrezca no solo un gusto exquisito, sino también la certeza en cuanto a su calidad y seguridad alimentaria.

2.4.1.3. Secado del camote

El proceso de secado del camote se realiza de forma metódica y eficaz mediante un secador de bandejas. Este método permite aprovechar al máximo las batatas, convirtiéndolas en un producto versátil y de valor agregado.

Primero, las cáscaras de camote se colocan uniformemente en las bandejas de secado, asegurando una distribución razonable y creando condiciones favorables para el proceso de secado. El secador de bandeja se encarga de controlar el flujo de aire caliente a través de las ralladuras, acelerando la evaporación de la humedad.

Durante el periodo de secado, se hicieron nueve combinaciones con una repetición, a temperaturas de 50 °C, 60 °C, 70°C, y tiempos de 6 h. 7h. y 8h se monitorea de cerca la temperatura y tiempo para garantizar condiciones óptimas.

La cantidad inicial es de 200g. para cada experimento, que es más fácil de manipular, la cual se va pesando y registrando en intervalos de 30 min.

Figura II-5: Secador de bandejas.



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Este cuidado es esencial para mantener la calidad del producto final y para lograr un nivel de humedad específico que permita un almacenamiento prolongado sin comprometer las características organolépticas del camote.

El registro del tiempo de secado de la muestra y el registro de la variación de la masa se muestra a continuación, considerando tal ejemplo el experimento Nº 9 (70 °C; 8h).

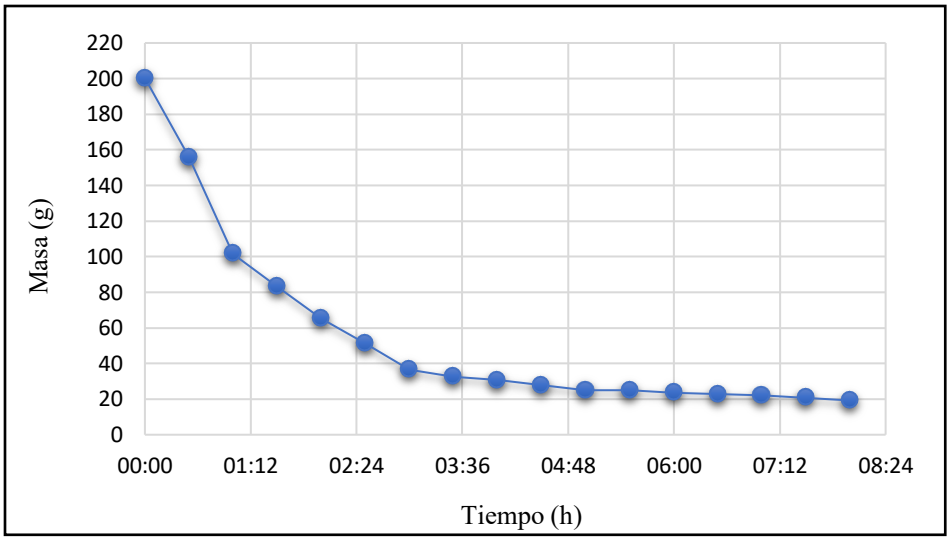
Tabla II-5: Variación de masa en función del tiempo para 70°C en 8 h.

N° Muestras	Tiempo (h)	Masa (g)
1	00:00	200,28
2	00:30	156,05
3	01:00	101,65
4	01:30	83,23
5	02:00	65,35
6	02:30	51,16
7	03:00	36,52
8	03:30	32,54
9	04:00	30,63
10	04:30	27,84
11	05:00	25,15
12	05:30	24,84
13	06:00	23,62
14	06:30	22,74
15	07:00	21,95
16	07:30	20,76
17	08:00	19,23

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

En el siguiente gráfico se exhibe la curva de variación de masa durante el proceso de secado, tomando en consideración las condiciones específicas de 70º C y un tiempo total de 8 horas. Esta representación gráfica ilustra la evolución de la masa a lo largo del tiempo, proporcionando una visión detallada de como el material se seca bajo estas condiciones particulares.

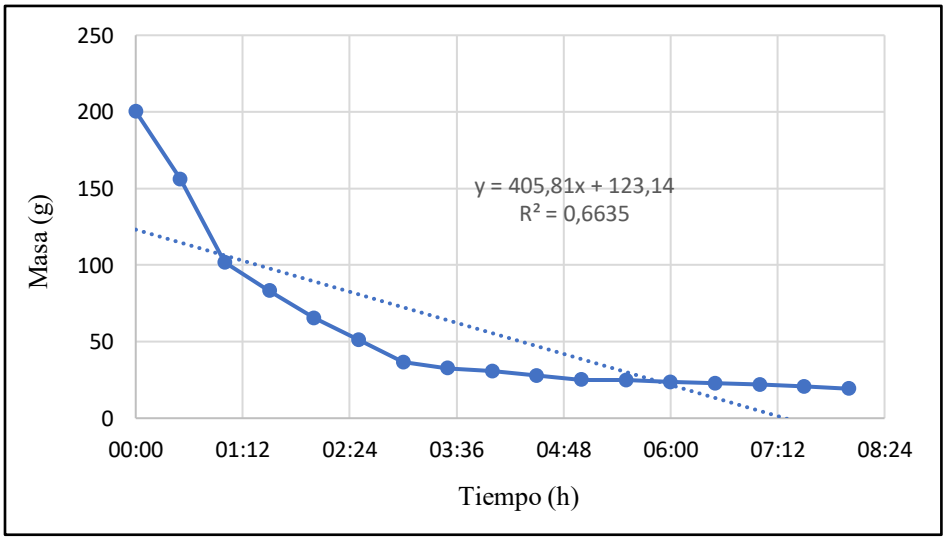
Ilustración II-1: Curva de variación de masa en función del tiempo para 70°C en 8h



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Para encontrar la ecuación que represente la variación de la masa en respecto al tiempo se debe tomar un modelo matemático que se ajuste; en este sentido, se proyecta una curva de tendencia que se ajuste a los datos obtenidos, a fin de hallar la ecuación resultante a la variación respecto al tiempo:

Ilustración II-2: Ajuste de la curva para la variación de masa en función del tiempo para 70°C en 8h.



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

La ecuación resultante que describe la variación de la masa en función del tiempo es la Ecuación II-5, que representa el ajuste de la curva de pérdida de humedad respecto al tiempo:

Ecuación II-2:Ecuación de ajuste de la curva de pérdida de humedad en función del tiempo

$$y = 405{,}81 + 123{,}14 \qquad \textbf{Ec. II-2}$$

Este ajuste se evidencia con un coeficiente de determinación R^2=0,6635 lo cual indica un excelente ajuste de la curva con respecto a los datos recopilados.

2.4.1.4. Determinación de la humedad en base seca

Para determinar el contenido de humedad expresado en base seca, se emplea la siguiente fórmula:

Ecuación II-3: Humedad expresada en base seca

$$\%X_{bs} = \frac{m_{H2O}}{m_s} * 100 \qquad \textbf{Ec. II-3}$$

Donde:

m_{H2O} = masa del agua en base seca (Kg de H_2O)

ms= masa seca (Kg de solido seco)

Xbs= Humedad en base seca (Kg de H_2O/Kg de solido seco)

Al aplicar esta fórmula al primer conjunto de datos, se obtendrá el valor específico del contenido de humedad expresado en base seca para ese momento particular del proceso. Este enfoque proporciona una medida precisa y estandarizada de la humedad, esencial para comprender las características del material bajo estudio y su proceso de secado.

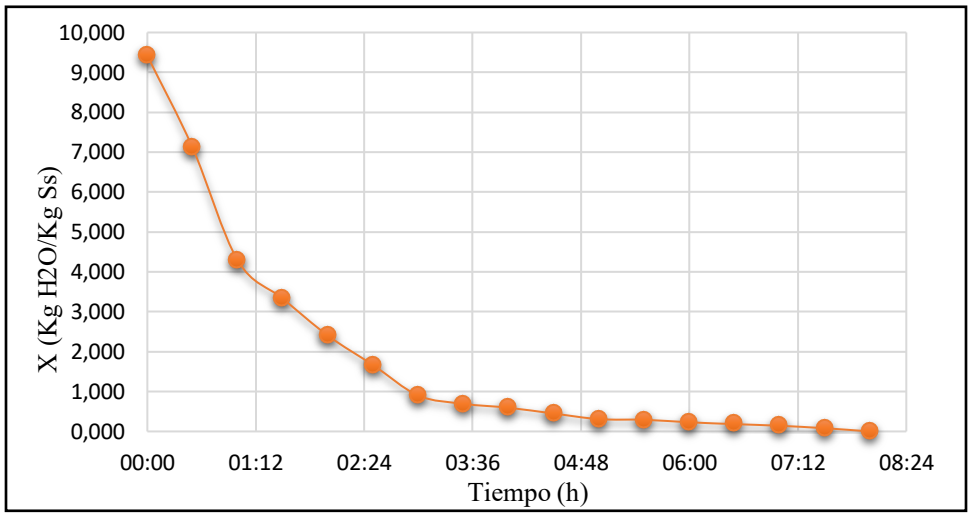
Tabla II-6: Variación de la humedad expresada en base seca del proceso de secado del camote 70°C y 8h.

N°	Tiempo (h)	Masa (g)	X (Kg H_2O/Kg Ss)
1	00:00	200,28	9,415
2	00:30	156,05	7,115
3	01:00	101,65	4,286
4	01:30	83,23	3,328
5	02:00	65,35	2,398
6	02:30	51,16	1,660
7	03:00	36,52	0,899
8	03:30	32,54	0,692
9	04:00	30,63	0,593
10	04:30	27,84	0,448
11	05:00	25,15	0,308
12	05:30	24,84	0,292
13	06:00	23,62	0,228
14	06:30	22,74	0,183
15	07:00	21,95	0,141
16	07:30	20,76	0,080
17	08:00	19,23	0,000

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

En el grafico siguiente se muestra la evolución de la cantidad de humedad ajustada en base seca a lo largo del tiempo. Este gráfico proporciona una visualización clara de cómo varía la humedad de la muestra en función del tiempo, teniendo en cuenta la fórmula mencionada previamente según (Martines, Leonel 2010).

Ilustración II-3: Curva de variación de la humedad expresada en base seca del proceso de secado de camote 70°C y 8h.



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tal como se evidencia en la ilustración II-3, la curva exhibe inicialmente un comportamiento de pérdida de humedad prácticamente lineal. No obstante, hacia el extremo medio de la curva, se observa que la disminución de la humedad se torna más gradual. Este fenómeno se atribuye al hecho de que, en este punto específico, únicamente persiste agua no ligada en la muestra.

Este cambio en la tasa de pérdida de humedad sugiere una transición en las características del camote. La presencia exclusiva de agua no ligada al final de la curva puede indicar un estado particular en el proceso de secado.

2.4.1.5. Determinación de la humedad en base húmeda

Al examinar la ilustración II-4 muestra la fluctuación de la humedad en términos de base seca en relación con el tiempo durante el experimento llevado a cabo a 70 °C con una duración de 8 horas, se desprende que:

Ecuación II-4: Humedad expresada en base húmeda

$$\%X_{bh} = \frac{m_{H2O}}{m_s + m_{H2O}} \qquad \textbf{Ec. II-4}$$

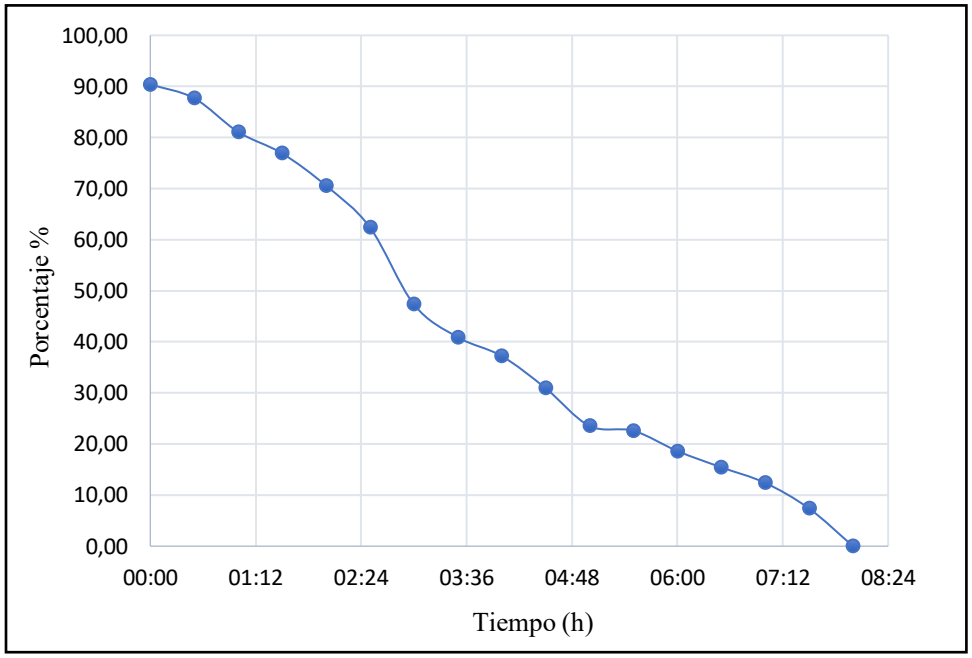
Es relevante subrayar que la cantidad en términos de base húmeda puede expresarse tanto en Kg de H_2O por Kg de sólido húmedo como en el porcentaje de masa de agua en relación con la masa total de la muestra. Mientras tanto, el contenido de humedad en base seca adquiere significado únicamente al expresarse en formato decimal, dado que representa una proporción entre los componentes del material (Martines, L. 2010)

Tabla II-7: Variación de la humedad expresada en base húmeda del proceso de secado del camote a 70°C y 8h.

N°	Tiempo (h)	Masa (g)	X (KgH_2O/Kg Sh)	Porcentaje %
1	00:00	200,28	0,904	90,40
2	00:30	156,05	0,877	87,68
3	01:00	101,65	0,811	81,08
4	01:30	83,23	0,769	76,90
5	02:00	65,35	0,706	70,57
6	02:30	51,16	0,624	62,41
7	03:00	36,52	0,473	47,34
8	03:30	32,54	0,409	40,90
9	04:00	30,63	0,372	37,22
10	04:30	27,84	0,309	30,93
11	05:00	25,15	0,235	23,54
12	05:30	24,84	0,226	22,58
13	06:00	23,63	0,186	18,62
14	06:30	22,74	0,154	15,44
15	07:00	21,95	0,124	12,39
16	07:30	20,76	0,074	7,37
17	08:00	19,23	0,000	0,00

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Ilustración II-4: Curva de variación del contenido de humedad expresada en base húmeda del proceso de secado del camote a 70°C y 8h.



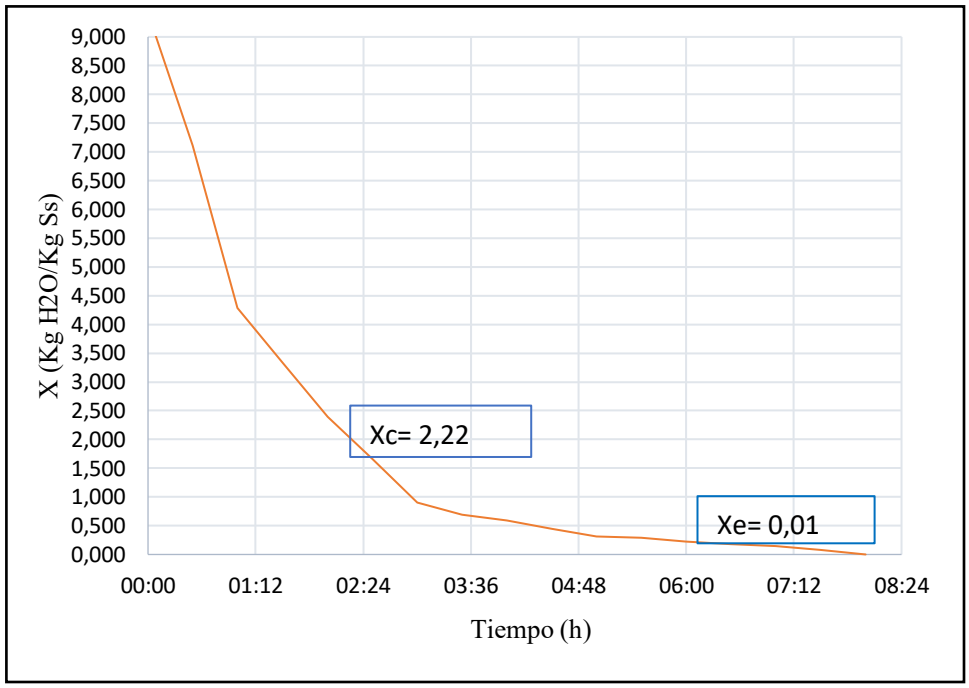
Fuente: (Elaboración propia, 2025)

La curva de variación del contenido de humedad expresada en base húmeda durante el proceso de secado de la ralladura de camote muestra una disminución gradual en la cantidad de agua presente. Inicialmente, se observa una fase de secado más lenta, probablemente debido al proceso de calentamiento de la muestra. A medida que avanza el tiempo, la curva indica una aceleración en la pérdida de humedad, indicando una fase de evaporación más intensa. Finalmente, la curva se estabiliza, señalando el punto en el cual se ha alcanzado un equilibrio y la ralladura de camote ha alcanzado un nivel deseado de contenido de humedad reducido.

