

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La papa (*Solanum tuberosum*) es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas, originaria de Sudamérica y cultivada por todo el mundo por sus tubérculos comestibles (Inostroza et al, 2017. Pág. 9). Su consumo fue creciendo y su cultivo se expandió a todo el mundo hasta convertirse hoy en día en uno de los principales alimentos para el ser humano, ocupa el segundo lugar por la superficie de siembra respecto a otros cultivos anuales de mayor importancia después del maíz, y está entre los cuatro productos más consumidos a nivel mundial, junto al trigo, maíz y arroz (Otiniano, 2017).

Según el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (2021), Bolivia produce más de 1,2 millones de toneladas de papa anuales. Cochabamba es el primer departamento productor, con 426307 toneladas anuales y 42453 hectáreas cultivadas. El segundo es La Paz, con 247419 toneladas anuales y una superficie cultivada de 54397 hectáreas. En tercer lugar, aparece Chuquisaca, con 202190 toneladas y 27307 hectáreas. En cuarto Potosí, con 153134 toneladas anuales y 30045 hectáreas de superficie cultivada, y, en quinto lugar, está Santa Cruz, con 106447 toneladas anuales y 9185 hectáreas de superficie cultivada.

En el departamento de Tarija, según el Sistema Integrado de Información Productiva, (2021), las zonas productoras de papa concentran su producción en las provincias Méndez 27338 toneladas, Cercado 22509 toneladas, Arce 17089 toneladas y O'Connor 8787 toneladas, aunque hay alguna producción en las provincias Gran Chaco con 4408 toneladas y Avilez 2886 toneladas anuales.

Los alimentos son sistemas complejos, siendo de origen biológico están sujetos a una gran variabilidad en su composición y estructura; sumado a lo anterior existen cambios en la composición que ocurren durante los procesos típicos de la industria alimentaria, tales como, congelación, evaporación, deshidratación, etc. Entre las propiedades de alimentos más recurrentes, están las propiedades térmicas, íntimamente ligadas a los procesos térmicos. Aunque en la literatura se puede encontrar cierta información experimental sobre las propiedades térmicas de algunos alimentos comunes, la inmensa

cantidad de productos alimenticios, sus diferentes composiciones, y las diferentes temperaturas a que se llevan a cabo los procesos, hacen que las posibilidades de encontrar un valor adecuado sean reducidas (Toledo, 1991).

1.2 Justificación

- Las propiedades térmicas de los alimentos se deben conocer para los cálculos de transferencia de calor involucrados en los procesos tecnológicos de transferencia de calor y masa combinado.
- El calor específico es una propiedad fundamental en la ingeniería de alimentos, influye en diversas etapas del proceso alimentario, como ser, cocción, escaldado, almacenamiento, transporte de alimentos, etc.
- La variación que presentan los alimentos en su composición nutricional afecta en la determinación del calor específico, respecto sobre todo a los macronutrientes, como ser carbohidratos (almidón), proteínas, contenido de humedad, materia seca, etc.
- La aplicación del calor de mezclas en función de la temperatura es importante para el cálculo del calor específico en los alimentos ya que los mismos son diferentes en cada lugar o zona donde se produce.

1.3 Objetivos

Los objetivos planteados en el presente trabajo, se detallan a continuación:

1.3.1 Objetivo general

Determinar el calor específico de la papa (*Cardinal* y *Runa Cron*), mediante calorimetría de mezclas; con la finalidad de obtener esta propiedad termofísica utilizada en los procesos tecnológicos de transferencia de calor y masa.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las dos variedades de papa con el fin de obtener información sobre su composición nutricional.

- Determinar la constante de los dos calorímetros con la finalidad de corregir las pérdidas de calor durante la medición del calor específico.
- Aplicar modelos teóricos para predecir el calor específico con la finalidad de validar y apoyar a los resultados experimentales obtenidos a base de la fundamentación teórica utilizada.
- Aplicar diseño experimental con la finalidad de establecer los factores que tienen mayor influencia en la determinación del calor específico.
- Establecer la diferencia de los métodos experimentales y modelos teóricos en la determinación del calor específico.

1.4 Planteamiento del problema

Actualmente no existe información sobre el calor específico de la papa (*Cardinal* y *Runa Cron*), esta propiedad termofísica es importante para los procesos termodinámicos involucrados en los procesos de transferencia de masa y calor en el balance de materia y energía; además, el calor específico es altamente variable en función de la composición del alimento, en especial del contenido de almidón y agua, principales componentes de la papa. Así mismo, la aplicación de calorimetría de mezclas, método más utilizado para la medición del calor específico en laboratorio.

1.5 Formulación del problema

¿Mediante la aplicación del calor de mezclas en calorimetría se podrá determinar el calor específico en papa?

1.6 Objeto de estudio

Determinación del calor específico de dos variedades de papa (*Cardinal* y *Runa Cron*).

1.7 Campo de acción

El campo de acción para el presente trabajo de investigación, se detalla a continuación:

- Espacial: El presente trabajo, se realizó en la universidad autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS), provincia cercado de la ciudad de Tarija.

- Temporal: El periodo de tiempo donde se ejecutó el presente trabajo de investigación fue en la gestión 2023-2024
- Institucional: El presente trabajo, se realizó en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA) perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

1.8 Hipótesis

Aplicando el calor de mezclas en calorimetría se puede determinar el calor específico de la papa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Calorimetría

Es la ciencia y la tecnología que se ocupan de medir con precisión la energía y la entalpía (Rolle, 2006. Pág. 161). Estudia el intercambio de calor, en diferentes procesos, mediante un instrumento denominado calorímetro, que mide el cambio de energía en un sistema al operar un proceso; que puede ser físico, químico o biológico (González et al, 2010). Según Rodríguez (2004), es la medida de la cantidad de calor involucrada en una transformación. En las transformaciones sin cambio de fase ni composición, se usa la medición del calor para evaluar el calor específico.