2.4.1.6. Determinación de la humedad crítica y humedad de equilibrio

Se representa la variación de la humedad en términos de base seca en función del tiempo durante el experimento realizado a 70ºC y con una duración de 8 horas, se puede deducir que:

Ilustración II-5: Determinación de la humedad crítica y humedad de equilibrio



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

La gráfica revela dos fases distintas en el proceso de secado: una fase antecrítica y otra postcrítica. Durante la fase antecrítica, se observa que la velocidad de secado se mantiene constante. Este periodo se caracteriza por la ausencia de agua superficial en el sólido, lo que impide mantener una eliminación constante de agua. En este punto, la eliminación de agua se inicia a partir del agua ligada en el sólido. La transferencia de humedad ocurre desde el interior del sólido hacia la superficie.

A medida que la humedad desciende por debajo del umbral crítico Xc, la eliminación de agua ligada continúa hasta alcanzar la humedad de equilibrio Xe. En este punto, la presión de vapor de la ralladura de camote se iguala a la presión de vapor del agua en el entorno circundante. Este cambio marca la transición a la fase postcrítica, donde la velocidad de secado disminuye gradualmente. En resumen, la gráfica proporciona una representación visual de estos dos periodos cruciales en el proceso de secado y cómo evoluciona la eliminación de la humedad en el material sólido.

2.4.1.7. Determinación de la cinética de secado

La cinética de secado es el estudio de la velocidad a la que un material sólido pierde humedad por unidad de tiempo, reflejando cómo cambia su contenido de agua en relación con variables como la temperatura, el tiempo y las características del producto. El método de tres puntos se revela como una herramienta valiosa para analizar la velocidad de secado a lo largo del tiempo, permitiendo una evaluación más detallada de los cambios en la humedad.

Para determinar la cinética de secado en cada punto, se calculó la pendiente en función del tiempo. La pendiente obtenida en el primer punto proporciona información sobre la velocidad inicial de secado, mientras que las pendientes en los puntos intermedio y final indican posibles cambios en la velocidad a lo largo del proceso.

Ecuación II-5: Aproximación por diferencia hacia atrás

$$Yo = \frac{-3yo + 4y_1 - y_2}{2h} \qquad \textbf{Ec. II-5}$$

Ecuación II-6: Aproximación por diferencia central

$$y_1 = \frac{-y_0 + y_2}{2h} \qquad \textbf{Ec. II-6}$$

Ecuación II-7: Aproximación por diferencia hacia adelante

$$y_2 = \frac{y_0 - 4y_1 + 3y_2}{2h} \qquad \textbf{Ec. II-7}$$

Este enfoque permite una comprensión más profunda de la dinámica del secado, facilitando la identificación de posibles cuellos de botella o áreas de mejora en los procesos de secado. La aplicación del método de tres puntos para analizar la cinética de secado se revela como una herramienta valiosa para optimizar y perfeccionar procesos industriales y agrícolas, contribuyendo así a la eficiencia y sostenibilidad de dichos procesos.

Es así que aplicando mencionado método con los valores obtenidos en el contenido de humedad expresado en base seca se obtiene lo siguiente:

Tabla II-8: Resultado de la diferenciacion numérica por el método de tres puntos:

X (Kg H_2O/KgSs)	y0	y1	y2	(dx/dy)
9,415	-4,07			4,07
7,115	-7,53	-5,129		6,33
4,286	-1,94	-3,787	-6,187	3,97
3,328	-2,05	-1,888	-0,045	2,90
2,398	-1,45	-1,668	-1,832	2,25
1,660	-2,08	-1,499	-1,284	1,62
0,899	-0,52	-0,968	-1,545	1,01
0,692	-0,15	-0,306	0,140	0,11
0,593	-0,30	-0,244	-0,090	0,21
0,448	-0,40	-0,285	-0,336	0,34
0,308	0,02	-0,156	-0,275	0,14
0,292	-0,15	-0,080	0,092	0,05
0,228	-0,09	-0,109	-0,176	0,13
0,183	-0,07	-0,087	-0,071	0,07
0,141		-0,103	-0,081	0,09
0,080		-0,141	-0,141	0,14
0,000			-0,179	0,18

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Para analizar el comportamiento de la velocidad de secado en la prueba bajo condiciones de 70º C con una duración de 8 horas, es necesario emplear la ecuación 11 utilizando los datos recabados de la tabla II-9, que registra la variación de la humedad en relación con el tiempo.

Ecuación II-8: Velocidad de secado:

$$\mathbf{W = \frac{Ss}{A}\left(-\frac{dx}{dy}\right)} \qquad \textbf{Ec. II-8}$$

Donde:

W= velocidad de secado (Kg/m^2*h)

A: área de superficie= 0,4212 m^2

Ss: masa del solido seco= 0,01986 Kg

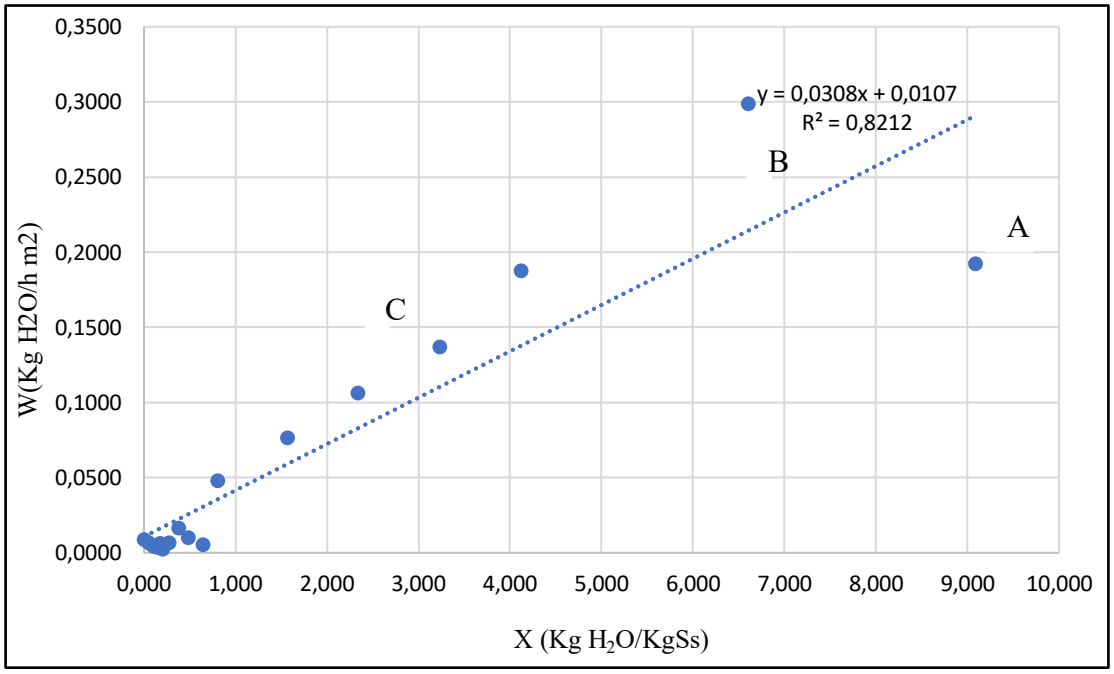
De esta manera se resuelve los siguientes resultados:

Tabla II-9: Datos de velocidad de secado

Tiempo (h)	X (Kg H_2O/KgSs)	W(Kg/m^2*h)
00:00	9,086	0,1920
00:30	6,604	0,2984
01:00	4,122	0,1873
01:30	3,230	0,1367
02:00	2,337	0,1061
02:30	1,569	0,0764
03:00	0,802	0,0477
03:30	0,641	0,0050
04:00	0,481	0,0099
04:30	0,376	0,0161
05:00	0,270	0,0065
05:30	0,205	0,0021
06:00	0,175	0,0059
06:30	0,137	0,0035
07:00	0,097	0,0043
07:30	0,048	0,0066
08:00	0,000	0,0084

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Ilustración II-6: Curva de velocidad de secado en función al contenido de humedad



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Punto A al Punto B: el punto A representa el comienzo del proceso de secado, donde la ralladura de camote tiene una alta humedad libre. En este punto, la temperatura del sólido es más baja que en etapas posteriores y la velocidad de evaporación está en aumento. La humedad libre es aquella que se puede eliminar fácilmente mediante el proceso de secado.

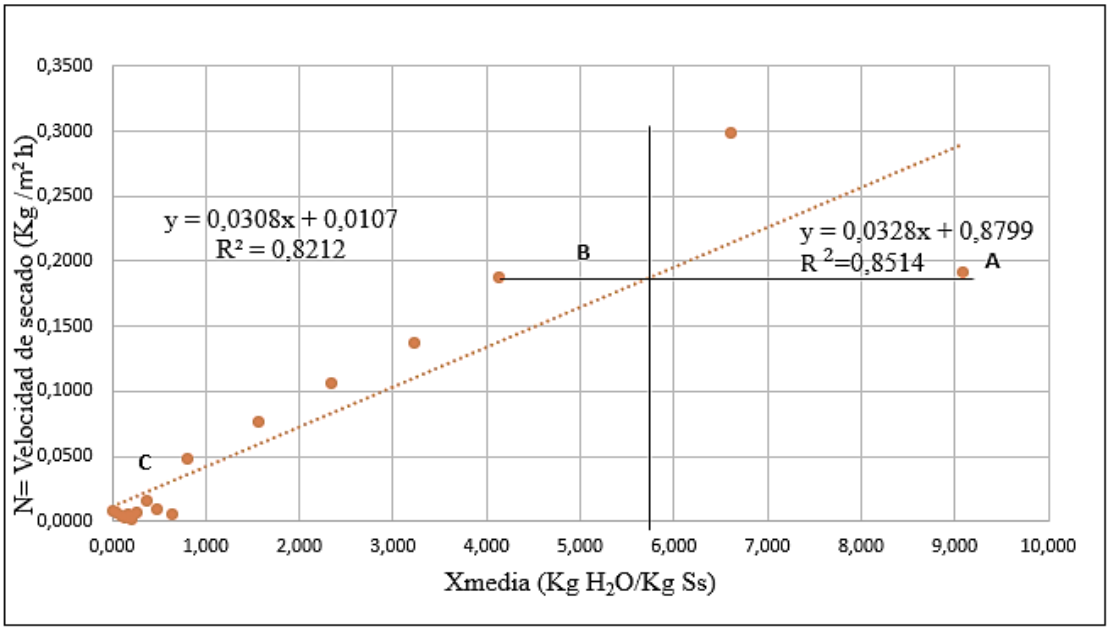
En este punto B, la temperatura de la superficie de la ralladura del camote alcanza su valor de equilibrio, lo que significa que ha alcanzado una temperatura constante. Esto puede indicar que el proceso de secado ha alcanzado una etapa estable en términos de temperatura.

Punto C: A partir del punto C, la pendiente de la curva empieza disminuir, reflejando una velocidad de secado decreciente.

Notable disminución en la velocidad de secado, la humedad interna se vuelve el factor limitante.

La comprensión y el análisis de estos puntos permiten optimizar el proceso de secado, ajustando las condiciones operativas para maximizar la eficiencia y la calidad del producto final.

Ilustración II-7: Representación del modelo de la cinética de secado de la muestra M-9 a 70ºC en 8h



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

En la figura se puede observar el comportamiento de pérdida de humedad de la muestra M-9 con la velocidad de secado donde se observa dos tramos distintos (A - B), (B - C).

En el tramo (A - B) periodo ante crítico cuya velocidad de secado es relativamente constante, se puede observar que finaliza cuando el contenido medio de humedad alcanza la humedad crítica por lo tanto la ecuación matemática de la regresión lineal ajustada con el coeficiente de regresión R^2 (0,8514) para el tramo A - B, se describe en la ecuación.

Ecuación II-9: Ecuación cinética de secado del tramo A-B

$$y = 0{,}0328x + 0{,}8799 \qquad \textbf{Ec. II-9}$$

En el punto B se puede ver la humedad de equilibrio que se muestra en la figura con la intersección de los dos tramos A-B y B-C.

En el tramo B-C periodo de secado post crítico, la velocidad de secado decrece hasta que el contenido de humedad alcanza el equilibrio por lo tanto la ecuación matemática de la regresión lineal ajustada con el coeficiente de regresión R^2 (0,8212) para el tramo B-C, se describe en la ecuación.

Ecuación II-10: Ecuación cinética de secado del tramo B -C

$$y = 0{,}0308x + 0{,}0107 \qquad \textbf{Ec. II-10}$$

2.4.1.8. Molienda de las ralladuras de camote

En esta etapa del proceso, las ralladuras de camote secas se introducen en la tolva del molino a martillos hasta 50% a manera de regular la entrada de alimentación. Este equipo utiliza una serie de martillos giratorios para golpear y triturar las ralladuras, reduciéndolas a un tamaño más pequeño y homogéneo, para la recepción de la harina se acopla una bolsa de polietileno tal como se ve en la figura. La velocidad y la presión controladas garantizan un molido uniforme, manteniendo la integridad de los compuestos naturales presentes en el camote.

Figura II-6: Molido de las ralladuras de camote secas



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

El resultado de este proceso es un polvo o una textura molida en donde se pasa a pesar, presenta propiedades ideales para su uso en muchas aplicaciones industriales y culinarias. El molino de martillos no sólo garantiza la reducción deseada del tamaño de las partículas, sino que también permite un control preciso de la consistencia del producto final.

2.4.1.9. Tamizado de la harina de camote

Para realizar el tamizado de la harina, se introdujo una porción de harina de camote en la tamizadora que funciona por vibración. Se usaron cuatro conjuntos de tamices con mallas que tienen aberturas distintas, dispuestos en orden decreciente como a continuación se explica:

Tabla II-10: Tamices utilizados en la harina de camote

Nº de malla en mm UNE	Designación de tamiz ASTM (malla)
1	18
0,5	35
0,25	60
0,063	230

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Figura II-7: Tamizado de la harina de camote



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Se configuró el proceso para operar a 125 revoluciones por minuto (rpm) durante un período de 15 minutos.

Ecuación II-11: Porcentaje de retención

$$\% \text{ Retención} = \frac{\text{Masa retenida}}{\text{Masa total}} * 100 \qquad \textbf{Ec. II-11}$$

$$\%\text{Pasa} = 100 - \% \text{ Retención}$$

El proceso se programó a 125 rpm durante 15 min para el ensayo Nº 9 en 8 h. en 70°C.

Tabla II-11: Porcentaje de retención en el proceso de tamizado de la harina de camote

N° de tamiz ASTM	N° de malla (mm)	Masa Retenida(g)	% Retención	% Pasa
18	1	0,062	0,041	99,959
35	0,5	44,299	29,533	70,467
60	0,25	68,419	45,613	54,387
230	0,063	8,271	5,514	94,486
Colector		27,864	18,576	81,424

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

2.4.1.10. Envasado de la harina de camote

El envasado al vacío de la harina de camote en bolsas de plástico es un proceso clave para mantener la frescura y calidad de este producto derivado. Este método de envasado al vacío es una solución eficaz para ayudar a prolongar la vida útil de la harina sin dejar de conservar las propiedades naturales de la harina.

Después de cargar la bolsa, el siguiente paso implica la introducción del conjunto en la envasadora al vacío. Este equipo utiliza tecnología de succión para extraer el aire de la bolsa, creando un ambiente sellado herméticamente. La eliminación de oxígeno es importante ya que ayuda a reducir la oxidación de la harina y previene la presencia de microorganismos, asegurando así la frescura y calidad del producto.

El envasado al vacío no solo preserva las propiedades organolépticas de la harina de camote, sino que también ayuda a la conservación de sus nutrientes esenciales. La eliminación del aire optimiza el espacio de almacenamiento y facilita la gestión del producto a nivel logístico.

Figura II-8: Envasado de la harina de camote



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

2.5. Balance de materia y energía

2.5.1. Balance de materia

Para el balance de materia en el proceso de producción de harina de camote, se lleva a cabo la cuantificación de cada flujo en cada fase del proceso, desde la recepción de la materia prima hasta el envasado del producto final.

Para cada fase, se obtuvieron rendimientos de forma experimental y tomando una base de cálculo además de los resultados experimentales obtenidos se realizará todo el balance.

Tabla II-12: Perdidas en cada etapa del balance de materia

Pérdidas en selección de materia prima	5%
Pérdidas de materia prima en lavado	2%
Relación de agua usada en lavado	4 a 1 en masa con el tubérculo de camote
% de masa separado como humedad en secado	90,08%
% de pérdidas en molienda	3%
% de pérdidas en tamizado	2,047%

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla II-13: Nomenclatura utilizada en el balance de materia

Abreviatura	Representación
MCI	Masa de camote inicial
MCNA	Masa de camote no apta
MCS	Masa de camote seleccionado
ALC	Masa de agua de lavado de camote
ALI	Masa de agua de lavado con impurezas
MCL	Masa de camote lavado
MAE	Masa de agua evaporada en secador
MCS	Masa de camote seco
MPM	Masa de camote perdida en molienda
MCM	Masa de camote molido
MPT	Masa de camote perdida en el tamizado
MCT	Masa de camote tamizado
MHC	Masa de harina de camote

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

2.5.1.1. Recepción de materia prima

Base de cálculo 1000 gr



Al tener una pérdida de 5% se calculará estas pérdidas

100%-----1gr
5%----- x

$$x = \frac{5\% * 1gr}{100\%}$$

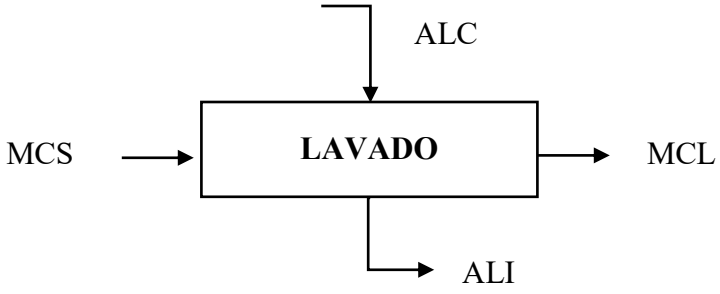
$$x = 0{,}05gr$$

MCI=MCS+MCNA

MCI= 1000gr * 0,05gr = 50gr

MSC = 1000gr – 50gr = 950gr

2.5.1.2. Lavado del camote



Balance global en la etapa

$$MCS+ALC=MCL+ALI$$

Como se tiene una relación de 4 a 1 (agua de lavado: tubérculo de camote)

$$ALC = 4 * 950gr = 3800gr$$

Al tener una pérdida de 2% de materia prima en lavado se tiene un 98% de camote lavado que pasa a la siguiente etapa:

100%-----1gr
98%----- x

$$x = \frac{98\% * 1gr}{100\%}$$

$$x = 0{,}98gr$$

$$MCL = 950gr * 0{,}98gr = 931gr$$

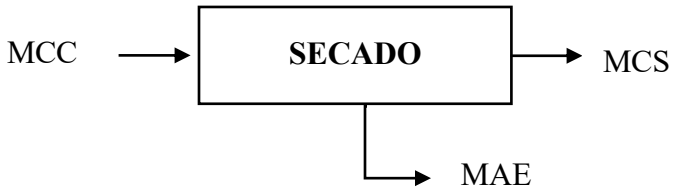
La pérdida sale con el agua de lavado, por tanto

$$ALI=MCS + ALC – MCL$$

$$ALI = 950gr + 3800gr – 931gr = 3819\ gr$$

La cual contiene 3800 gr de agua y 19 gr de impurezas

2.5.1.3. Etapa de secado



Para esta etapa se elimina el 90 % de masa de camote rallado en forma de agua evaporada

100%-----1gr
90%----- x

$$x = \frac{90\% * 1gr}{100\%}$$

$$x = 0{,}9gr$$

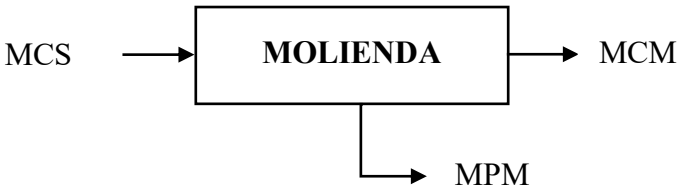
MAE = 90% * MCS

MAE = 0,9gr * 931gr = 837,9gr

MCS = MCC – MAE

MCS = 931gr – 837,9gr = 93,1gr

2.5.1.4. Etapa de molienda



Las pérdidas de esta etapa representan un 3 % y a partir de este valor se calculará lo demás

100%-----1gr
3%----- x

$$x = \frac{3\% * 1gr}{100\%}$$

$$x = 0{,}03gr$$

MPM = 3% * MCS

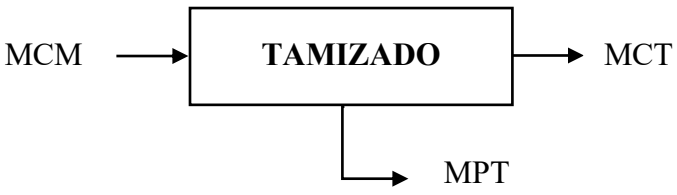
MPM = 0,03gr * 93,1 gr = 2,793gr

MCS = MCM + MPM

MCM = MCS – MPM

MCM = 93,1gr – 2,793gr = 90,307gr

2.5.1.5. Etapa de tamizado



Las pérdidas en tamizado debido a un tamaño inadecuado son de 2,047%

100%-------1gr
2,047%----- x

$$x = \frac{2{,}047\% * 1\text{gr}}{100\%}$$

$$x = 0{,}02047\text{gr}$$

MPT = MCM * 2,047%

MPT = 90,307gr * 0,02047gr = 1,8485gr perdido

Según el balance global

MCM = MCT + MPT

MCT = MCM – MPT

MCT = 90,307gr – 1,8485gr

MCT = 88,459gr

2.5.1.6. Etapa de envasado



En la etapa de envasado no se tiene pérdidas significativas de producto

MCT = MHC = 88,459gr

2.5.1.7. Balance de masa global del proceso

El balance global del proceso se realizará tomando en cuenta todos los flujos de entrada y los flujos de salida del proceso

Entrada = Salida

MCI + ALC = MCNA + ALI + MAE + MPM + MPT + MCT

1000gr + 3800gr = 50gr + 3819gr + 837,9gr + 2,793gr + 1,848gr + 88,459gr

4800gr = 4800gr

2.5.2. Balance de energía

Para el balance de energía serán considerados los procesos que involucren un intercambio de energía.

Tabla II-14: Nomenclatura para balance de energía

Abreviatura	Representación
MAE	Masa de agua evaporada en secador
MCS	Masa de camote seco
Cp	Capacidad calorífica
T	Temperatura

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Para el proceso todas las etapas involucran una temperatura ambiente, exceptuando la etapa de secado ya que se evapora el agua en esta etapa mediante calentamiento en un secador eléctrico.

2.5.2.1. Balance de energía general

$$E_{cinetica} + E_{potencial} + \Delta U = Q + W$$

La energía cinética y energía potencia se pueden considerar despreciables

$$E_{cinetica} = 0$$

$$E_{potencial} = 0$$

Debido a que no se tiene un cambio de presión ni cambio de volumen en el proceso en estado estacionario se puede deducir que:

$$W = 0$$

Con estas simplificaciones se obtiene lo siguiente

$$\Delta U = Q$$

Lo que representa que el balance de energía estar en función al calor a presión constante

2.5.2.2. Cálculo del calor

Para el cálculo del calor se tomará en cuenta el calentamiento y la vaporización del agua

$$Q_{total} = Q_{calentamiento} + Q_{vaporizacion}$$

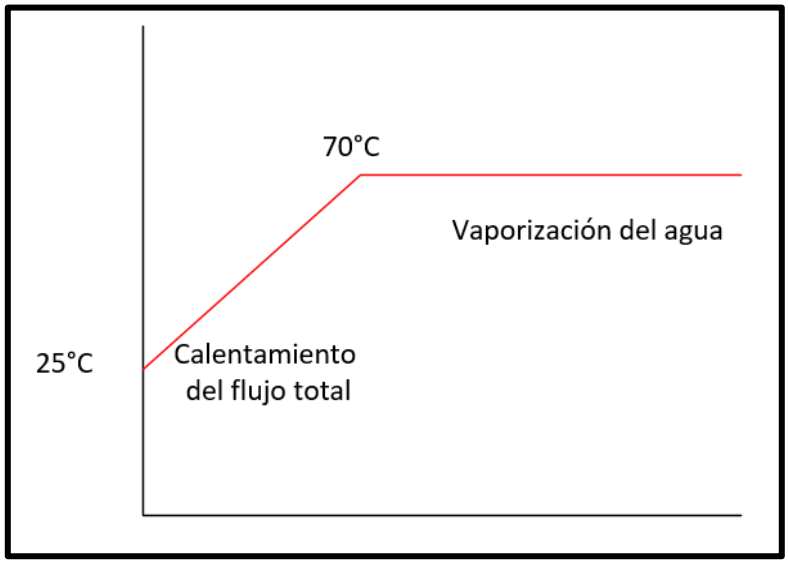


Tabla II-15: Cálculo del calor

Cp de camote húmedo Kj/kg°C	3,962 Kj/kg°C
Cp del camote de agua Kj/kg°K	1 Kj/kg°K
Temperatura inicial °C	25°C
Temperatura final °C	70°C
Calor latente de vaporización de agua kj/kg	542,74 Kj/Kg
MCP gr	931gr
MCS gr	93,1gr
MAE gr	837,9gr

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Para el cálculo del calor total primero se realizará el cálculo del calor sensible

$$Q_{calentamiento} = MCP + Cp_{camote} * (70 - 25)°C$$

$$Q_{calentamiento} = 0{,}931Kg * 3{,}962 \frac{Kj}{Kg\ °C}(70 - 25)°C = 165{,}9879Kj$$

2.5.2.3. Cálculo del calor latente

$$Q_{vaporizacion} = MAE * DHvap$$

$$Q_{vaporizacion} = 0{,}837Kg * 542{,}74 \frac{Kj}{kg} = 454{,}76Kj$$

$$Q_{total} = Q_{calentamiento} + Q_{vaporización}$$

$$Q_{total} = 165{,}9879Kj + 454{,}76Kj = 620{,}748Kj$$

2.5.2.4. Consumo eléctrico de equipos

Para el cálculo del consumo eléctrico de los equipos es necesario el consumo de potencia de cada uno al igual que su tiempo de uso

Tabla II-16: Consumo eléctrico de equipos

Equipo	Potencia	Tiempo
Estufa de secad	2,2Kw	8h
Molino de martillos	1Kw	0,25h
Tamiz vibratorio	0,92Kw	0,25h
Envasadora al vacío	80w	0,05h

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Ecuación II-12: Energía eléctrica

Para el cálculo se tomará la siguiente ecuación de energía eléctrica

$$E = P * T \qquad \textbf{Ec. II-12}$$

E=Energía eléctrica (Kw-h)

P=Potencia del equipo (Kw)

T=Tiempo de operación (h)

2.5.2.4.1. Para la estufa de secado

$$E_{estufa} = P_{estufa} * T_{op.\ estufa}$$

$$E_{estufa} = 2{,}2Kw * 8h = 17{,}6Kw - h$$

2.5.2.4.2. Para el molino de martillos

$$E_{molino} = P_{molino} * T_{op.\ molino}$$

$$E_{estufa} = 1Kw * 0{,}25h = 0{,}25Kw - h$$

2.5.2.4.3. Para el tamiz vibratorio

$$E_{molino} = P_{tamiz} * T_{op.\ Tamiz}$$

$$E_{estufa} = 0{,}92Kw * 0{,}25h = 0{,}23Kw - h$$

2.5.2.4.4. Para el envasado al vacío

$$E_{Env\ al\ vacio} = P_{Env\ al\ vacio} * T_{Env.\ al\ vacio}$$

$$E_{estufa} = 0{,}08Kw * 0{,}05h = 0{,}04Kw - h$$

Con los resultados individuales se puede obtener el consumo eléctrico total

$$E_{total} = E_{molino} + E_{estufa} + E_{tamiz} + E_{env}$$

$$E_{total} = 17{,}6Kw - h + 0{,}25Kw - h + 0{,}23Kw - h + 0{,}004Kw - h = 18{,}08Kw - h$$

2.6. Determinación del rendimiento del proceso

El rendimiento del proceso en la producción de harina de camote es un indicador fundamental que evalúa la eficiencia y la efectividad de cada fase. Este rendimiento se cuantifica en función de la calidad del producto final, la optimización de recursos y la eficiencia operativa.

Para determinar esto se aplica la siguiente ecuación:

Ecuación II-13:Porcentaje de rendimiento

$$\%\text{Rend} = \frac{\text{Masa final}}{\text{Masa inicial}} * 100 \qquad \textbf{Ec. II-13}$$

En donde la masa inicial es la cantidad de materia prima, es decir masa de camote y la masa final es la cantidad de harina obtenida, los resultados de esta determinación se presentan en el capítulo IV.

2.7. Caracterización del producto final

La harina de camote representa un producto final resultado de un proceso meticuloso y especializado, diseñado para maximizar los beneficios inherentes a este producto. La caracterización de la harina de camote resalta la importancia de la humedad, ya que constituye la variable respuesta más significativa al seleccionar las condiciones de operación más apropiadas.

Para evaluar este parámetro fundamental, se realizó la medición de la humedad en las muestras utilizando una balanza a infrarrojo. Tras seleccionar la mejor muestra de producto obtenido mediante un método sistemático en este caso la M-9 de mi harina de camote, para que esta sea enviada al Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho para llevar a cabo el análisis pertinente. Este enfoque minucioso garantiza la calidad y la optimización del producto final, subrayando así la relevancia de la humedad en el proceso de selección y caracterización.

Tabla II-17: Requisitos físicos y químicos para harina y derivados

Requisito	Harina	Harina Integral	Método de Ensayo
Humedad (%)	Max. 15	Max. 15	NB 074
Proteínas en b.s. (%)	Min. 8	Min. 8	NB 076
Ceniza en b.s. (%)	Max. 0,90	-	NB 075
Acidez como H_2SO_4 (%)	Max 0,22	Max. 0,22	NB 107
Gluten húmedo (%)	Min. 23	-	NB 106
Fibra cruda (%)	-	Min 2,5	NB 312005

Fuente: (IBNORCA - NB 680:2024 Harina y derivados - requisitos)

En el proceso de evaluación y control de calidad de la harina de camote, se consideran los parámetros microbiológicos que se describen a continuación. Estos parámetros abarcan la presencia y concentración de microorganismos, tales como bacterias, hongos y levaduras. La atención a estos aspectos microbiológicos es fundamental para asegurar la inocuidad y el cumplimiento de los estándares sanitarios.

Tabla II-18: Requisitos microbiológicos

Característica	Límite Máximo	Método de Ensayo
Coliformes totales UFC/g	1×10^3	NB 32005
Escherichia coli	Ausencia	NB 32005
Mohos UFC/g	1×10^4	NB 32006
Levaduras UFC/g	1×10^4	

Fuente: (IBNORCA - NB 680:2024 Harina y derivados - requisitos)

2.8. Análisis sensorial

El análisis sensorial de la harina de camote ofrece una evaluación completa de las características organolépticas que afectan la percepción sensorial de este producto singular. Este análisis se lleva a cabo teniendo en cuenta elementos como el color, el aroma, el sabor y la textura de la experiencia gustativa.

Con este propósito, se convocaron a 15 miembros no calificados a quienes se les proporcionó una encuesta en la que evaluaron los atributos previamente mencionados de cada una de las nueve muestras de harina de camote utilizando una escala hedónica de 5 puntos.

Figura II-9: Evaluación sensorial de la harina de camote



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Al concluir este análisis sensorial, se realizó una comparación detallada utilizando la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%. El objetivo principal de esta evaluación fue determinar si había diferencias significativas en la aceptación entre las distintas muestras de harina. Este método estadístico facilitó la identificación precisa de si al menos una de las muestras se diferenciaba por tener un nivel de aceptabilidad distinto al de las demás.

Al concluir este análisis sensorial, se realizó una comparación detallada utilizando la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%. El objetivo principal de esta

evaluación fue determinar si había diferencias significativas en la aceptación entre las distintas muestras de harina. Este método estadístico facilitó la identificación precisa de si al menos una de las muestras se diferenciaba por tener un nivel de aceptabilidad distinto al de las demás.

El exhaustivo proceso de comparación múltiple se llevó a cabo con el objetivo de identificar no solo las posibles diferencias en la aceptación entre las muestras, sino también para establecer cuál de ellas mostraba la mayor aceptabilidad desde el punto de vista sensorial. Esta metodología sólida asegura una evaluación completa y estadísticamente fiable, proporcionando resultados definitivos sobre la preferencia del panel evaluador respecto a las diversas muestras de harina.

CAPÍTULO III
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Resultado de la caracterización de la materia prima

3.1.1. Caracterización fisicoquímica

El camote, conocido también como batata, boniato o papa dulce, es una raíz tuberosa de sabor dulce que pertenece a la planta (Ipomoea batatas L). Originario de américa central, este alimento es altamente nutritivo, ya que es rico en betacaroteno (precursor de la vitamina A), así como en vitaminas B, C y E, hierro y zinc. Puede ser consumido asado, hervido, en puré, frito en chips, o como un ingrediente en postres y otras recetas, siendo un cultivo alimenticio de gran relevancia a nivel mundial. Su composición muestra una combinación equilibrada de elementos que lo hacen apta para diversos usos.

Tabla III-1: Resultado de la caracterización fisicoquímica de la materia prima

PARÁMETROS	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO	UNIDAD
Ceniza	NB 39034:10	0,86	g/100g
Fibra	Digestión acida	0,27	g/100g
Grasa	NB 313019:06	0,52	g/100g
Hidratos de carbono	NB 312031:06	33,88	g/100g
Humedad	NB 313010:05	62,17	g/100g
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	2,57	g/100g
Valor energético	NB 312032:06	150,48	Kcal/100 g

Fuente: (Resultado de análisis CEANID, 2024)

Dentro del proceso de caracterización del camote esta su valor nutricional, se logró obtener un producto cuyo proximal es detallado en el siguiente cuadro:

Tabla III-2: Resultado caracterización valor nutricional del camote

PARÁMETROS	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO	UNIDAD
Calcio total	Espectrometría de AA	16,3	mg/100g
Fosforo total	Espectrometría de AA	44	mg/100g
Hierro total	Espectrometría de AA	0,4	mg/100g
Humedad	NB 313010:05	65,85	g/100g

Fuente: (Resultado de análisis CEANID, 2024)

Asimismo, en el marco del proceso de caracterización del camote, se consiguió un producto cuyo análisis proximal se detalla en el cuadro siguiente:

Tabla III-3: Resultado caracterización microbiológica del camote

PARÁMETROS	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO	UNIDAD
Coliformes totales	NB 32005:02	$<1x10^1$	UFC/g
Escherichia coli	NB 32005:02	$<1x10^1$	UFC/g
Mohos y levaduras	NB 32006:03	$<1x10^1$	UFC/g

Fuente: (Resultado de análisis CEANID, 2024)

La raíz tuberosa del camote, mediante su caracterización, se manifiesta como un recurso multifacético, brindando oportunidades para la sostenibilidad, la innovación y la optimización de procesos en múltiples industrias.