Según Serway & Vuille (2012), El principio de conservación de la energía para un sistema aislado dice que la energía transferida dentro del sistema debe sumar cero. Si una parte pierde energía, otra parte la gana, ya que la energía no desaparece. Cuando un objeto caliente es colocado en el agua fría de un calorímetro, el objeto caliente se vuelve más frío mientras que el agua se vuelve más caliente. Este principio puede ser escrito:

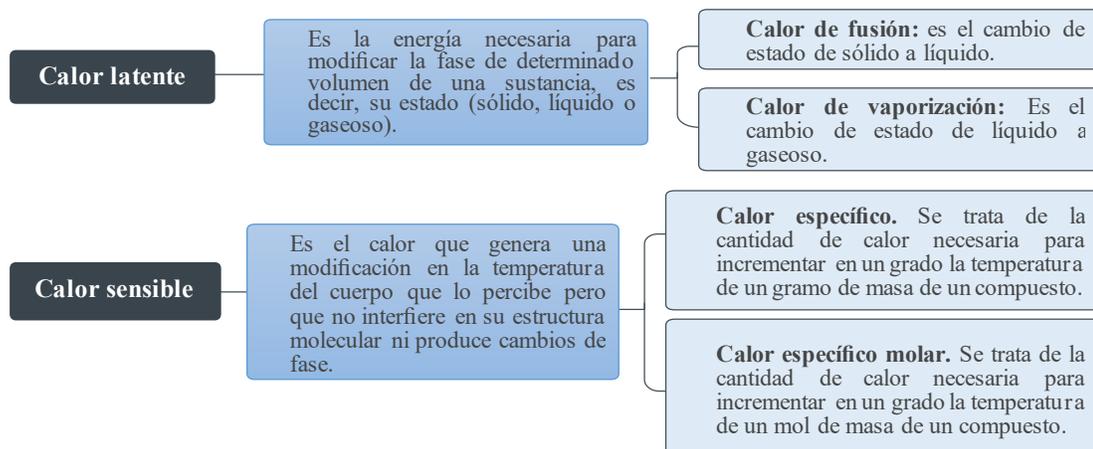
$$Q_{ganado (frío)} = -Q_{cedido (caliente)} \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

2.2 Calor

El calor es la energía en transición a través de la frontera de un sistema, que no se puede identificar con una fuerza mecánica que actúa a lo largo de una distancia conocida (Rolle, 2006. Pág. 91). Según Çengel y Boles (2012), el calor se define como la forma de energía que se transfiere entre dos sistemas (o entre un sistema y el exterior) debido a una diferencia de temperatura (Pág. 60). Para Barbosa et al, (2015) el calor es la energía en tránsito a través de un sistema termodinámico debido a la diferencia de temperatura que existe entre un sistema y el medio que lo rodea o sus alrededores; para representarlo se utiliza la letra “Q”.

2.2.1 Tipos de calor según la variación de temperatura

En la figura 2.1, se muestran los tipos de calor de acuerdo a la variación de la temperatura con y sin cambio de estado.



Fuente: Rodríguez, 2004

Figura 2.1: Tipos de calor según la variación de la temperatura

2.3 Definición de calor específico

Es la cantidad de energía, en forma de calor, que gana o pierde un sistema por unidad de masa, para que se produzca en él un cambio de temperatura de un grado, sin que haya cambio de estado (Orrego, 2003. Pág. 61). Por otra parte, Rodríguez (2004), afirma que es una propiedad específica de la sustancia, o sea que depende de su composición (Pág. 7).

$$C_p = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Dónde:

m= Masa (g)

ΔT = Variación de la temperatura (°C)

C_p = Calor específico (J/g °C)

2.3.1 Predicción del calor específico en alimentos

Los modelos matemáticos proporcionan una de las herramientas básicas para describir procesos físicos y para explicar y predecir el comportamiento en condiciones variadas (Alvis et al, 2012).

Diferentes estudios se han realizado con el objeto de conocer las propiedades térmofísicas de los alimentos, en estos se han obtenido valores para cada una de las propiedades y se han desarrollado modelos matemáticos para predecir su comportamiento a partir de la relación con la temperatura y características del material como: la composición química, el contenido de

humedad, la estructura, entre otras (Ochoa et al, 2006). En la figura 2.2, se detallan algunos modelos matemáticos para la predicción del calor específico en los alimentos.