Los resultados obtenidos indican que el camote no es únicamente un subproducto agrícola de gran valor nutritivo, sino que también puede desempeñar un papel importante en la sostenibilidad y en la disminución de residuos a través de su utilización en diferentes aplicaciones comerciales.

3.2. Resultado del desarrollo del proceso experimental

3.2.1. Resultado de proceso secado del camote

3.2.1.1. Discrepancia entre los experimentos y las replicas

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en cada experimento para las temperaturas de 50 ºC, 60 ºC y 70 ºC en los tiempos de 6, 7 y 8 horas.

En cada conjunto de condiciones experimentales, se recopilaron datos específicos para evaluar el efecto de las distintas temperaturas en los tiempos establecidos. Estos resultados ofrecen una perspectiva detallada de la variabilidad observada en cada situación, lo que contribuye a una comprensión completa de los efectos de las temperaturas y los tiempos específicos en el experimento.

Tabla III-4: Resultado de la pérdida de masa en el proceso de secado de las ralladuras de camote

N°	Tiempo (h)	EXP N°1 50ºC (g)	EXP N°2 50ºC (g)	EXP N°3 50ºC (g)	EXP N°4 60ºC (g)	EXP N°5 60ºC (g)	EXP N°6 60ºC (g)	EXP N°7 70ºC (g)	EXP N°8 70ºC (g)	EXP N°9 70ºC (g)
1	00:00	200,28	200,45	200,45	200,68	200,42	200,23	200,05	200,55	200,2
2	00:30	166,09	162,35	165,17	157,43	159,62	159,48	152,21	151,42	156,0
3	01:00	129,65	124,77	129,64	114,55	118,38	118,36	104,65	102,95	101,6
4	01:30	105,48	106,68	107,54	95,21	98,76	98,12	85,47	85,33	83,23
5	02:00	86,34	87,46	85,74	76,16	78,39	78,74	66,84	69,48	65,35
6	02:30	67,26	73,25	70,36	61,38	63,25	61,38	52,34	53,72	51,16
7	03:00	52,17	58,67	55,72	46,74	47,53	45,17	39,98	37,37	36,52
8	03:30	46,15	52,73	49,32	40,78	39,22	40,65	35,37	33,24	32,54
9	04:00	43,36	46,58	43,84	33,47	30,74	35,42	31,28	29,92	30,63
10	04:30	39,08	39,42	40,77	31,32	28,83	32,38	29,14	27,23	27,84
11	05:00	35,71	32,18	37,64	29,12	27,14	29,83	26,74	25,17	25,15
12	05:30	34,02	31,12	35,02	27,26	26,48	27,31	25,63	24,34	24,84
13	06:00	32,36	29,63	32,22	25,38	26,04	24,96	23,43	23,14	23,62
14	06:30		28,18	30,28		24,62	24,15		22,39	22,74
15	07:00		26,58	28,36		22,23	23,36		21,37	21,95
16	07:30			26,25			21,83			20,76
17	08:00			24,13			20,24			19,23

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Esta segunda etapa de análisis, a través de la repetición de los experimentos previos, ofrece una visión complementaria sobre la consistencia y la reproducibilidad de los resultados. Los datos obtenidos ayudan a lograr una comprensión más integral de los efectos de las condiciones experimentales en la investigación.

Tabla III-5: Resultado de las réplicas de la pérdida de masa en el proceso de secado de las ralladuras de camote

N°	Tiempo (h)	REP N°1 50ºC (g)	REP N°2 50ºC (g)	REP N°3 50ºC (g)	REP N°4 60ºC (g)	REP N°5 60ºC (g)	REP N°6 60ºC (g)	REP N°7 70ºC (g)	REP N°8 70ºC (g)	REP N°9 70ºC (g)
1	00:00	200,37	200,48	200,46	200,18	200,03	200,33	200,45	200,35	200,96
2	00:30	164,23	162,37	163,49	158,85	158,36	156,68	151,43	152,23	151,39
3	01:00	127,82	124,02	126,12	117,43	116,75	112,83	102,32	104,86	101,82
4	01:30	108,29	103,44	107,75	98,37	97,28	96,29	83,65	84,42	84,126
5	02:00	88,75	83,09	89,48	79,12	77,63	79,12	65,03	64,17	66,45
6	02:30	70,81	67,16	72,49	62,76	62,55	62,57	51,48	50,75	52,2
7	03:00	53,22	51,28	55,43	46,32	47,03	46,14	38,15	37,43	37,97
8	03:30	48,63	46,63	48,72	40,43	41,08	41,46	34,38	32,83	33,74
9	04:00	44,78	42,05	42,12	34,47	35,14	36,77	30,82	28,26	29,56
10	04:30	40,02	40,07	37,39	31,39	31,73	33,24	28,25	26,14	26,23
11	05:00	35,68	38,13	32,54	28,07	28,28	29,45	25,72	23,72	22,9
12	05:30	35,62	33,24	29,935	26,875	25,65	26,72	24,882	22,865	22,475
13	06:00	35,78	28,21	27,26	25,6	23,12	24,05	24,02	22,01	22,05
14	06:30		26,995	26,08		22,51	22,81		21,955	21,525
15	07:00		25,76	24,9		21,9	21,57		21,9	21,01
16	07:30			24,4			20,79			20,045
17	08:00			23,9			20,02			19,09

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

En esta etapa, se lleva a cabo una comparación de los resultados obtenidos en cada ensayo con sus réplicas correspondientes. Este procedimiento de contraste facilita la evaluación de la consistencia a lo largo de los experimentos y sus replicaciones.

Tabla III-6: Diferencia de resultados entre los experimentos y replicas

N°	Tiempo(h)	EXP N°1 50ºC (g)	EXP N°2 50ºC (g)	EXP N°3 50ºC (g)	EXP N°4 60ºC (g)	EXP N°5 60ºC (g)	EXP N°6 60ºC (g)	EXP N°7 70ºC (g)	EXP N°8 70ºC (g)	EXP N°9 70ºC (g)
1	00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	00:30	1,86	-0,02	1,68	-1,42	1,26	2,8	0,78	-0,81	4,66
3	01:00	1,83	0,75	3,52	-2,88	1,63	5,53	2,33	-1,91	-0,17
4	01:30	-2,81	3,24	-0,21	-3,16	1,48	1,83	1,82	0,91	-0,896
5	02:00	-2,41	4,37	-3,74	-2,96	0,76	-0,38	1,81	5,31	-1,1
6	02:30	-3,55	6,09	-2,13	-1,38	0,7	-1,19	0,86	2,97	-1,04
7	03:00	-1,05	7,39	0,29	0,42	0,5	-0,97	1,83	-0,06	-1,45
8	03:30	-2,48	6,1	0,6	0,35	-1,86	-0,81	0,99	0,41	-1,2
9	04:00	-1,42	4,53	1,72	-1	-4,4	-1,35	0,46	1,66	1,07
10	04:30	-0,94	-0,65	3,38	-0,07	-2,9	-0,86	0,89	1,09	1,61
11	05:00	0,03	-5,95	5,1	1,05	-1,14	0,38	1,02	1,45	2,25
12	05:30	-1,6	-2,12	5,085	0,385	0,83	0,59	0,748	1,475	2,365
13	06:00	-3,42	1,42	4,96	-0,22	2,92	0,91	-0,59	1,13	1,57
14	06:30		1,185	4,2		2,11	1,34		0,435	1,215
15	07:00		0,82	3,46		0,33	1,79		-0,53	0,94
16	07:30			1,85			1,04			0,715
17	08:00			0,23			0,22			0,14

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Con el propósito de resaltar las diferencias entre los ensayos originales y sus réplicas correspondientes, se realizará el cálculo del error cuadrático medio. Este indicador analiza la calidad de los datos experimentales al cuantificar la variación y el nivel de sesgo en relación con los datos obtenidos en las réplicas.

Ecuación III-1: Error cuadrático medio

$$\mathrm{MC} = \frac{1}{\mathrm{N}} \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{N}} (\mathrm{yi} - \hat{\mathrm{y}})^2 \qquad \textbf{Ec. III-1}$$

1. Se calculará el cuadrado de la diferencia entre cada dato original y su réplica correspondiente.

2. Estos cuadrados de las diferencias se sumarán.

3. La suma se dividirá por el número total de observaciones para obtener el error cuadrático medio.

Este análisis proporcionará una medida cuantitativa de la discrepancia entre los resultados de los ensayos iniciales y sus réplicas, permitiendo una evaluación objetiva de la consistencia y confiabilidad de los datos experimentales en el contexto de la variabilidad observada.

Tabla III-7: Resultado de error cuadrático medio entre los datos experimentales y datos de replica

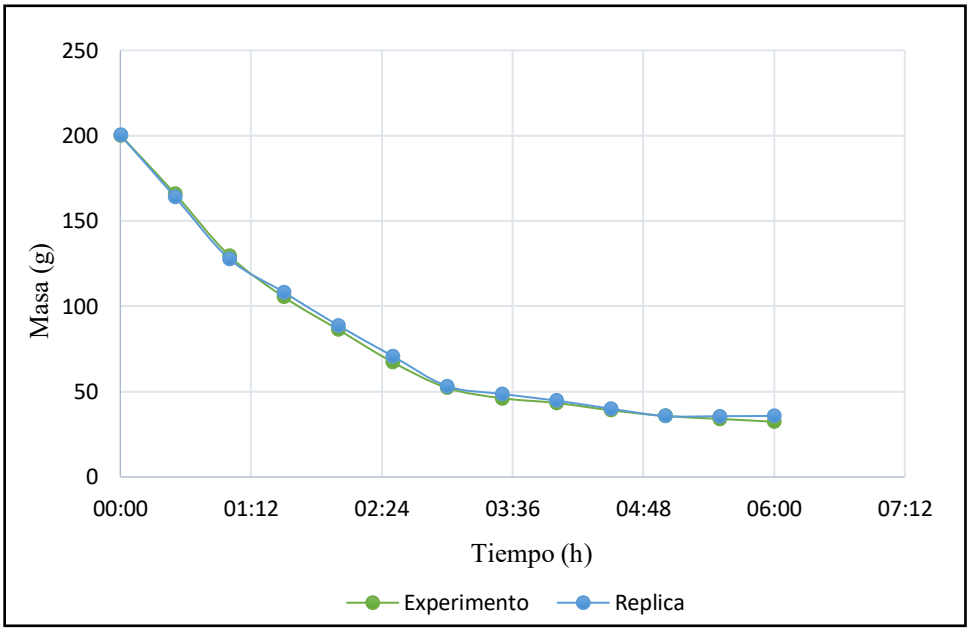
N°	N°1 50ºC (g)	N°2 50ºC (g)	N°3 50ºC (g)	N°4 60ºC (g)	N°5 60ºC (g)	N°6 60ºC (g)	N°7 70ºC (g)	N°8 70ºC (g)	N°9 70ºC (g)
1	0,01	0,00	0,00	0,25	0,15	0,01	0,16	0,04	0,46
2	3,46	0,00	2,82	2,02	1,59	7,84	0,61	0,66	21,72
3	3,35	0,56	12,39	8,29	2,66	30,58	5,43	3,65	0,03
4	7,90	10,50	0,04	9,99	2,19	3,35	3,31	0,83	0,80
5	5,81	19,10	13,99	8,76	0,58	0,14	3,28	28,20	1,21
6	12,60	37,09	4,54	1,90	0,49	1,42	0,74	8,82	1,08
7	1,10	54,61	0,08	0,18	0,25	0,94	3,35	0,00	2,10
8	6,15	37,21	0,36	0,12	3,46	0,66	0,98	0,17	1,44
9	2,02	20,52	2,96	1,00	19,36	1,82	0,21	2,76	1,14
10	0,88	0,42	11,42	0,00	8,41	0,74	0,79	1,19	2,59
11	0,00	35,40	26,01	1,10	1,30	0,14	1,04	2,10	5,06
12	2,56	4,49	25,86	0,15	0,69	0,35	0,56	2,18	5,59
13	11,70	2,02	24,60	0,05	8,53	0,83	0,35	1,28	2,46
14		1,40	17,64		4,45	1,80		0,19	1,48
15		0,67	11,97		0,11	3,20		0,28	0,88
16			3,42			1,08			0,51
17			0,05			0,05			0,02

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

De acuerdo con la tabla presentada, se puede notar una discrepancia significativa entre los resultados del ensayo Nº1 y su réplica, siendo especialmente evidente el mayor error registrado a las 2:00 horas.

Esta discrepancia se valida al analizar la representación gráfica comparativa entre el ensayo Nº1 y su réplica. Esta visualización permite observar de manera más clara el grado de variación entre los conjuntos de datos, resaltando la singularidad del ensayo Nº1 en términos de comportamiento y resultados en comparación con sus réplicas. Este análisis gráfico ayuda a una comprensión más profunda de la variabilidad observada en el experimento.

Ilustración III-1: Comparación entre la pérdida de masa en función del tiempo del ensayo y la replica



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

A partir de la información presentada en la tabla III-4, se observa que la discrepancia entre los resultados del ensayo Nº1 y su réplica no es significativa, especialmente al considerar el bajo nivel de variación en la representación gráfica.

Aunque se registra un mayor error a las 2:00 en dicho ensayo, la magnitud de la diferencia no es considerable en comparación con los otros ensayos.

En términos generales, la representación gráfica sugiere una coherencia notable entre los datos experimentales y las réplicas lo que respalda el proceso experimental.

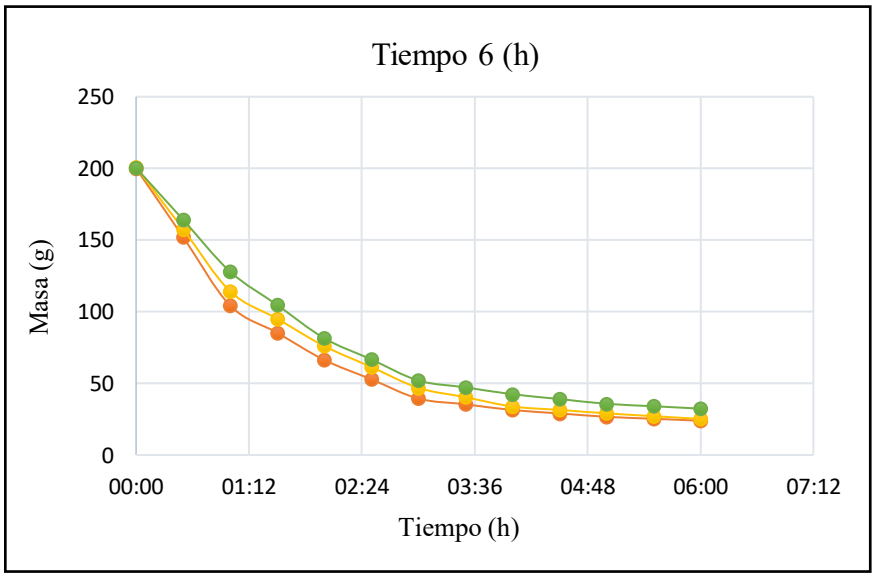
La mínima variación observada indica una consistencia sólida en los resultados.

3.2.1.2. Resultados en la pérdida de masa de las ralladuras de camote

A partir de los datos obtenidos en la tabla III-4, se procede a elaborar las curvas que ilustran la pérdida de masa de las ralladuras de camote. Este análisis gráfico tiene como finalidad ofrecer una comprensión más precisa y visual del comportamiento de la pérdida de masa a través del tiempo.

Al trazar estas curvas, se pretende identificar patrones, tendencias y características específicas que puedan proporcionar información valiosa sobre el proceso de secado de las ralladuras de camote. Este enfoque visual no solo facilitará la interpretación de los resultados, sino que también ayudará a una comprensión más intuitiva de cómo la pérdida de masa evoluciona en función del tiempo durante el experimento.

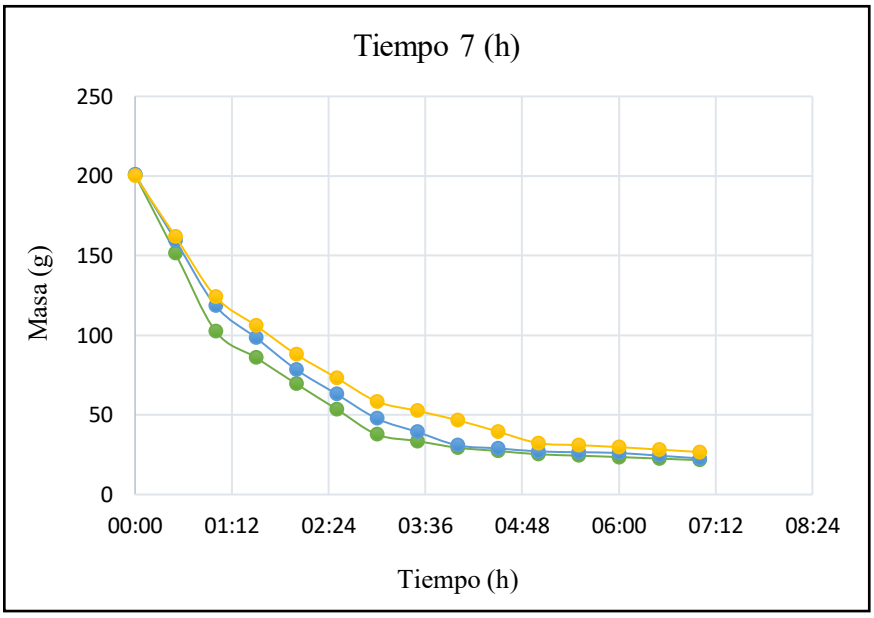
Ilustración III-2: Pérdida de masa vs. tiempo en experimentos a 6 h



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Se ha observado que los ensayos llevados a cabo a temperaturas más altas muestran una pérdida de masa más notable en un periodo de tiempo reducido. Esta tendencia sugiere una mayor eficiencia en el proceso de secado a temperaturas elevadas, donde las ralladuras de camote sufren una disminución más rápida en su masa en comparación con los ensayos realizados a temperaturas más bajas. Indicando que temperaturas más altas aceleran de manera significativa el proceso de secado de las ralladuras de camote.

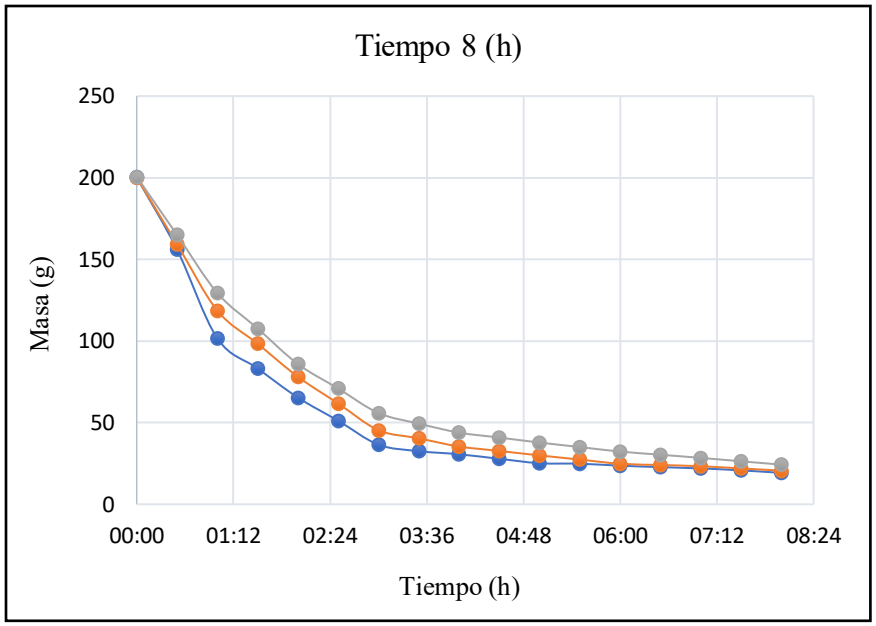
Ilustración III-3: Pérdida de masa vs. tiempo en experimentos a 7h



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Esta tendencia indica que el proceso de secado es más eficiente cuando se realiza a temperaturas altas, ya que las ralladuras de camote pierden su masa más rápidamente en comparación con los ensayos efectuados a temperaturas inferiores. Estos descubrimientos enfatizan el impacto directo de la temperatura sobre la tasa de pérdida de masa, sugiriendo que temperaturas más elevadas incrementan considerablemente la velocidad del secado de las ralladuras de camote.

Ilustración III-4: Pérdida de masa vs. tiempo en experimentos a 8h



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Se nota que las pérdidas de masa en las ralladuras de camote durante el proceso de secado son más pronunciadas de manera gradual en los ensayos que tienen una duración de 8 horas. Este descubrimiento indica que, en un periodo de secado más largo, la tasa de pérdida de masa de las ralladuras de camote es más lenta en comparación con ensayos de menor duración. Este patrón podría deberse a varios factores, como la saturación del material o el impacto de las condiciones ambientales durante el proceso de secado prolongado.

A continuación, se presentan las ecuaciones que describen de forma precisa y detallada los patrones de pérdida de masa observados en cada ensayo. Estas ecuaciones ofrecen un modelo matemático que se adapta a los datos experimentales, permitiendo una representación más completa y comprensiva del comportamiento de la pérdida de masa a lo largo del tiempo en cada condición de ensayo. Este enfoque analítico no solo facilita la interpretación de los resultados, sino que también permite proyecciones y predicciones más precisas sobre la evolución de la pérdida de masa en experimentos futuros o en diferentes condiciones de secado.

Tabla III-8: Ecuaciones de ajuste para la variación de masa de cada ensayo

N°	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (h)	ECUACIÓN DE AJUSTE
1	50	6	$y = -13479x^3 + 9038{,}1x^2 - 2094x + 201{,}74$
2	50	7	$y = -10412x^3 + 7421{,}1x^2 - 1869{,}4x + 197{,}11$
3	50	8	$y = -10323x^3 + 7619{,}8x^2 - 1927{,}2x + 200{,}2$
4	60	6	$y = -17205x^3 + 10574x^2 - 2268{,}6x + 199{,}17$
5	60	7	$y = -12318x^3 + 8774{,}9x^2 - 2117{,}2x + 199{,}08$
6	60	8	$y = -11429x^3 + 8385{,}6x^2 - 2064{,}2x + 197{,}49$
7	70	6	$y = -22756x^3 + 13012x^2 - 2534{,}9x + 197{,}87$
8	70	7	$y = -17224x^3 + 11080x^2 - 2373{,}5x + 195{,}8$
9	70	8	$y = -14652x^3 + 10161x^2 - 2295{,}1x + 193{,}71$

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

3.2.1.3. Resultados de la humedad en base seca

En la siguiente tabla se describe la humedad en base seca para cada experimento.

Tabla III-9: Humedad expresada en base seca para cada ensayo

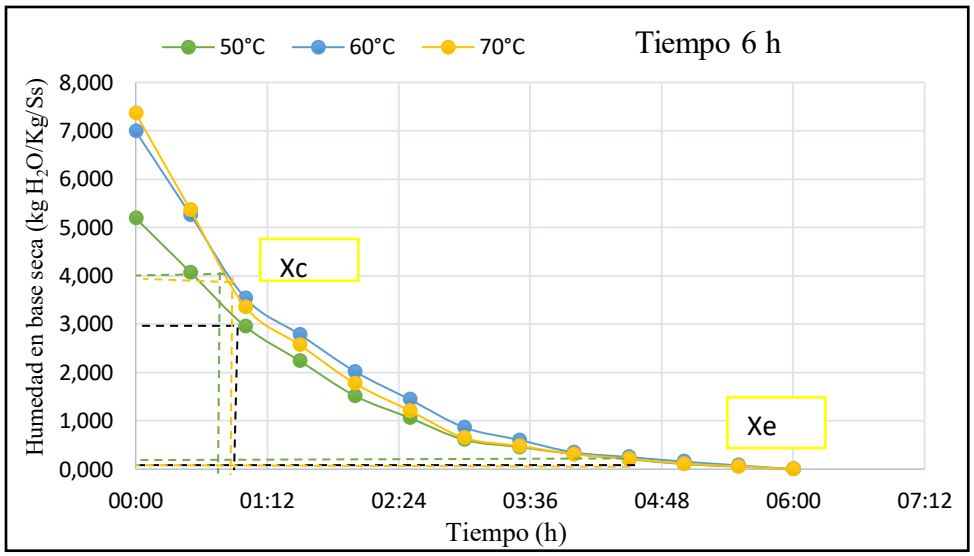
N°	Tiempo (h)	EXP N°1 50ºC (g)	EXP N°2 50ºC (g)	EXP N°3 50ºC (g)	EXP N°4 60ºC (g)	EXP N°5 60ºC (g)	EXP N°6 60ºC (g)	EXP N°7 70ºC (g)	EXP N°8 70ºC (g)	EXP N°9 70ºC (g)
1	00:00	5,191	6,541	7,307	6,907	8,016	8,893	7,538	8,385	9,415
2	00:30	4,072	5,108	5,845	5,203	6,180	6,879	5,496	6,086	7,115
3	01:00	2,953	3,694	4,373	3,513	4,325	4,848	3,466	3,818	4,286
4	01:30	2,235	3,014	3,457	2,751	3,443	3,848	2,648	2,993	3,328
5	02:00	1,517	2,290	2,553	2,001	2,526	2,890	1,853	2,251	2,398
6	02:30	1,062	1,756	1,916	1,418	1,845	2,033	1,234	1,514	1,660
7	03:00	0,606	1,207	1,309	0,842	1,138	1,232	0,706	0,749	0,899
8	03:30	0,458	0,984	1,044	0,607	0,764	1,008	0,510	0,555	0,692
9	04:00	0,310	0,752	0,817	0,319	0,383	0,750	0,335	0,400	0,593
10	04:30	0,207	0,483	0,690	0,234	0,297	0,600	0,244	0,274	0,448
11	05:00	0,104	0,211	0,560	0,147	0,221	0,474	0,141	0,178	0,308
12	05:30	0,052	0,171	0,451	0,074	0,191	0,349	0,094	0,139	0,292
13	06:00	0,000	0,115	0,335	0,000	0,171	0,233	0,000	0,083	0,228
14	06:30		0,060	0,255		0,108	0,193		0,048	0,183
15	07:00		0,000	0,175		0,000	0,154		0,000	0,141
16	07:30			0,088			0,079			0,080
17	08:00			0,000			0,000			0,000

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Al analizar las gráficas que se presentan a continuación, se podrá notar cómo la humedad en base seca presenta fluctuaciones y cambios significativos en diversos momentos temporales. Estas representaciones visuales constituyen una herramienta

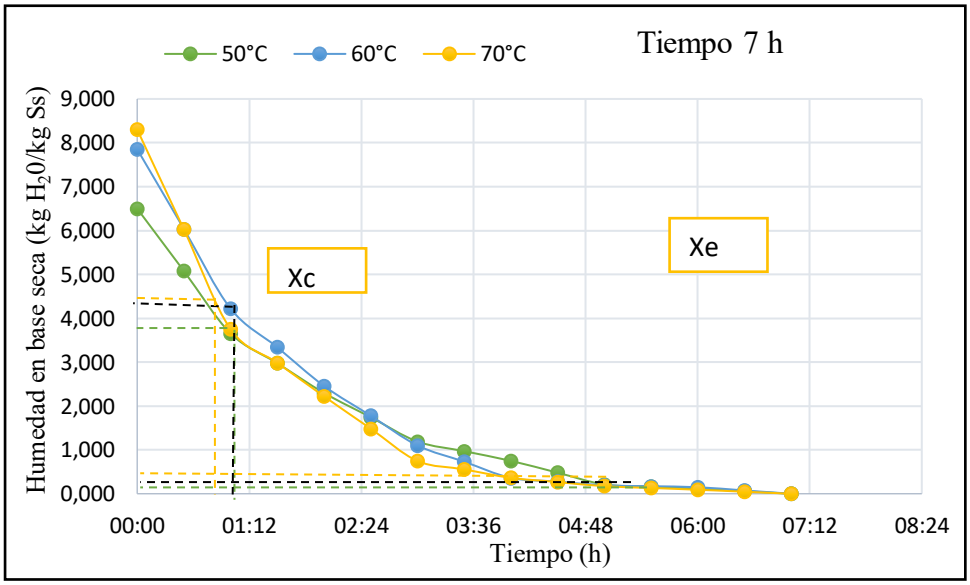
eficaz para detectar correlaciones, patrones estacionales o cualquier otra variación relevante en la humedad, lo que contribuye a una comprensión más integral de los factores que afectan este parámetro.

Ilustración III-5: Variación de la humedad en base seca en función del tiempo



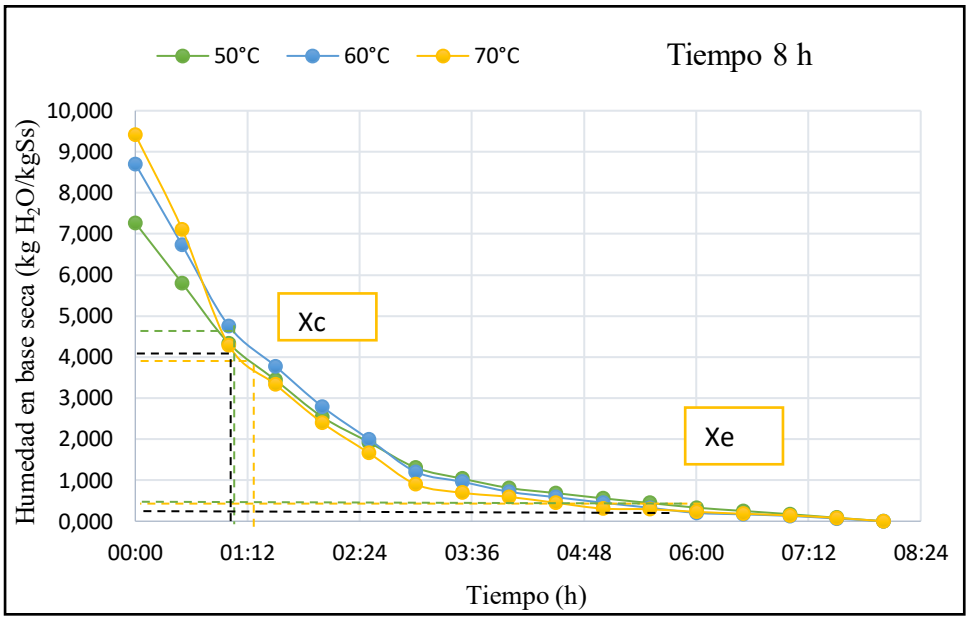
Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Ilustración III-6: Variación de la humedad en base seca en función del tiempo 7h



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Ilustración III-7: Variación de la humedad en base seca en función del tiempo 8h



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Conforme a la tendencia observada en los gráficos previos, se verifica que los experimentos llevados a cabo a temperaturas más altas logran alcanzar el punto de humedad crítica en un periodo de tiempo más breve en comparación con los experimentos realizados a temperaturas más bajas. Esto se atribuye a la mayor facilidad con la que el agua no ligada se elimina a temperaturas más altas.

En lo que respecta al punto de humedad de equilibrio, se observa nuevamente que los ensayos a temperaturas más elevadas llegan al equilibrio higroscópico en un tiempo menor. No obstante, las diferencias en el tiempo necesario no son tan marcadas como en el caso del punto de humedad crítica.

En la siguiente tabla se muestran los valores de humedad crítica y humedad de equilibrio:

Tabla III-10: Resultados de humedad crítica y humedad de equilibrio para cada experimento

Nº EXP	TEMPERATURA (ºC)	TIEMPO (h)	HUMEDAD CRITICA Xc	HUMEDAD DE EQUILIBRIO Xe
1	50	06:00	3,0178	0,0418
2	50	07:00	3,2885	0,0468
3	50	08:00	3,0045	0,0444
4	60	06:00	3,9013	0,0412
5	60	07:00	3,1631	0,0319
6	60	08:00	2,8613	0,0307
7	70	06:00	3,4232	0,0311
8	70	07:00	2,711	0,0237
9	70	08:00	2,2289	0,0198

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

3.3. Resultado del balance de materia y energía

3.3.1. Balance de materia

A continuación, se exponen los resultados alcanzados en cada etapa del proceso de producción de harina de camote:

Tabla III-11: Resultados obtenidos en el balance de materia de la harina de camote

Proceso	Masa de camote en la entrada	Masa de camote en la salida
Recepción de materia prima	1000 g	950 g
Lavado	950 g	931 g
Secado	931 g	93,100 g
Molido	93,100 g	90,307 g
Tamizado	90,307 g	88,459 g
Envasado	88,459 g	88,459 g

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

3.3.2. Balance de energía

A continuación, se detallan minuciosamente los resultados obtenidos en cada fase de proceso que tuvo consumo de energía:

Tabla III-12: Resultados obtenidos en el balance de energía de la elaboración de harina de camote

Proceso	Calor sensible	Calor latente	Calor total
Secado	165,9879 KJ	454,76 KJ	620,748 KJ

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Posteriormente se presentan los resultados de consumo de energía:

Tabla III-13: Energía consumida en los procesos de consumo de energía de la harina de camote

Proceso	Energía consumida
Secado	17,6 Kw/h
Molienda	0,25 Kw/h
Tamizado	0,23 Kw/h
Envasado	0,04 Kw/h

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

3.4. Resultado del rendimiento del proceso

Los análisis detallados de las diferentes muestras de harina de camote han revelado variaciones significativas en el rendimiento del proceso.

Tabla III-14: Resultado de rendimientos de cada ensayo

N° EXP	RENDIMIENTO %
1	6,53
2	8,60
3	10,38
4	6,42
5	9,12
6	9,17
7	12,46
8	9,76
9	9,39

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Los análisis realizados muestran que la muestra 7 ha evidenciado un rendimiento superior en comparación con las otras muestras evaluadas durante el proceso de producción de harina de camote.

Las otras muestras evaluadas mostraron un rendimiento inferior en relación con la muestra 7 debido a inconsistencias en el proceso de secado y un control inadecuado de los procesos.

Para optimizar el rendimiento general del proceso de producción de harina de camote, es fundamental estandarizar las condiciones de procesamiento y garantizar un control riguroso de todos los parámetros críticos, utilizando la muestra 7 como referencia de buenas prácticas.

3.5. Resultado del análisis estadístico de experimentos

El análisis de varianza (ANOVA) es una herramienta estadística que se utiliza para

comparar las medias de tres o más grupos y determinar si hay diferencias significativas entre ellos. En el caso de tu estudio sobre la pérdida de masa del camote para la producción de harina de camote, el ANOVA podría ser una herramienta útil para analizar la influencia de la temperatura y el tiempo de secado en la pérdida de masa.

Hipótesis nula (H0): No hay diferencias significativas en la pérdida de masa del camote entre los diferentes niveles de temperatura y tiempo de secado.