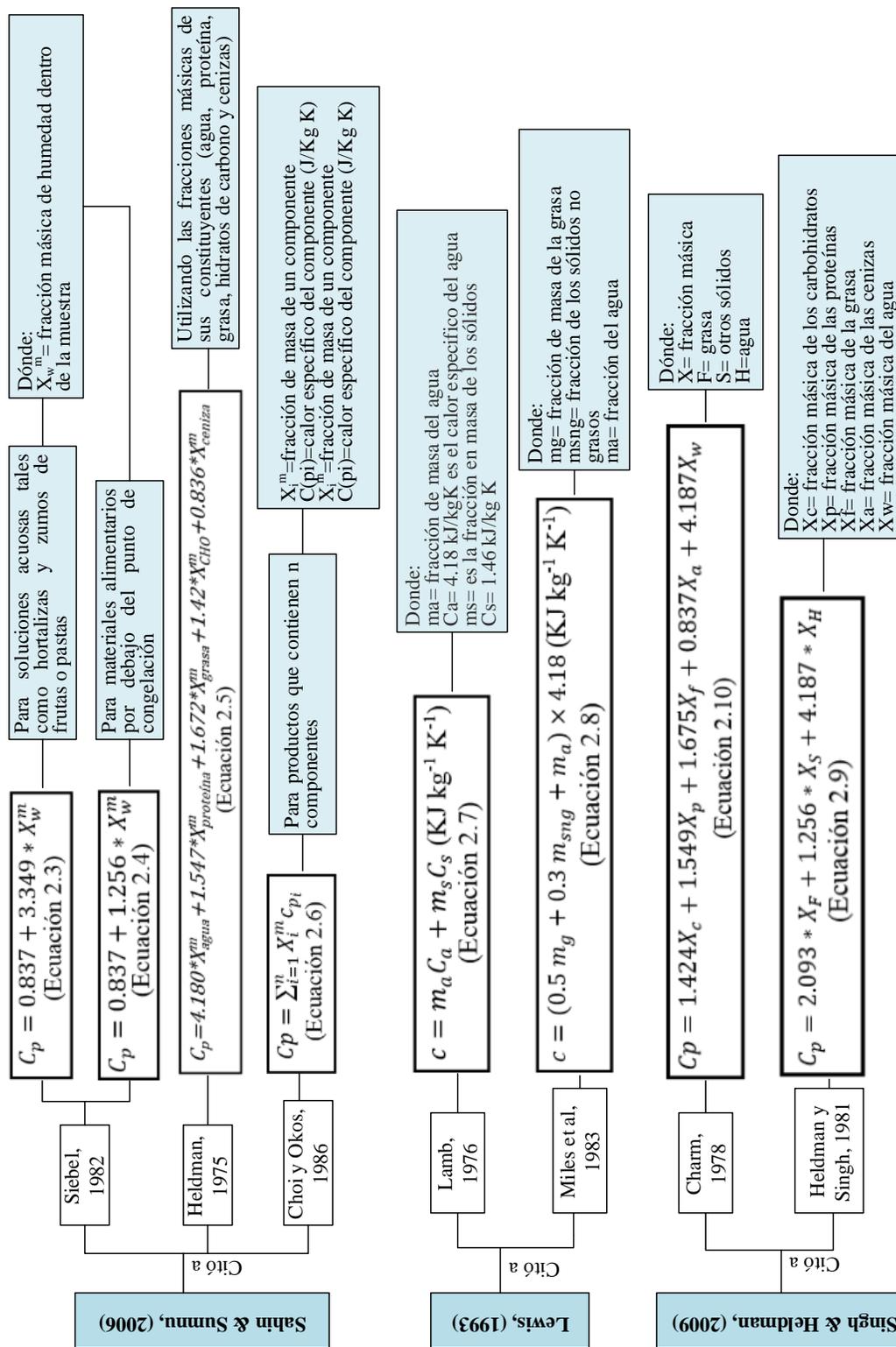
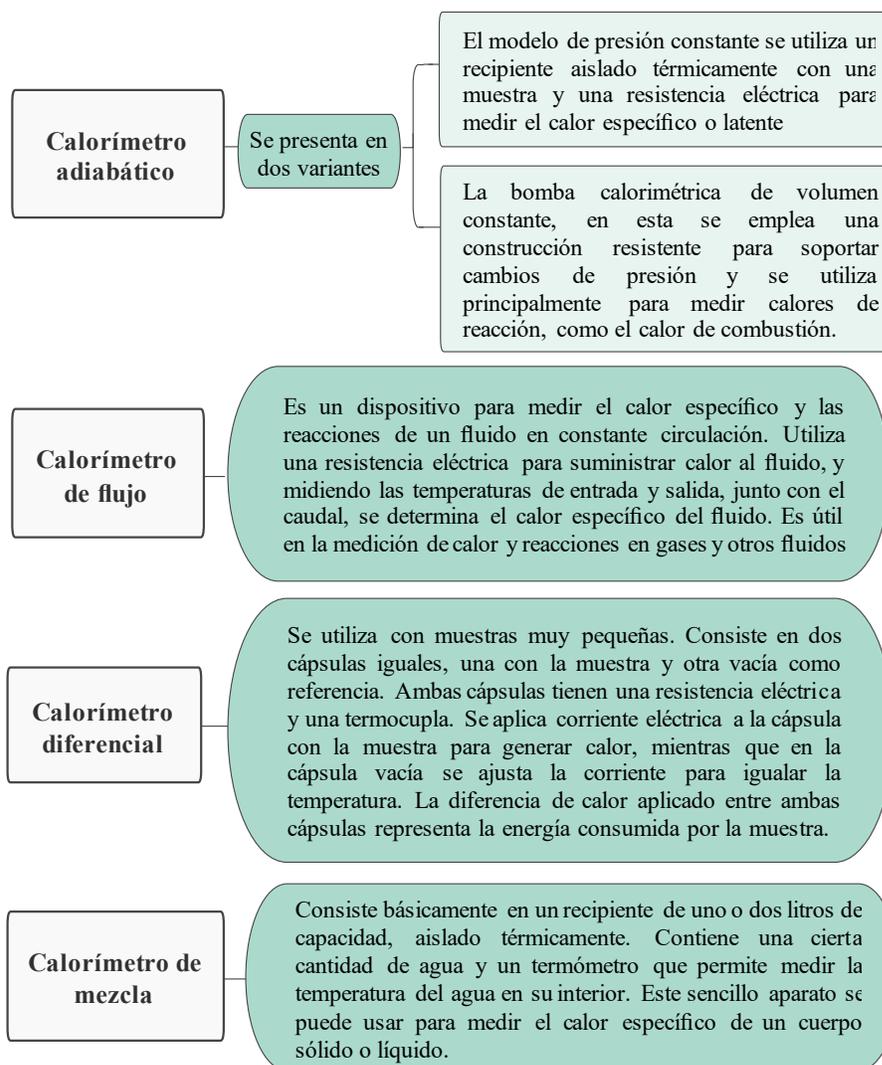


Figura 2.2: Modelos matemáticos para la predicción del calor específico en los alimentos

2.4 Métodos para la medición del calor específico en los alimentos

Algunos de los métodos utilizados para la determinación del calor específico son el método del calorímetro adiabático, del calorímetro de flujo, del calorímetro diferencial, y del calorímetro de mezcla (Rodríguez, 2004). En la figura 2.3, se describen los tipos de calorímetros más comunes utilizados para la medición del calor específico en los alimentos.



Fuente: Rodríguez, 2004

Figura 2.3: Tipos de calorímetros

2.4.1 Calorímetro de mezcla

En este método, la sustancia de masa y temperatura conocida se coloca dentro de un fluido de masa y temperatura conocida contenido en un recipiente de metal (aluminio o cobre) denominado calorímetro. Una vez alcanzado el equilibrio térmico, se toma la temperatura de equilibrio. Para determinar el calor específico de la sustancia se supone que el calor perdido por esta es igual al calor ganado por el fluido y el calorímetro (principio de la igualdad de los intercambios calóricos) (Lewis, 1993).

Para Sahin & Summu (2006), el método de mezcla es el sistema más ampliamente utilizado para medir el calor específico de materiales alimenticios y agrícolas debido a su simplicidad y precisión. Una cantidad conocida de líquido (típicamente agua) a una temperatura inicial conocida se mezcla con una muestra de masa y temperatura conocidas dentro de un recipiente aislado. Se determina la temperatura de equilibrio de la muestra y el calor específico se puede calcular a partir de un simple balance de energía.

2.5 Factores que pueden afectar el calor específico en alimentos

- **Humedad:** Ya que el agua tiene un calor específico mucho más alto que la mayoría de los constituyentes alimenticios, el calor específico de los alimentos se ve significativamente afectado por la cantidad de agua presente y por el estado físico de esta agua. Los alimentos congelados con alto contenido en agua pueden tener valores de calor específico aproximadamente la mitad que los correspondientes a su estado fresco (Zegarra, 2014).
- **Composición:** Los calores específicos de los alimentos dependen mucho de su composición. Conociendo el calor específico de la composición de un alimento en cuanto a proteínas, hidratos de carbono, fibras y agua es posible predecir el calor específico de la mezcla (Velazque y Martínez, 2015).

- **Temperatura:** Los calores específicos son dependientes de la temperatura; para muchas sustancias hay un ligero incremento en el calor específico cuando la temperatura se eleva (Rao y Rizvi, 2005. Pág 154).

2.5.1 Factores que pueden afectar el calor específico en la papa

- **Materia seca:** La materia seca (MS) es la parte que resta de un material tras extraer toda el agua posible a través de un calentamiento hecho en condiciones de laboratorio (Mejía et al, 2021. Pág. 10).

La materia seca (MS) varía entre las variedades de tubérculo, pero la materia seca de la misma variedad también puede variar entre las estaciones en la misma localidad. Esto puede ser el resultado de diferencias en el momento de la siembra, la humedad del suelo y la temperatura ambiente (Barrial et al, 2023).

- **Almidón:** Son polisacáridos vegetales que se encuentran principalmente en los granos de cereales (trigo, arroz, maíz, cebada, centeno), tubérculos (papa, batata, mandioca), y legumbres (garbanzo, soja) (Rembado y Sceni, 2009, Pág. 45). En los tubérculos representa entre el 60-80% del contenido de materia seca total y su cantidad depende de varios factores: la variedad, madurez, patrón de crecimiento, dosis de nitrógeno y potasio, clima y ambiente de almacenamiento. Se estima que un tubérculo consume mensualmente el 0,3% de su peso en forma de materia seca y gana el 0,15% de su peso en agua durante el proceso de respiración (Orena, 2015).
- **Gravedad específica:** La gravedad específica (GE) se define como la relación entre el peso de una sustancia y el peso de la misma sumergida en agua a 15,6 °C. La GE de los tubérculos de papa es relativamente fácil de determinar y se usa para estimar la calidad del tubérculo. El porcentaje de materia seca y de gravedad específica están altamente correlacionados y son dos maneras alternativas de estimar el contenido sólido de los tubérculos (Mejía et al, 2021).

La determinación de la gravedad específica de los tubérculos ha sido usada como una medida rápida, fácil y bastante aproximada del contenido de materia seca y almidón, los cuales se pueden estimar mediante las siguientes relaciones:

$$\text{Materia Seca (\%)} = 24,182 + 211,04 * (GE - 1,0988) \quad (\text{Ecuación 2.11})$$

$$\text{Almidón (\%)} = 17,546 + 199,07 * (GE - 1,0988) \quad (\text{Ecuación 2.12})$$

2.6 Clasificación taxonómica de la planta de papa

Es una planta suculenta, herbácea y anual. Posee un tallo aéreo; que puede ser ramificado hueco y triangular en su sección transversal. Se considera principal, él que crece directamente del tubérculo y a las ramas laterales de éste, se les denomina tallos secundarios. Las hojas son alternas al igual que los estolones; consisten en un pecíolo con folíolo terminal; folíolos laterales secundarios y a veces terciarios intersticiales (Molina et al, 2004). En el cuadro 2.1, se detalla la clasificación taxonómica de la planta de papa.

Tabla 2.1

Clasificación taxonómica de la planta de papa

Reino	Plantae
División	Magoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanáceas
Género	Solanum
Especie	<i>Tuberosum</i>
Nombre científico	<i>Solanum tuberosum</i>

Fuente: Figueredo, 2018

2.7 Características fisiológicas del tubérculo de la papa

En la figura 2.4, se puede observar las características fisiológicas de la papa variedad *Cardinal*.

	Características	Descripción
	Muy buena para consumo fresco, firme a la cocción, de muy buen sabor	Forma de tubérculo: oval, alargados Ojos: superficiales Piel: roja Pulpa: amarilla clara

Fuente: Méndez, 2019

Figura 2.4: Características fisiológicas de la papa variedad *Cardinal*

En la figura 2.5, se puede observar las características fisiológicas de la papa variedad *Runa Cron*.

	Características	Descripción
	Buena calidad culinaria, resistente a la cocción.	Forma de tubérculo: redondo, comprimido Ojos: superficiales Piel: marrón Pulpa: color amarillo.

Fuente: Cardozo, 2021

Figura 2.5: Características fisiológicas de la papa variedad *Runa Cron*

2.8 Composición fisicoquímica de la papa

La composición química de las hortalizas varía significativamente según el tipo y la procedencia. De forma genérica, puede decirse que el contenido acuoso oscila entre el (90 y 80) %, correspondiendo el resto de (10 al 20) % materia seca. Sus componentes se distribuyen de la siguiente forma: (3-20) % de hidratos de carbono, (1-5) % compuestos nitrogenados, (0,6-2,5) % fibra bruta, (0,5-1,5) % minerales, (0,1 a 0,9) % lípidos (Astiasarán y Martínez, 2000). Sin embargo, para Albrecht et al, (2019), las hortalizas contienen entre el (75 y 90) % de agua, (3-20) % de hidratos de carbono, las proteínas se encuentran en cantidades muy bajas (1-5) % y el contenido de grasas es casi nulo, entre (0,1–0,9) %.

En la papa el 80% del peso es agua, mientras que el resto (20%) es su materia seca, de la cual el almidón conforma el 60-70% (Fígares, 2022).

Debido a la falta de información de la composición fisicoquímica de las dos variedades de papa seleccionadas (*Cardinal* y *Runa Cron*) para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se basó en la clasificación como tal de la papa, según Vicente (2019), el principal criterio de clasificación que se utiliza en la papa es su color de piel (rojo, amarillo o blanco) junto con el color de la carne (amarillo o blanco).

En la tabla 2.2, se detalla la composición fisicoquímica de la papa según su color de piel (amarillo y blanco).

Tabla 2.2

Composición fisicoquímica de la papa blanca y amarilla

Composición	Papa blanca	Papa amarilla	Unidades
Calorías	87,0	101,0	Kcal/100g
Agua	74,5	73,2	g
Proteína	2,1	2,0	g
Grasa	0,1	0,4	g
Carbohidratos	22,3	23,3	g
Fibra	0,6	0,4	g
Cenizas	1,0	1,1	g

Fuente: García et al, 2017

En la tabla 2.3, se detalla la composición fisicoquímica de la papa según su color de piel (rojo).

Tabla 2.3

Composición fisicoquímica de la papa Roja

Composición	Papa Roja	Unidades
Calorías	70,00	Kcal/100g
Agua	81,00	g
Proteína	1,89	g
Grasa	0,10	g
Carbohidratos	15,90	g
Fibra	1,70	g
Cenizas	1,11	g

Fuente: FatSecret, 2008

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA
EXPERIMENTAL

3.1 Desarrollo de la parte experimental

La parte experimental del trabajo de investigación “determinación del calor específico de dos variedades de papa (*Cardinal* y *Runa Cron*) mediante calorimetría de mezcla”, se realizó en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería Alimentos (LACIA), perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

3.2 Tipos de intervención en la parte experimental

La metodología que se utilizó para la obtención de resultados experimentales del presente trabajo de investigación, se detallan a continuación:

- Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la papa variedad *Cardinal* y *Runa Cron*.
- Análisis del valor del calor específico de las dos variedades de papa (*Cardinal* y *Runa Cron*).
- Análisis diseño por bloques completamente al azar para determinar el calor específico en papa.
- Operacionalización de las variables en la determinación del calor específico de las dos variedades de papa mediante calorimetría.