Hipótesis alternativa (H1): Existen diferencias significativas en la pérdida de masa del camote entre al menos dos de los niveles de temperatura y tiempo de secado.

Se lleva a cabo un ANOVA de dos vías (también denominado ANOVA de dos factores) para estudiar la influencia conjunta de la temperatura y el tiempo de secado en la pérdida de masa del camote. Este tipo de ANOVA facilita el análisis de la interacción entre los dos factores (temperatura y tiempo de secado), así como sus efectos individuales.

El ANOVA ofrece estadísticas como el valor F y el valor p. Si el valor p es inferior al nivel de significancia establecido (normalmente 0,05), se rechaza la hipótesis nula y se concluye que al menos uno de los factores (temperatura o tiempo de secado) tiene un efecto significativo en la pérdida de masa del camote. Asimismo, se pueden llevar a cabo pruebas post hoc para identificar qué combinaciones específicas de niveles de temperatura y tiempo de secado presentan diferencias significativas entre ellas.

Tabla III-15: Factor inter-sujetos

Factores		Etiqueta de valor	Nº
Temperatura	-1	50°C	6
	0	60°C	6
	1	70°C	6
Tiempo	-1	6 h	6
	0	7 h	6
	1	8 h	6

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla III-16: Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Pérdida de masa					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fisher	P valor
Modelo corregido	299,771[a]	8	37,471	47,183	0,000
Intersección	10514,433	1	10514,433	13239,395	0,000
temperatura	142,897	2	71,448	89,965	0,000
Tiempo	132,539	2	66,269	83,444	0,000
temperatura * Tiempo	24,336	4	6,084	7,661	0,006
Error	7,148	9	0,794		
Total	10821,352	18			
Total, corregido	306,919	17			
a. R al cuadrado = 0,977 (R al cuadrado ajustada = 0,956)					

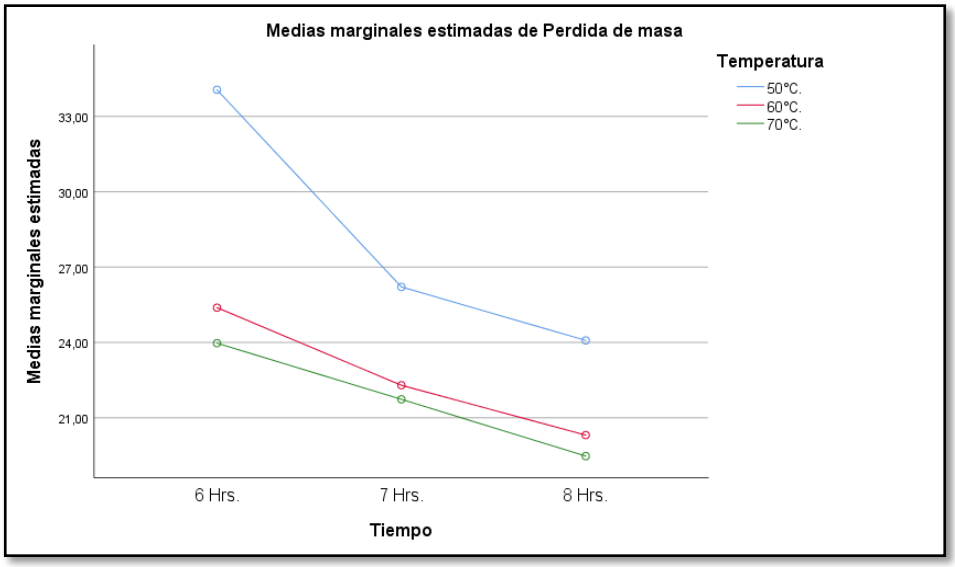
Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tanto la temperatura como el tiempo tienen efectos significativos en la pérdida de masa del camote, según lo indicado por los valores F y los valores p bajos.

La interacción entre temperatura y tiempo también es significativa, lo que indica que el efecto de la temperatura en la pérdida de masa puede depender del tiempo de secado y viceversa.

En conclusión, todos los elementos del modelo (temperatura, tiempo y su interacción) tienen un impacto considerable en la pérdida de masa del camote. Esto indica que tanto la temperatura como el tiempo de secado son aspectos cruciales que deben tenerse en cuenta en el proceso de elaboración de harina de camote. Asimismo, la interacción entre temperatura y tiempo sugiere que estos factores pueden afectar uno al otro en su influencia sobre la pérdida de masa.

Ilustración III-8: Medidas marginales estimadas de pérdida de masa



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

El modelo resultante es:

Ecuación III-2 Pérdida de masa

$$\text{Pérdida de masa} = \beta_0 + \beta_1 * (A) + \beta_2 * (B) + \beta_3 * (A * B) + e \qquad \textbf{Ec. III-2}$$

Tabla III-17: Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,940[a]	0,884	0,814	1,86631
a. Predictores: (Constante), Temp*Tiempo, Tiempo, Temperatura				
b. Variable dependiente: Pérdida de masa				

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Los valores de $\mathbf{R^2}$ y $\mathbf{R^2}$ ajustado proporcionan información sobre la bondad de ajuste del modelo de regresión lineal múltiple.

- **$\mathbf{R^2}$ (Coeficiente de determinación):** Representa la proporción de la varianza total de la variable dependiente que es explicada por el modelo. En este caso,

R^2 es 0,884, lo que significa que aproximadamente el 88,4% de la variabilidad en la pérdida de masa del camote se explica por las variables predictoras (temperatura, tiempo y su interacción) incluidas en el modelo.

- **R^2 ajustado:** Es similar a **R^2**, pero ajusta la cantidad de variables en el modelo y penaliza la adición de variables irrelevantes. En este caso, **R^2** ajustado es 0,814, lo que indica que alrededor del 81.4% de la variabilidad en la pérdida de masa del camote se explica por las variables predictoras, teniendo en cuenta el número de variables en el modelo.

Interpretación:

- Un **R^2** alto (cerca de 1,0) indica que el modelo explica una gran parte de la variabilidad en la variable dependiente.
- En este caso, el **R^2** y el **R^2** ajustado son altos, lo que sugiere que el modelo de regresión lineal múltiple, que incluye la temperatura, el tiempo de secado y su interacción, es capaz de explicar una cantidad significativa de la variabilidad en la pérdida de masa del camote.
- Sin embargo, es importante recordar que el **R^2** ajustado es una medida más conservadora y tiene en cuenta el número de variables en el modelo, lo que lo hace más adecuado para comparar modelos con diferentes números de variables predictoras.

En resumen, los valores de **R^2** y **R^2** ajustado indican que el modelo tiene un buen ajuste a los datos y que las variables predictoras incluidas explican una gran parte de la variabilidad en la pérdida de masa del camote en el proceso de producción de harina de camote.

Tabla III-18: ANOVA

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fisher	Sig.
1	Regresión	264,940	3	88,313	29,453	0,000[b]
	Residuo	41,979	14	2,998		
	Total	306,919	17			
a. Variable dependiente: Pérdida de masa						
b. Predictores: (Constante), Temp*Tiempo, Tiempo, Temperatura						

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

El valor F de 29,453 con un p-valor de 0,000 indica que el modelo construido, que incluye los dos factores (temperatura y tiempo) y su interacción, es estadísticamente significativo. Aquí está la interpretación:

El valor p es la probabilidad de observar el valor de la estadística F o uno más extremo si la hipótesis nula (que no hay efecto significativo del modelo) es verdadera. Un valor p de 0,000 indica que la probabilidad de obtener un valor F tan grande debido al azar es extremadamente baja, lo que sugiere fuertemente que el modelo es significativo.

El modelo desarrollado, que abarca los factores de temperatura, tiempo y su interacción, ejerce un impacto considerable en la pérdida de masa del camote para la elaboración de harina de camote. Esto indica que al menos uno de los factores (temperatura, tiempo o su interacción) está influyendo de manera significativa en la variación de la pérdida de masa observada en la investigación.

Tabla III-19: Coeficientes

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	24,169	0,408	0,000	59,216	0,000
	Temperatura	-3,195	0,500	-0,632	-6,392	0,000
	Tiempo	-3,258	0,500	-0,644	-6,518	0,000
	Temp.*tiempo	1,371	0,612	0,221	2,240	0,042
a. Variable dependiente: Pérdida de masa						

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

3.5.1. Interpretación de los coeficientes:

1) Constante (intercepto):

- El valor del intercepto es 24,169. Esto indica que cuando todas las variables independientes son cero, la pérdida de masa del camote se espera que sea de aproximadamente 24,169 unidades.
- El valor t es alto (59,216) y el valor p es significativamente bajo (0,000), lo que indica que el intercepto es estadísticamente significativo.

2) Temperatura:

- El coeficiente relacionado con la temperatura es -3,195. Esto indica que, en promedio, por cada unidad de incremento en la temperatura, la pérdida de masa del camote se reduce en 3,195 unidades.
- El valor t es elevado (-6,392) y el valor p es considerablemente bajo (0,000), lo que sugiere que la temperatura ejerce un efecto significativo en la pérdida de masa del camote.

3) Tiempo:

- El coeficiente relacionado con el tiempo es -3,258. Esto indica que, en promedio, por cada unidad de incremento en el tiempo de secado, la pérdida de masa del camote se reduce en 3,258 unidades.

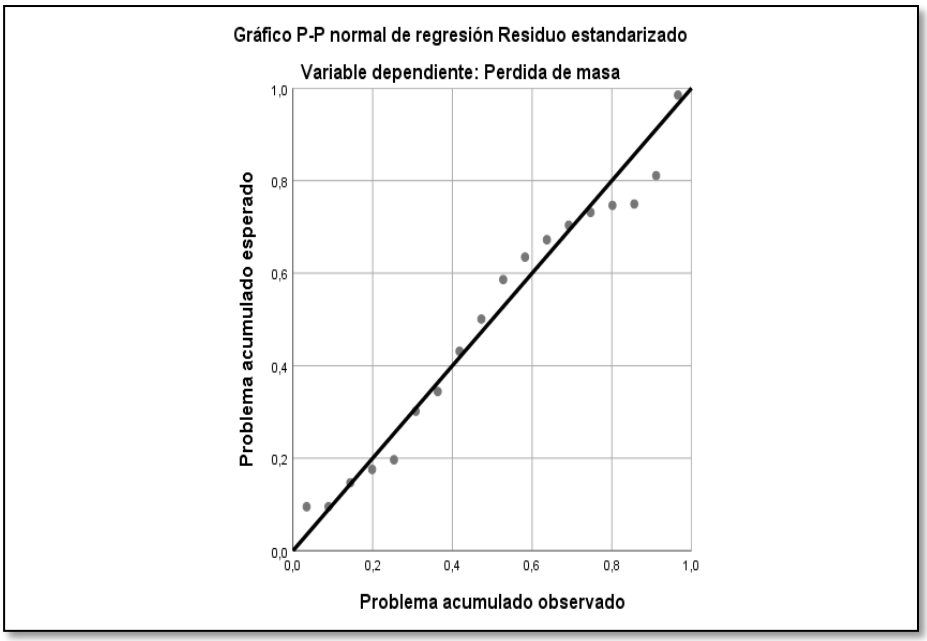
- El valor t es elevado (-6,518) y el valor p es considerablemente bajo (0,000), lo que sugiere que el tiempo de secado tiene un impacto significativo en la pérdida de masa.

4) Interacción entre temperatura y tiempo:

- Considerando el valor de p es (0,042) mayor a 0,025 lo que indica que la interacción entre temperatura y tiempo no ejerce un efecto significativo en la pérdida de masa para un nivel de confianza del 95%.

En conclusión, los coeficientes presentados brindan información acerca de cómo la temperatura, el tiempo de secado afectan la pérdida de masa del camote durante la elaboración de harina de camote. Todos los coeficientes son relevantes, lo que indica que estos factores son cruciales para comprender y anticipar la pérdida de masa en este ámbito.

Ilustración III-9: Rendimiento observado vs. rendimiento esperado



Fuente: (Elaboración propia, 2025

Tabla III-20: Errores entre valores observados y ajustados del modelo

EXP	OBSERVADO	ESTIMADO	ERROR
1	34,23	33,99347	0,23653
2	27,73	28,36389	-0,63389
3	23,16	21,73431	1,42569
4	24,13	26,42722	-2,29722
5	21,32	23,16889	-1,84889
6	21,84	21,91056	-0,07056
7	23,53	21,86097	1,66903
8	23,42	22,97389	0,44611
9	20,53	20,08681	0,44319
10	33,55	30,99347	2,55653
11	22,43	25,36389	-2,93389
12	25,62	23,73431	1,88569
13	24,35	25,42722	-1,07722
14	23,74	26,16889	-2,42889
15	22,86	22,91056	-0,05056
16	23,53	21,86097	1,66933
17	22,36	21,97389	0,38611
18	17,12	17,08681	0,03319

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

La ecuación fundamental que relaciona los valores observados (Yi) con los valores ajustados ($\widehat{Y}_i$) en un modelo de regresión es:

$$Y_i = \widehat{Y}_i + e_i$$

Donde:

e_i = es el residuo

Y_i = valores observados

$\hat{Y}_i$ = valores ajustados

El valor ajustado se calcula usando la ecuación del modelo:

Ecuación III-3: Ecuación del valor ajustado:

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_i \qquad \textbf{Ec. III-3}$$

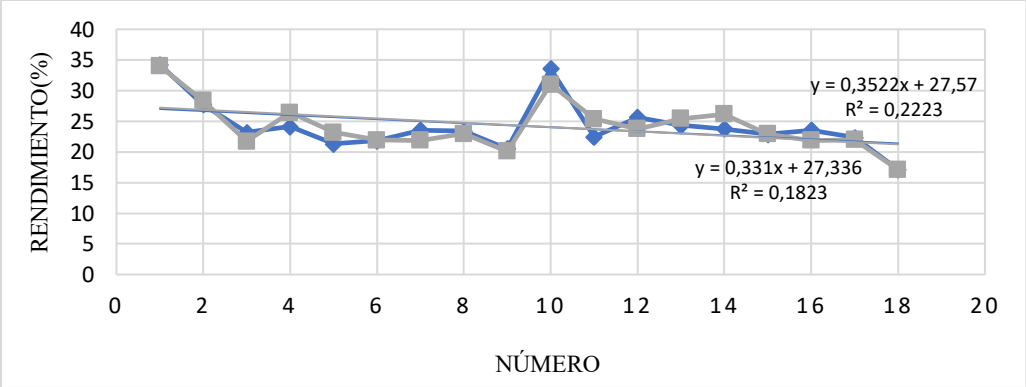
Donde:

$\hat{Y}_i$ = valores ajustados

b_0 = es la intersección

b_1 = es la pendiente

Ilustración III-10: Valores observados vs valores ajustados al modelo



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Se describe la ecuación matemática de los resultados obtenidos de los valores observados vs valores ajustados son:

$$y = 0{,}3522x + 27{,}57 \; ; \; y = 0{,}331x + 27{,}336$$

Donde los coeficientes de regresión R^2 son: (0,1823) y R^2 (0,2223)

Ecuación III-4: Ecuación del residuo (diferencia observado – ajustado):

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i \qquad \textbf{Ec. III-4}$$

Los residuos representan la diferencia entre los valores observados (Y_i) y los valores ajustados por el modelo ($\hat{Y}_i$).

3.6. Resultado de la caracterización del producto obtenido

3.6.1. Resultados de la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la harina de camote

La caracterización fisicoquímica de la harina de camote consiste en el análisis de varias propiedades que ofrecen información detallada acerca de su composición y calidad.

Tabla III-21: Resultados obtenidos de medición de humedad

Nº Experimentos	Humedad %
1	43,28
2	22,53
3	15,81
4	21,14
5	12,89
6	12,24
7	5,72
8	3,8
9	2,2

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

A partir de la tabla presentada, se puede deducir que la harina del experimento 9 tiene el porcentaje de humedad más bajo entre todas las muestras. Con un escaso 2,2%, esta harina muestra una sequedad notable en comparación con las otras muestras, lo que sugiere una mayor estabilidad y una posible vida útil más prolongada. La baja humedad también podría indicar una mayor concentración de sólidos en la harina de camote del experimento 9.

A continuación, se presenta una descripción detallada de los resultados de análisis enviados al laboratorio del CEANID de este producto:

Tabla III-22: Resultados caracterización fisicoquímica de la harina de camote

PARÁMETROS	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO	UNIDAD
Acidez total (como ácido láctico)	NB 39006:09	0,41	g/100g
Azúcares totales	Reducción de Cu	12,45	g/100g
Ceniza	NB 39034:10	1,61	g/100g
Fibra	Digestión ácida	3,83	g/100g
Gluten húmedo	NB 106:2000	n.d.	g/100g
Grasa	NB 313019:06	0,86	g/100g
Hidratos de carbono	NB 312031:06	91,11	g/100g
Humedad	NB 313010:05	3,61	g/100g
PH (20ºC)	Potenciométrico	6,29	-
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	2,81	g/100g
Valor energético	NB 312032:06	383,42	Kcal/100 g

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Asimismo, en el marco del proceso de caracterización de la harina de camote, se consiguió un producto cuyo análisis microbiológico se detalla en el cuadro siguiente:

Tabla III-23: Resultado caracterización microbiológica de la harina de camote

PARÁMETROS	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO	UNIDAD
Coliformes totales	NB 32005:09	$1,1x10^{8}$	NMP/100g
Escherichia coli	NB 32005:09	< 3	NMP/100g
Mohos y levaduras	NB 32006:03	$2,0x10^{1}$	UFC/g

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

La harina de camote que se ha analizado es microbiológicamente segura y satisface los estándares de calidad establecidos por las normativas de seguridad alimentaria pertinentes.