3.3 Paradigma investigativo

Según Hernández y Coello (2008), un paradigma no se limita a ser solo una teoría, sino que representa un conjunto de principios que definen una manera de actuar (Pág. 22). Sin embargo, para Hernández y Mendoza (2018), un paradigma es un conjunto de concepciones y premisas acerca del mundo y los métodos y técnicas que se consideran apropiadas para conocerlo e investigarlo (Pág. 4).

3.3.1 Paradigma positivista

El paradigma positivista (racionalista, cuantitativo) tiene como objetivo explicar y predecir fenómenos basándose en relaciones de causa y efecto. Su propósito es descubrir conocimiento a través de la investigación. En este paradigma, el investigador

persigue la neutralidad y se esfuerza por mantener la objetividad como principio fundamental (Coello et al, 2012). Así mismo, Miranda y Ortiz (2020) el paradigma positivista plantea la posibilidad de llegar a verdades absolutas en la medida en que se abordan los problemas (Pág. 7).

3.4 Tipo de investigación

La investigación experimental se caracteriza porque en ella el investigador actúa conscientemente sobre el objeto de estudio, en tanto que los objetivos de estos estudios son precisamente conocer los efectos de los actos producidos por el propio investigador como mecanismo o técnica para probar sus hipótesis (Bernal, 2010). Para Mías (2018), la investigación de tipo experimental se caracteriza por tener controladas todas las variables necesarias. Requiere por lo tanto de condiciones controladas de modo muy riguroso, a fin de estudiar las consecuencias de las variables seleccionadas (Pág. 50).

3.4.1 Enfoque de investigación

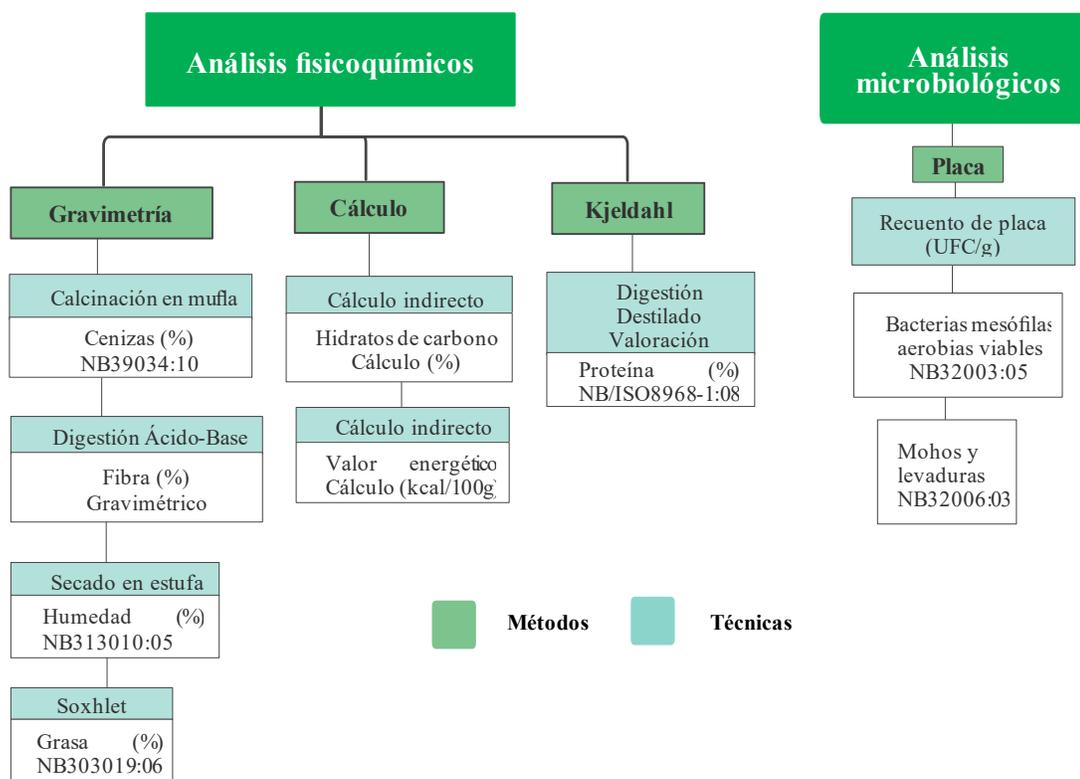
Ñaupas et al, (2018) afirman, el enfoque cuantitativo se caracteriza por utilizar métodos y técnicas cuantitativas y por ende tiene que ver con la medición, el uso de magnitudes, la observación y medición de las unidades de análisis, el muestreo, el tratamiento estadístico (Pág. 136). Por otro lado, Hernández (2010) indica que, el enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías (Pág. 4)

3.5 Métodos, técnicas e instrumentos

Palella y Martins (2012) afirman que un método es el conjunto de procedimientos que se sigue en las ciencias para hallar la verdad. Es una vía o camino para alcanzar una meta o un fin. Así mismo, una técnica es una forma particular para aplicar un método y está referida a los procedimientos empleados para la recolección y tratamiento de datos. Según Ñaupas et al, (2018), los instrumentos de investigación son las herramientas conceptuales o materiales, mediante los cuales se recoge los datos e informaciones, mediante preguntas, ítems que exigen respuestas del investigado (Pág. 273).

3.6 Análisis fisicoquímico y microbiológico de la papa variedad *Cardinal* y *Runa Cron*

En la figura 3.1, se muestran los métodos y técnicas que se utilizaron para determinar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en las dos variedades de papa realizados en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID).



Fuente: CEANID, 2023

Figura 3.1: Métodos y técnicas para determinar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en las dos variedades de papa

3.7 Instrumentos de laboratorio, material de laboratorio y utensilios utilizados en la determinación del calor específico

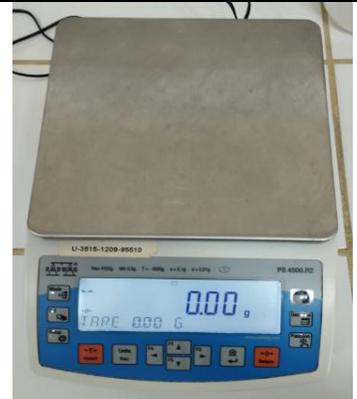
En el desarrollo de la parte experimental, se utilizó diferentes instrumentos del Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA); como también materiales y utensilios de cocina que se describen a continuación:

3.7.1 Instrumentos de laboratorio

Los instrumentos de laboratorio que se utilizaron en la determinación del calor específico en papa se detallan a continuación:

➤ Balanza de precisión

Este instrumento se utilizó para pesar la cantidad de papa en el transcurso de la realización del trabajo. Las especificaciones técnicas de la balanza de precisión, se muestran en la figura 3.2.

Balanza de precisión	Especificaciones
	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: RADWAG • Capacidad de peso máximo: 4500 g • Capacidad de peso mínimo: 0,5 g • Error: 0,1 g • Dimensiones: 33,3x20,6x10,7 cm • Potencia: 4 W

Fuente: LACIA, 2023

Figura 3.2: Especificaciones técnicas de la balanza de precisión

➤ Agitador magnético con calentador

Este instrumento se utilizó como fuente de suministro de calor necesario para calentar el agua destilada. Las especificaciones técnicas del agitador magnético con calentador, se indican en la figura 3.3.

Agitador magnético con calentador	Especificaciones
	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: DLAB • Modelo: MS7-H550- Pro • Poder: 1050W • Poder de calefacción: 1000W • Voltaje: 100-120/200-240 V, 50/60 Hz • Rango de temperatura de calentamiento: Temperatura ambiente – 550° C, incremento de 1 ° C • Peso: 5.3 kg

Fuente: LACIA, 2023

Figura 3.3: Especificaciones técnicas del agitador magnético con calentador

➤ Termómetro digital

El termómetro de digital, se utilizó para medir los cambios de temperaturas en el calorímetro de mezcla. Las especificaciones técnicas del termómetro digital, se detallan en la figura 3.4.

Termómetro digital	Especificaciones
	<ul style="list-style-type: none"> • Pantalla: Digital • Escala: -50°C a 300°C • División de escala: 0,1 °C • Material: Plástico y punta de acero inoxidable • Medidas: 13,5 x 2 cm de diámetro • Precisión: ±1 (-20° ~ +80°) ±2° (otro rango)

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4: Especificaciones técnicas del termómetro digital

➤ Termómetro análogo punzón

El termómetro análogo punzón, se utilizó para medir la temperatura del agua destilada caliente. Las especificaciones técnicas del termómetro análogo punzón, se detallan en la figura 3.5.

Termómetro análogo punzón	Especificaciones
	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: TYLOR • Modelo: 5989N • Escala: 0 a 220 °F • Tipo de pantalla: Analógico • Longitud: 14,5 cm

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5: Especificaciones técnicas del termómetro punzón

3.7.2 Material de laboratorio

Los materiales de laboratorio que se utilizaron en el presente trabajo de investigación, se detallan en la tabla 3.1:

Tabla 3.1*Material de laboratorio*

Materiales	Cantidad	Capacidad	Tipo
Piceta	1	500 ml	Plástico
Vaso de precipitación	4	250 ml	Vidrio
Vaso de precipitación	3	400 ml	Vidrio

Fuente: Elaboración propia

3.7.3 Utensilios de cocina

Los utensilios de cocina que fueron utilizados en la realización del presente trabajo de investigación, se detalla en la tabla 3.2:

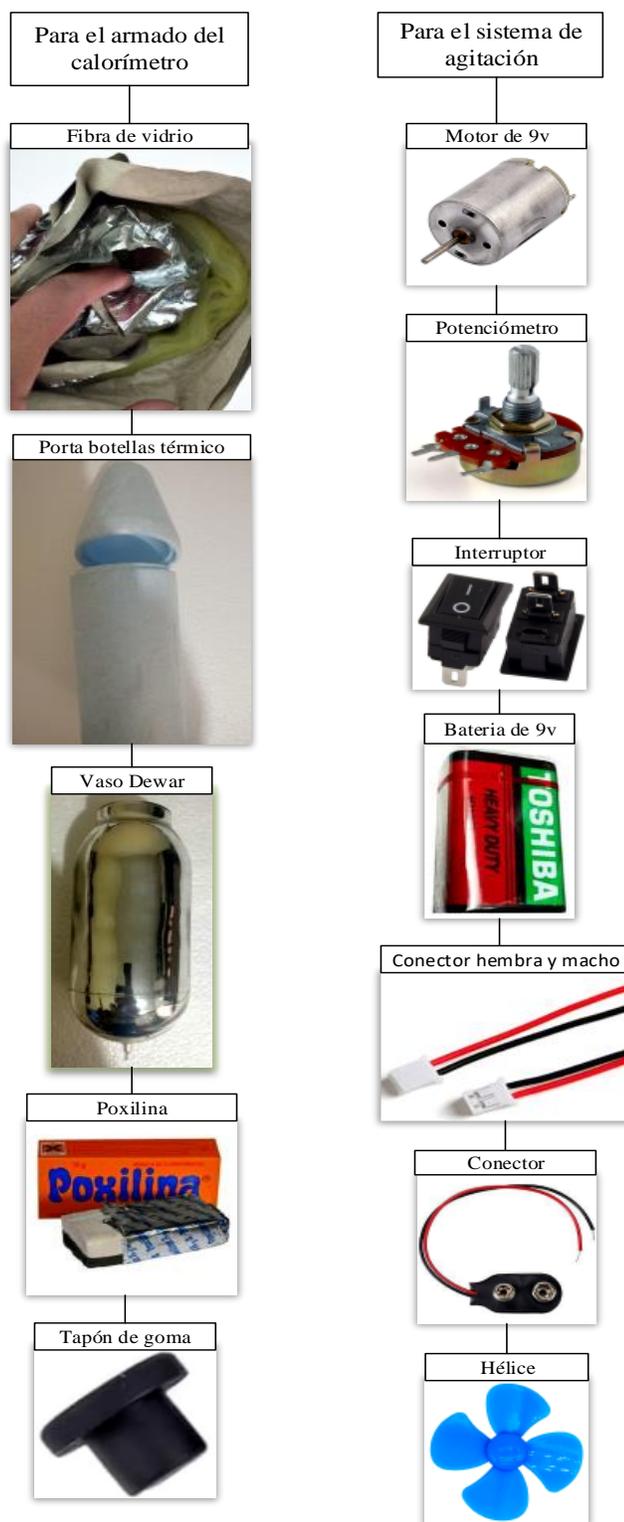
Tabla 3.2*Utensilios de cocina*

Materiales	Cantidad	Tamaño	Tipo
Cuchillo	1	Mediano	Acero inoxidable
Fuente	1	Mediano	Plástico
Fuente	1	Mediano	Acero inoxidable
Plato	2	Mediano	Plástico
Rallador	1	Mediano	Acero inoxidable
Jarra graduada	1	1 litro	Plástico
Cuchara	1	Mediano	Acero inoxidable

Fuente: Elaboración propia

3.8 Construcción del calorímetro y del sistema de agitación

Para la realización del presente trabajo de investigación se consideró la construcción de dos calorímetros, denominados B_C y C_C. Los materiales utilizados para la construcción de ambos calorímetros y del sistema de agitación se muestran en la figura 3.6.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6: Materiales utilizados para la construcción de ambos calorímetros y del sistema de agitación

En la figura 3.7, se muestra el procedimiento para la construcción de ambos calorímetros y del sistema de agitación.