3.7. Resultado del análisis sensorial

Los resultados derivados de las encuestas fueron analizados mediante el software SPSS, clasificándolos según el atributo evaluado. En este proceso, se llevó a cabo la prueba de comparaciones múltiples con el objetivo de validar o descartar la hipótesis nula:

Ho: Todas las medidas son iguales

Ha: Al menos alguna de las medidas es distinta

3.7.1. Resultado del atributo color

Tabla III-24: ANOVA atributo color

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fisher	Sig.
Entre grupos	41,200	8	5,150	7,750	0,000
Dentro de grupos	83,733	126	0,665		
Total	124,933	134			

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

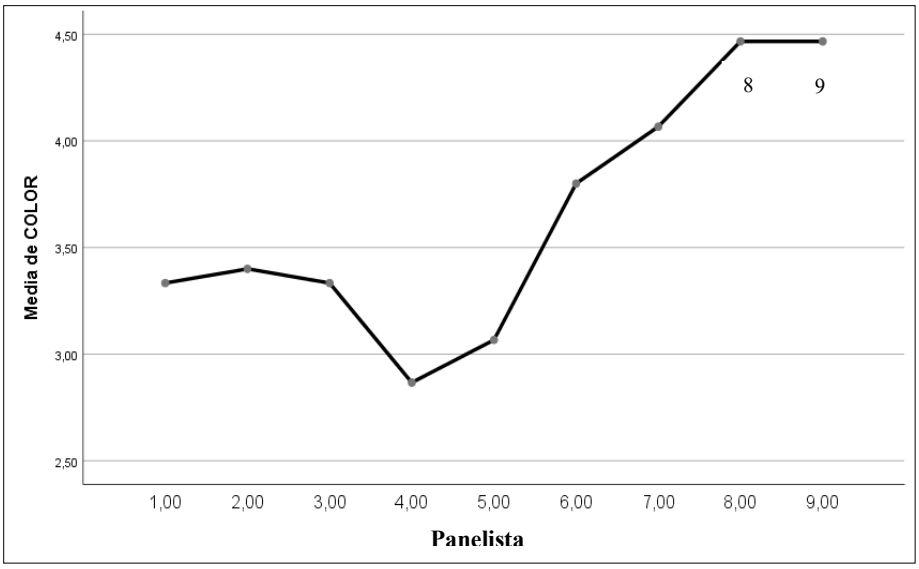
Dado que el valor de la cola de significación es 0,000 que es inferior al umbral comúnmente aceptado de 0,05, se procede a rechazar la hipótesis nula que postula la igualdad de medias. En su lugar, se acepta la hipótesis alternativa, lo que indica que existe al menos una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las nueve muestras de harina de camote, con un nivel de confianza del 95%.

Tabla III-25: Estadísticos descriptivos del atributo color

Nº	Nº	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	15	3,3333	0,89974	0,23231	2,8351	3,8316	2,00	4,00
2,00	15	3,4000	0,63246	0,16330	3,0498	3,7502	2,00	4,00
3,00	15	3,3333	0,61721	0,15936	2,9915	3,6751	2,00	4,00
4,00	15	2,8667	1,30201	0,33618	2,1456	3,5877	1,00	5,00
5,00	15	3,0667	0,88372	0,22817	2,5773	3,5561	2,00	5,00
6,00	15	3,8000	0,56061	0,14475	3,4895	4,1105	3,00	5,00
7,00	15	4,0667	0,79881	0,20625	3,6243	4,5090	3,00	5,00
8,00	15	4,4667	0,83381	0,21529	4,0049	4,9284	2,00	5,00
9,00	15	4,4667	0,51640	0,13333	4,1807	4,7526	4,00	5,00
Total	135	3,6444	0,96558	0,08310	3,4801	3,8088	1,00	5,00

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Ilustración III-11: Medias del atributo color



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Se observa en la ilustración III-11, las medias del atributo color de las muestras 8 y 9 donde presentan una aceptación superior en comparación con las restantes. Esta preferencia puede ser atribuida a la variabilidad en las inclinaciones de los panelistas, donde algunos muestran una preferencia por una tonalidad más clara en la harina de camote, mientras que otros prefieren muestras con una tonalidad más intensa.

3.7.2. Resultados atributo olor

Tabla III-26: ANOVA del atributo olor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fisher	Sig.
Entre grupos	43,081	8	5,385	6,161	0,000
Dentro de grupos	110,133	126	0,874		
Total	153,215	134			

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Dado que el valor de la cola de significación es 0,000 que es inferior al umbral comúnmente aceptado de 0,05, se procede a rechazar la hipótesis nula que postula la igualdad de medias. En su lugar, se acepta la hipótesis alternativa, lo que indica que

existe al menos una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las nueve muestras de harina de camote, con un nivel de confianza del 95%.

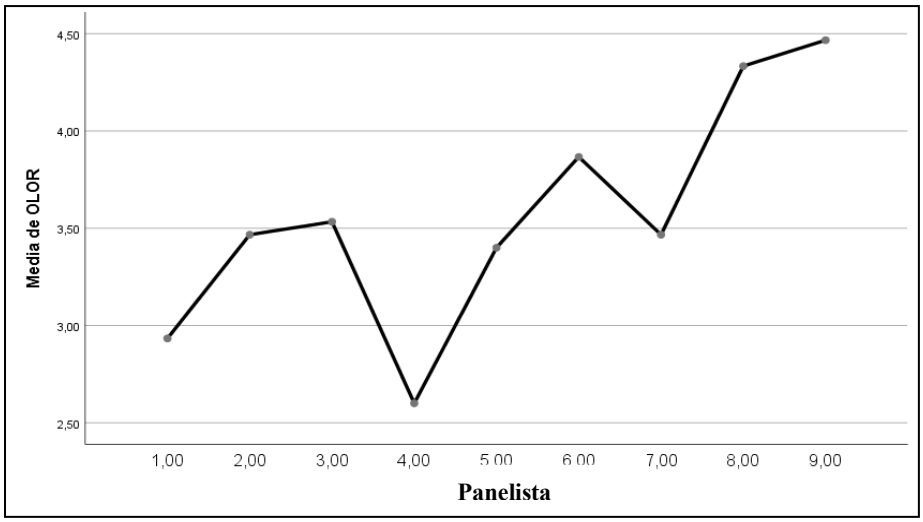
Tabla III-27: Estadísticos descriptivos del atributo olor

	Nº	Media	Desv. Desvia-ción	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	15	2,9333	0,59362	0,15327	2,6046	3,2621	2,00	4,00
2,00	15	3,4667	0,83381	0,21529	3,0049	3,9284	2,00	5,00
3,00	15	3,5333	0,91548	0,23637	3,0264	4,0403	2,00	5,00
4,00	15	2,6000	1,40408	0,36253	1,8224	3,3776	1,00	5,00
5,00	15	3,4000	1,12122	0,28950	2,7791	4,0209	1,00	5,00
6,00	15	3,8667	0,74322	0,19190	3,4551	4,2783	3,00	5,00
7,00	15	3,4667	0,99043	0,25573	2,9182	4,0151	2,00	5,00
8,00	15	4,3333	0,89974	0,23231	3,8351	4,8316	2,00	5,00
9,00	15	4,4667	0,63994	0,16523	4,1123	4,8211	3,00	5,00
Total	135	3,5630	1,06930	0,09203	3,3809	3,7450	1,00	5,00

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Figura 22

Ilustración III-12: Medias del atributo olor



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Además, se puede observar en la ilustración-12 que los intervalos de confianza de la media se encuentran cercanos al rango de 3-4. Este resultado sugiere que no hay diferencias significativas en relación con el valor medio, lo que indica que la percepción del olor en todas las harinas obtenidas es uniforme.

3.7.3. Atributo sabor

Tabla III-28: ANOVA atributo sabor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fisher	Sig.
Entre grupos	28,726	8	3,591	2,305	0,024
Dentro de grupos	196,267	126	1,558		
Total	224,993	134			

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

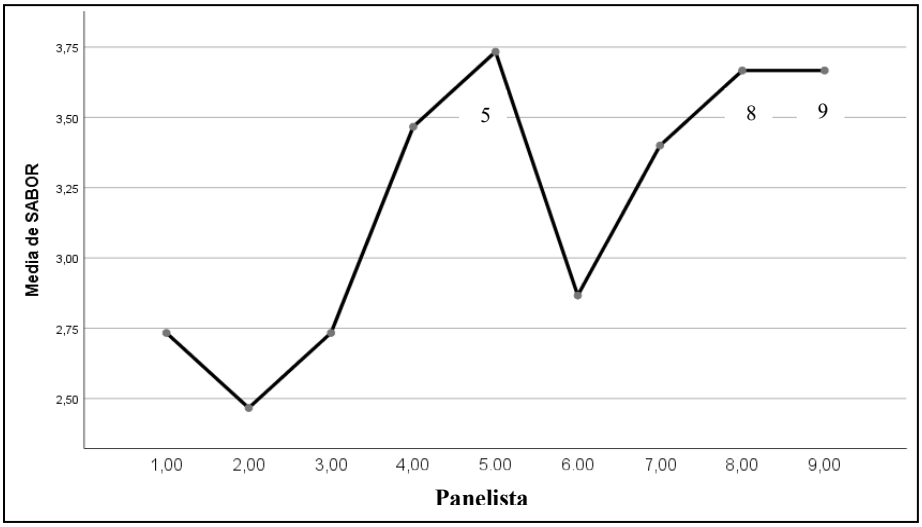
Debido a que el valor de la cola de significación es 0,024, el cual es inferior al umbral comúnmente aceptado de 0,05, se concluye con el rechazo de la hipótesis nula que sostiene la igualdad de medias. En cambio, se acepta la hipótesis alternativa, evidenciando que existe al menos una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las nueve muestras de harina de camote, con un nivel de confianza del 95%.

Tabla III-29: Estadísticos descriptivos del atributo sabor

	Nº	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	15	2,7333	1,33452	0,34457	1,9943	3,4724	1,00	5,00
2,00	15	2,4667	1,06010	0,27372	1,8796	3,0537	1,00	4,00
3,00	15	2,7333	1,03280	0,26667	2,1614	3,3053	1,00	4,00
4,00	15	3,4667	1,50555	0,38873	2,6329	4,3004	1,00	5,00
5,00	15	3,7333	1,33452	0,34457	2,9943	4,4724	1,00	5,00
6,00	15	2,8667	0,51640	0,13333	2,5807	3,1526	2,00	4,00
7,00	15	3,4000	1,50238	0,38791	2,5680	4,2320	1,00	5,00
8,00	15	3,6667	1,39728	0,36078	2,8929	4,4405	1,00	5,00
9,00	15	3,6667	1,23443	0,31873	2,9831	4,3503	1,00	5,00
Total	135	3,1926	1,29578	0,11152	2,9720	3,4132	1,00	5,00

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Ilustración III-13:Medias del atributo sabor



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Los resultados referentes al atributo sabor revelan una mayor aceptación en las muestras 8 y 9 en comparación con las iniciales, que fueron sometidas a temperaturas más bajas.

3.7.4. Atributo textura

Tabla III-30: ANOVA atributo textura

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fisher	Sig.
Entre grupos	9,615	8	1,202	0,962	0,469
Dentro de grupos	157,467	126	1,250		
Total	167,081	134			

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

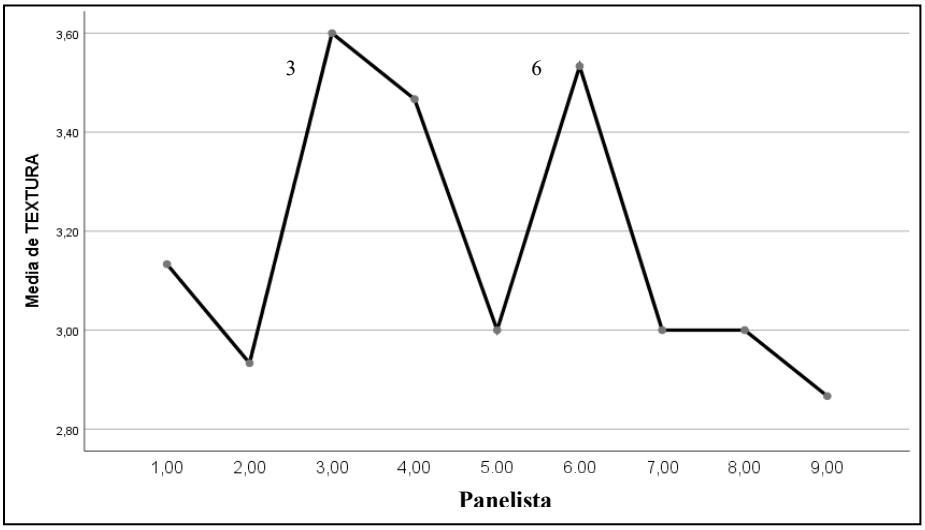
De acuerdo con el análisis de varianza ANOVA llevado a cabo con un nivel de confianza del 95% para el atributo de textura de la harina, se concluye que ninguna de las muestras cuya aceptación difiere de la media general.

Tabla III-31: Estadísticos descriptivos del atributo textura

	Nº	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	15	3,1333	0,51640	0,13333	2,8474	3,4193	3,00	5,00
2,00	15	2,9333	1,09978	0,28396	2,3243	3,5424	1,00	5,00
3,00	15	3,6000	0,91026	0,23503	3,0959	4,1041	2,00	5,00
4,00	15	3,4667	1,40746	0,36341	2,6872	4,2461	1,00	5,00
5,00	15	3,0000	1,25357	0,32367	2,3058	3,6942	1,00	5,00
6,00	15	3,5333	0,91548	0,23637	3,0264	4,0403	2,00	5,00
7,00	15	3,0000	1,25357	0,32367	2,3058	3,6942	1,00	5,00
8,00	15	3,0000	1,25357	0,32367	2,3058	3,6942	1,00	5,00
9,00	15	2,8667	1,18723	0,30654	2,2092	3,5241	1,00	5,00
Total	135	3,1704	1,11664	0,09610	2,9803	3,3604	1,00	5,00

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Ilustración III-14: Medias del atributo textura



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Las muestras 3 y 6 muestran una ligera presencia de grumos, de acuerdo con la evaluación de los panelistas, debido a que la humedad del camote no fue completamente eliminada.

3.7.5. Grado de aceptación general

Para identificar cuál de las muestras de harina de camote es la más aceptada en todos los atributos evaluados, se plantea asignar una ponderación de cada atributo:

Tabla III-32: Ponderación para cada atributo del análisis sensorial de la harina de camote

Atributo	Ponderación
Color	10%
Olor	30%
Sabor	50%
Textura	10%
Total	100%

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Teniendo en cuenta la ponderación asignada y las medias obtenidas en los apartados anteriores se procede a calcular los nuevos valores de aceptabilidad:

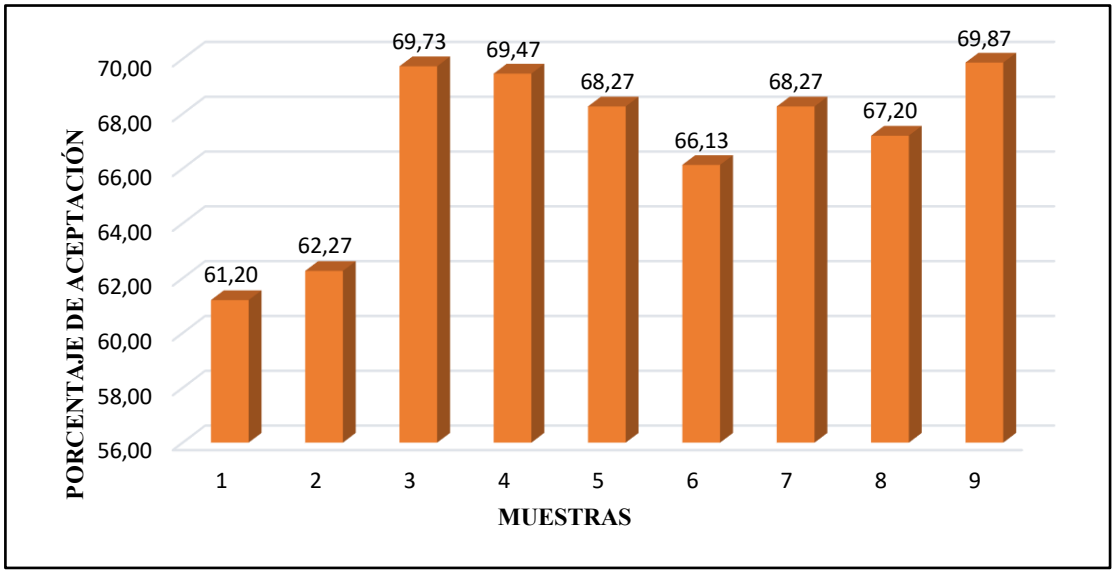
Tabla III-33: Porcentaje de aceptación de cada muestra de harina de camote

Muestra	Color 10%	Olor 30 %	Sabor 50 %	Textura 10%	Puntuación sobre 5 puntos	Porcentaje final de aceptación
1	0,34	1,06	1,43	0,23	3,06	61,20
2	0,35	1,08	1,40	0,28	3,11	62,27
3	0,39	1,00	1,80	0,30	3,49	69,73
4	0,35	1,04	1,80	0,29	3,47	69,47
5	0,33	1,04	1,77	0,27	3,41	68,27
6	0,35	1,08	1,47	0,41	3,31	66,13
Muestra	Color 10%	Olor 30 %	Sabor 50 %	Textura 10%	Puntuación sobre 5 puntos	Porcentaje final de aceptación
7	0,39	1,14	1,50	0,38	3,41	68,27
8	0,37	1,02	1,67	0,31	3,36	67,20
9	0,41	1,16	1,53	0,39	3,49	69,87

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Por último, se muestra un gráfico de barras que representa el porcentaje de aceptación de cada una de las muestras:

Ilustración III-15: Porcentaje de aceptación general de cada muestra de harina de camote



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

La muestra 9, que corresponde a la harina de camote, se distingue como la más satisfactoria en aspectos organolépticos gracias a su perfil sensorial equilibrado y placentero, que probablemente se ve favorecido por las propiedades naturales y el sabor distintivo del camote.