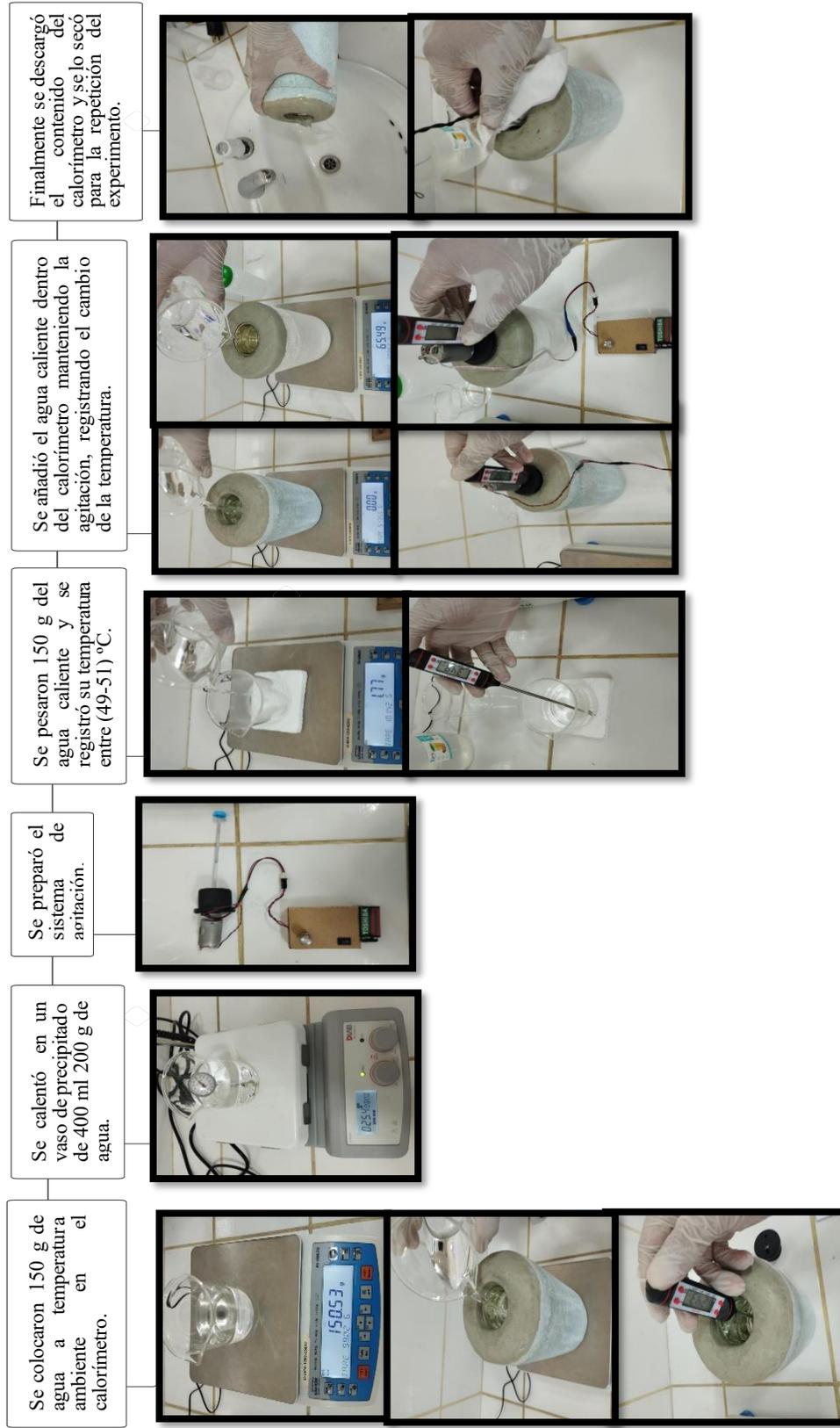


Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7: Procedimiento para la construcción de ambos calorímetros y del sistema de agitación

3.9 Determinación de la constante del calorímetro B_C y el calorímetro C_C

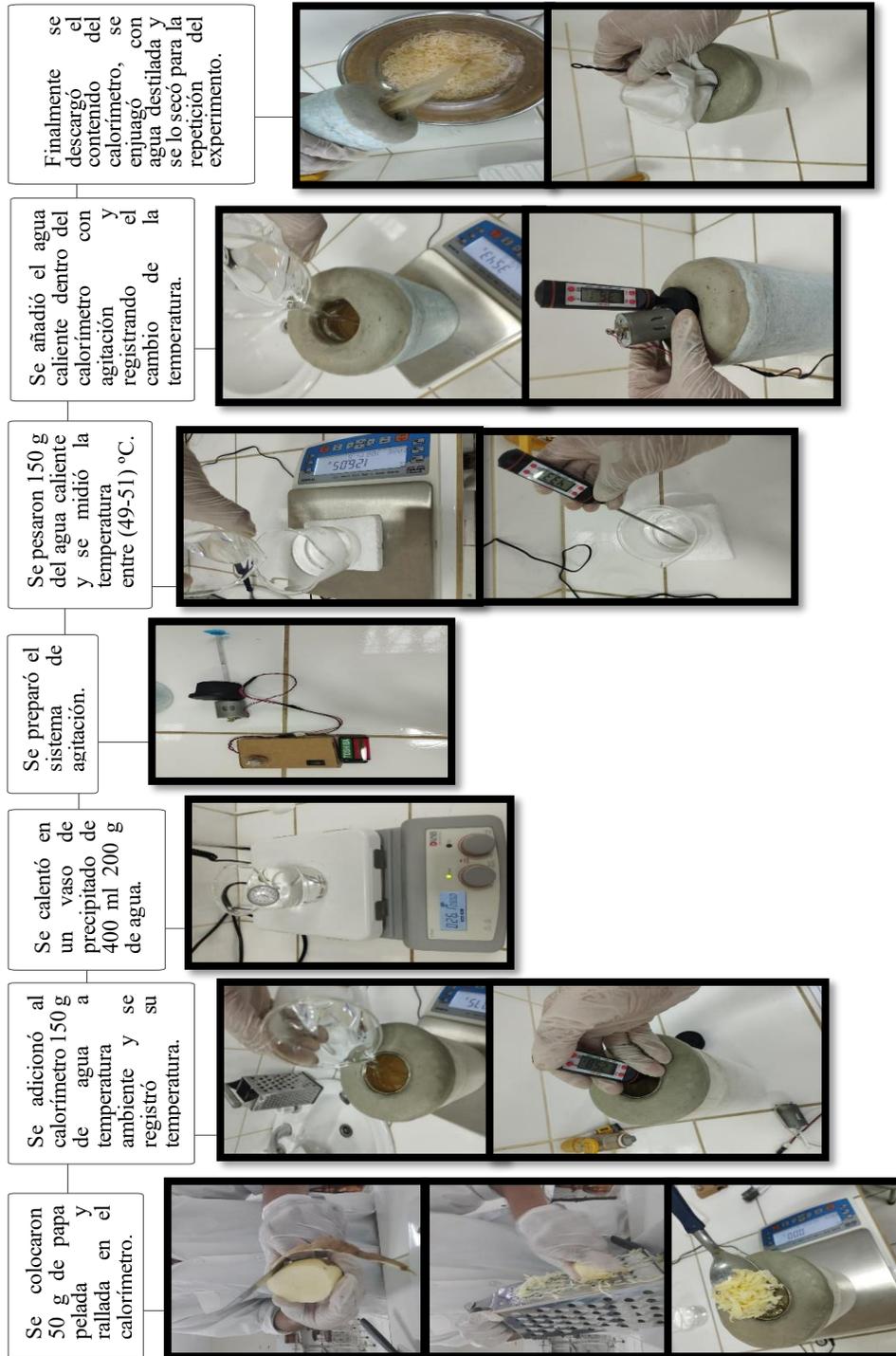
Para la determinación de la constante de ambos calorímetros a nivel experimental se tomó en cuenta el desarrollo que muestra la figura 3.8.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.8: Determinación de la constante de los dos calorímetros