En contraste, las muestras uno y dos presentan una aceptabilidad inferior en esta categoría, posiblemente a causa de desequilibrios en el sabor, aroma o textura, lo que podría afectar de manera negativa la experiencia sensorial del consumidor.

Se evaluará con más detenimiento más adelante juntamente con las condiciones de operación para saber cuál tiene el aceptable contenido de humedad y el mejor rendimiento.

3.8. Determinación del experimento más óptimo

Después de un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos de los diferentes experimentos llevados a cabo, se ha establecido cuál de los procesos ejecutados produce harina de camote con un contenido de humedad adecuado, considerando los siguientes factores relevantes:

Tabla III-34: Ponderación para determinación de la calidad de la harina de camote

FACTORES DE IMPORTANCIA	PONDERACIÓN
Humedad	40%
Rendimiento	35%
Aceptabilidad organoléptica	25%
Total	100%

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

La humedad de la harina de camote es el factor más importante para nosotros porque es crucial para asegurar que se cumplan los estándares de seguridad alimentaria y calidad.

Con base en los datos adquiridos, se procede a calcular el porcentaje de humedad para cada tipo de harina en todos los experimentos. Este cálculo se lleva a cabo tomando en cuenta la ponderación de los factores relevantes que se han asignado anteriormente.

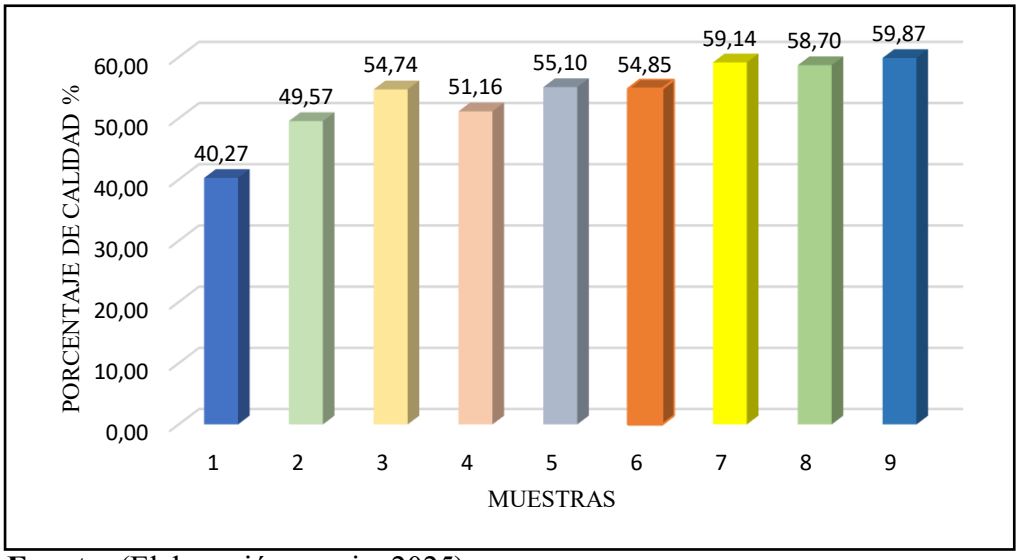
Tabla III-35: Resultados del porcentaje de calidad de las harinas obtenidas en cada experimento

Nº Exp.	Humedad 40%	Rendimiento 35%	Aceptabilidad 25%	Total
1	22,69	2,28	15,30	40,27
2	30,99	3,01	15,57	49,57
3	33,68	3,63	17,43	54,74
4	31,54	2,25	17,37	51,16
5	34,84	3,19	17,07	55,10
6	35,10	3,21	16,53	54,85
7	37,71	4,36	17,07	59,14
8	38,48	3,42	16,80	58,70
9	39,12	3,29	17,47	59,87

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Los datos obtenidos previamente se presentan visualmente en la siguiente figura:

Ilustración III-16: Resultados del porcentaje de calidad de las harinas obtenidas en cada experimento



Fuente: (Elaboración propia, 2025)

La muestra 9, que fue secada a temperaturas altas, tiene propiedades organolépticas superiores gracias a este proceso, que contribuye a mejorar su perfil sensorial. Por el contrario, las muestras 1 y 2 mostraron una calidad inferior a causa de su humedad más alta y la aparición de grumos con el paso del tiempo, lo que tuvo un impacto negativo en su aceptabilidad organoléptica.

La muestra 9 es considerada el mejor experimento porque tiene las mejores propiedades organolépticas, de humedad y rendimiento; la calidad de una harina se determina por estas características.

CAPÍTULO IV
COSTOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

4.1. Determinación de costos de producción

El desarrollo de este trabajo de investigación implica diversos costos que deben ser considerados. Entre los costos involucrados se encuentra:

Tabla IV-1: Materia prima e insumos

	Detalle	Unidad	Cantidad	Costo unitario (Bs)	Costo total (Bs)
1	Camote	Kg	40	3	120
TOTAL					Bs 120

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla IV-2: Costo de materiales

	Detalle	Unidad	Cantidad	Costo unitario (Bs)	Costo total (Bs)
1	Bolsa plástica de envasado al vacío	Unidad	25	2	50
2	Balde de plástico con tapa	Unidad	1	25	25
3	Fuente de plástico	Unidad	10	20	20
TOTAL					Bs 95

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Los análisis realizados en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo para estudiantes de la facultad de ciencias y tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho se aplica un descuento de 60 %.

Tabla IV-3: Costos de análisis de laboratorio CEANID

Item	Detalle	Unidad	Cantidad	Costo unitario (Bs)	Costo total (Bs)
1	Ceniza	Análisis	2	28	56
2	Fibra	Análisis	2	28	56
3	Grasa	Análisis	2	28	56
4	Hidratos de carbono	Análisis	2	28	56
5	Humedad	Análisis	2	28	56
6	Proteína total	Análisis	2	28	56
7	Valor energético	Análisis	2	28	56
TOTAL					Bs 392

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla IV-4: Costo análisis de laboratorio CEANID

Item	Detalle	Unidad	Cantidad	Costo unitario (Bs)	Costo total (Bs)
1	Calcio total	Análisis	1	28	28
2	Fósforo total	Análisis	1	28	28
3	Hierro total	Análisis	1	28	28
4	Acidez total	Análisis	1	28	28
5	Azúcares totales	Análisis	1	28	28
6	pH	Análisis	1	28	28
7	Gluten humedo	Análisis	1	28	28
8	Coliformes totales	Análisis	2	28	56
9	Escherichia coli	Análisis	2	28	56
10	Mohos y levaduras	Análisis	2	28	56
TOTAL					Bs 364

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla IV-5: Detalle de energía eléctrica

Ítem	Detalle	Potencia (Kw)	Tiempo (h)	Energía consumida (Kw-h)	Costo unitario (Bs)	Costo total (Bs)
1	Secado	8,026	42	337,01	0,84	283,16
2	Molienda	0,1167	3	0,35		0,294
3	Tamizado	0,23	4,5	1,035		0,87
TOTAL						Bs 284,3

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla IV-6: Detalle de servicio público de agua

Item	Detalle	Unidad	Cantidad	Costo unitario (Bs)	Costo total (Bs)
1	Agua potable	m^3	10	0,6	6
TOTAL					Bs 6

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla IV-7: Detalle de costos totales

Costos totales	Total
Costo materia prima e insumos	120 Bs
Costo de materiales	95 Bs
Costo de análisis lab. CEANID	392 Bs
Costo de análisis lab. CEANID	364 Bs
Costo de energía eléctrica	284 Bs
Costo servicio público de agua	6 Bs
Costos totales	1261Bs

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

4.2. Matriz costo calidad en comparación a otras harinas convencionales

Para comparar la harina de camote con otras harinas tradicionales mediante una matriz costo-calidad, es importante tener en cuenta varios aspectos, tales como el valor por kilogramo, las propiedades nutricionales, la flexibilidad en términos de aplicaciones culinarias, la disponibilidad y otros criterios que sean pertinentes. A continuación, muestro una estructura de matriz costo-calidad que incluye la harina de camote y ciertas harinas convencionales "la harina de maíz, la de trigo y la de almendra".

Tabla IV-8: Matriz costo calidad

Parámetros	Harina camote	Harina de trigo	Harina de maíz	Harina de almendra
Costo por kg. Bs.	13,70 Bs	4 Bs	8 Bs	120 Bs
Proteína (%)	6-8 %	10-13 %	7-9 %	20-25 %
Fibra (%)	15-20 %	2-3 %	7-8 %	12-14 %
Grasas (%)	0.5-1 %	1-2 %	3-4 %	50-60 %
Carbohidratos (%)	70-75 %	70-75 %	75-80 %	10-15 %
Vitaminas y minerales	Rica en vitamina C, antioxidantes	Moderada en vitamina B, hierro	Rica en vitamina B, hierro	Rica en vitamina E, magnesio, calcio
Versatilidad culinaria	Moderada	Alta	Alta	Alta
Disponibilidad	Baja/Moderada	Alta	Alta	Moderada/ Alta
Impacto ambiental	Bajo (subproducto)	Medio	Medio	Alto (cultivo intensivo)

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

4.2.1. Costo de la harina de camote

La harina de camote tiene un costo moderado (10,50 Bs/kg), más barata que la harina de almendra, pero más cara que la de trigo y maíz.

4.2.2. Contenido nutricional de la harina de camote

Proteína: La harina de almendra es la más rica en proteínas, seguida por la de trigo, maíz, y finalmente la de camote

Fibra, La harina de camote es muy rica en fibra, superando a las otras harinas, lo que la hace beneficiosa para la salud digestiva.

Grasas, La harina de almendra tiene el contenido más alto en grasas saludables, mientras que la de camote tiene un contenido muy bajo en grasas.

Carbohidratos, Todas las harinas tienen un contenido significativo de carbohidratos, con la harina de almendra siendo la excepción con un contenido más bajo.

Vitaminas y minerales, La harina de camote destaca por su contenido en vitamina A y antioxidantes, lo que no es común en las otras harinas mencionadas.

4.2.3. Versatilidad culinaria de la harina de camote

La harina de camote es muy versátil en la cocina, al igual que las de maíz, trigo y almendra; en cambio, otras harinas tienen aplicaciones más específicas o limitadas.

4.2.4. Disponibilidad de la harina de camote

La harina de maíz y la de trigo están muy disponibles; la de almendra lo está moderadamente; y la de camote podría ser menos accesible por contar con una producción más específica y menor demanda.

4.2.5. Impacto ambiental

La harina de almendra tiene un impacto ambiental más alto porque su cultivo requiere un uso intensivo de recursos. Por el contrario, la harina de camote tiene un impacto ambiental bajo, ya que no contiene productos que dañen al medio ambiente.

4.3. Costo valor unitario de producto terminado

Es necesario tomar en cuenta todos los costos que conlleva la producción y distribución de la harina de camote para hacer una estimación del valor unitario. Se desglosan los costos potenciales y se determina el valor unitario a continuación.

4.3.1. Desglose de costos

4.3.1.1. Costos de materia prima:

- Camote

4.3.1.2. Costos de producción*:*

- Recolección y transporte del camote
- Lavado
- Secado
- Molienda
- Envasado

4.3.1.3. Costos indirectos:

- Mano de obra
- Energía eléctrica
- Mantenimiento de maquinaria
- Costos administrativos y generales

4.3.1.4. Costos de distribución y comercialización*:*

- Transporte
- Almacenamiento
- Marketing y ventas

Para simplificar, asumiremos valores aproximados para estos costos en base a estimaciones comunes.

4.3.2. Estimaciones de costos

Tabla IV-9: Materia prima

Materia prima	Costo Bs/kg
Camote	3,00

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla IV-10: Costos de producción

Producción	Costo Bs/kg
Recolección y transporte	0,50
Lavado	0,20
Secado	1,00
Molienda	0,50
Envasado	0,80

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla IV-11: Costos indirectos

Indirectos	Costo Bs/kg
Mano de obra	1,50
Energía eléctrica	0,50
Mantenimiento de maquinaria	0,20
Costos administrativos y generales	0,30

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla IV-12: Costos de distribución y comercialización

Distribución y comercialización	Costo Bs/kg
Transporte	0,60
Almacenamiento	0,40
Marketing y ventas	0,50

Fuente: (Elaboración propia, 2025)

4.3.3. Cálculo del costo total

Sumando todos los costos por kilogramo de harina de camote:

Ecuación IV-1: Costo total

$$\begin{aligned}\text{Costo total} = {} & \text{recoleccion y transporte} + \text{lavado} + \text{secado} + \text{molienda} \\ & + \text{envasado} + \text{mano de obra} + \text{energia electrica} \\ & + \text{mantenimiento de maquinaria} \\ & + \text{costos administrativo y generales} + \text{transporte} \\ & + \text{almacenamieno} + \text{marketing y ventas}\end{aligned} \qquad \textbf{Ec. IV-1}$$

$$\begin{aligned}\text{Costo total} = {} & (3\text{Bs/Kg} + 0{,}50\text{Bs} + 0{,}20\text{Bs} + 1{,}00\text{Bs} + 0{,}50\text{Bs} + 0{,}80\text{Bs} + 1{,}50\text{Bs} \\ & + 0{,}50\text{Bs} + 0{,}50\text{Bs} + 0{,}20\text{Bs} + 0{,}30\text{Bs} + 0{,}60\text{Bs} + 0{,}40\text{Bs} \\ & + 0{,}50\text{Bs})\end{aligned}$$

$$\text{Costo total} = 10{,}50\ \text{Bs/kg}$$

4.3.4. Valor unitario de venta

Para determinar el valor unitario de venta, es necesario añadir un margen de beneficio. Supongamos un margen de beneficio de 30%.

Ecuación IV-2: Margen de beneficio

$$\text{margen de beneficio} = \text{costo total} * 0{,}30 \qquad \textbf{Ec. IV-2}$$

$$\text{margen de beneficio} = \frac{10{,}50\ \text{Bs}}{\text{kg}} * 0{,}30 = 3{,}15\ \text{Bs/kg}$$

$$\text{valor unitario de venta} = \frac{10{,}50\ \text{Bs}}{\text{Kg}} + 3{,}15\,\frac{\text{Bs}}{\text{Kg}} = 13{,}70\ \text{Bs/kg}$$

El valor unitario de la harina de camote, considerando los costos de producción, distribución y un margen de beneficio del 30%, es de 13,70 Bs/kg. Este presupuesto proporciona una base para establecer un precio competitivo en el mercado.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Para concluir, el análisis de la harina de camote ha mostrado una serie de descubrimientos importantes que subrayan su capacidad como un recurso útil en varias aplicaciones alimentarias e industriales, tales como:

- Se comprobó que el camote tiene alto valor energético, con 150,48 Kcal/100 g. Este valor destaca la capacidad del camote de ser una fuente importante de valor energético, lo cual puede tener un impacto significativo en su empleo en la industria alimentaria y en productos que tienen como objetivo mejorar la salud nutricional y digestiva.
- El estudio ha identificado que las variables clave que afectan el proceso de transformación del camote en harina son la temperatura y el tiempo de secado. Estos factores influyen significativamente en la variable de respuesta, que incluye tanto la humedad final del producto como el rendimiento del camote transformado en harina.
- Para mejorar la calidad de la harina obtenida, es fundamental manejar correctamente el tiempo y la temperatura de secado. Esto asegura una humedad residual baja y un rendimiento elevado, lo cual maximiza el uso del camote como materia prima valiosa.
- Se realizó exitosamente el procedimiento tecnológico experimental, lo que comprobó que es posible convertir el camote en harina de manera eficaz.
- La caracterización organoléptica del estudio reveló que la muestra Nº 9 de (70°C a 8h.) fue la más aceptada. Esta muestra, que se secó a altas temperaturas, mostró mejores características sensoriales en comparación con las demás, destacándose por su sabor, aroma y textura superior.
- En la evaluación del proceso de producción de harina de camote, se determinó un rendimiento de 12,46% para la elaboración de harina de camote como suplemento alimenticio para consumo humano.

5.2. Recomendaciones

- Garantizar que todas las fases de producción, desde la adquisición del camote hasta el empaquetado y procesamiento de la harina, cumplan rigurosamente con las BPM "Buenas Prácticas de Manufactura". Esto abarca la desinfección y limpieza periódica de los equipos y espacios laborales con el fin de evitar la contaminación microbiológica.
- Comprobar, a través de una inspección visual, que los camotes empleados como materia prima estén desprovistos de contaminantes y se encuentren en condiciones adecuadas para ser procesados después.
- Tomar en cuenta la utilización de tecnologías innovadoras para secar y conservar que sean capaces de optimizar el nivel microbiológico de la harina de camote. Esto podría abarcar tratamientos antimicrobianos o métodos de deshidratación más sofisticados.
- Realizar estudios sobre el efecto de diferentes métodos de procesamiento de calidad microbiológica de la harina de camote como suplemento alimenticio para consumo humano.