3.10 Determinación del calor específico en las dos variedades de papa

Para la determinación del calor específico de las dos variedades de papa a nivel experimental se tomó en cuenta el procedimiento que se indica en la figura 3.9.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.9: Determinación del calor específico en las dos variedades de papa

3.10.1 Cálculo del calor específico con los modelos matemáticos teóricos de Siebel y Lamb

Se utilizó los modelos matemáticos teóricos de Siebel (1982) y Lamb (1976) en base a la figura 2.2, como una aproximación rápida para estimar el valor del calor específico en las dos variedades de papa (*Cardinal* y *Runa Cron*). Esto para evaluar la precisión de los modelos en comparación con los datos experimentales obtenidos.

3.11 Diseño experimental

El diseño experimental implica que el investigador lleva a cabo la manipulación de una variable experimental no comprobada en condiciones rigurosamente controladas. Su propósito radica en describir cómo y por qué puede ocurrir un fenómeno en particular (Palella y Martins, 2012). No obstante, para Ñaupas et al, (2018), el diseño experimental es un plan que sirve para orientar al investigador en la realización del experimento (Pág. 358).

3.11.1 Diseño por bloques completamente al azar (DBCA)

A este diseño se le conoce como diseño de clasificación de dos vías (ordenamiento múltiple). El objetivo del diseño es reunir las unidades experimentales a las que aplicará los tratamientos en bloques de cierto tamaño, de tal modo que los tratamientos participen por igual, con condiciones tan uniformes como sea posible, dentro de cada bloque (Condo y Pasmíño, 2015). Sin embargo, para Melo et al, (2020), el DBCA busca básicamente determinar diferencias entre tratamientos, en los que cada uno de estos es aplicado a distintas unidades experimentales en cada uno de los bloques; por tal razón, el número de unidades experimentales por bloques es constante (Pág.279).

3.11.2 Diseño por bloques completamente al azar (DBCA) para determinar calor específico

Se utilizó el método de diseño por bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos para investigar si hay diferencia en los resultados obtenidos en la determinación del calor específico en las dos variedades de papa. En la tabla 3.1, se muestra la matriz experimental que se utilizó en la realización del presente trabajo:

Tabla 3.3

Matriz experimental para determinar el calor específico

Tratamientos (Factor A)	Repeticiones u observaciones (Factor B)							Total (Y _i)
	1	2	3	4	5	....	r	
1	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₁₄	Y ₁₅	....	Y _{1r}	Y ₁
2	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₂₃	Y ₂₄	Y ₂₅	....	Y _{2r}	Y ₂
3	Y ₃₁	Y ₃₂	Y ₃₃	Y ₃₄	Y ₃₅	....	Y _{3r}	Y ₃
4	Y ₄₁	Y ₄₂	Y ₄₃	Y ₄₄	Y ₄₅	....	Y _{4r}	Y ₄
5	Y ₅₁	Y ₅₂	Y ₅₃	Y ₅₄	Y ₅₅	....	Y _{5r}	Y ₅
....
....
n	Y _{n1}	Y _{n2}	Y _{n3}	Y _{n4}	Y _{n5}	....	Y _{nr}	Y _n
Total (Y _j)	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	....	Y _r	Y _{...}

Fuente: Melo et al, 2020

3.12 Operacionalización de las variables para la determinación del calor específico de dos variedades de papa (*Cardinal* y *Runa Cron*) mediante calorimetría

Según Hernández y Coello (2008), la operacionalización de las variables consiste en sustituir unas variables por otras más concretas, describiendo las operaciones que hay que realizar para medirlas, convirtiéndolas en indicadores observables y cuantificables (Pág. 69). Para Bernal (2010), operacionalizar una variable significa traducir la variable a indicadores, es decir, traducir los conceptos hipotéticos a unidades de medición (Pág. 141). En la tabla 3.4, se muestra la operacionalización de las variables para la determinación del calor específico de las dos variedades de papa.

Tabla 3.4***Operacionalización de variables para la determinación del calor específico en la papa***

Hipótesis	Variables	Descripción	Subvariables	Indicador	
La determinación de las propiedades térmicas aplicando el calor de mezclas permitirá obtener el calor específico de las dos variedades de papa.	Variable independiente	Propiedades térmicas	Según Rahman (2009), son parámetros que influyen en la transferencia de calor.	Materia seca	%
				Humedad	%
				Almidón	%
	Variable dependiente	Calor específico	Serway y Vuille (2012), afirman que es la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de un gramo de una sustancia específica en un grado.	Temperatura	°C
				Tiempo	min
				Masa de muestra	g
				Masa de agua	g

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE
LOS RESULTADOS

4.1 Características de la papa (*Cardinal* y *Runa Cron*)

Las características de la papa se realizaron mediante análisis físicos, fisicoquímicos y microbiológicos.

Las variedades de papa (*Cardinal* y *Runa Cron*) utilizados en la parte experimental fueron obtenidos del Mercado Campesino de la ciudad de Tarija.

4.1.1 Determinación de la porción comestible y no comestible de la papa variedad *Cardinal*

La tabla 4.1, muestra los resultados obtenidos de porción comestible y porción no comestible de la papa variedad *Cardinal*, tomando aleatoriamente 10 muestras de papa.

Tabla 4.1

*Porción comestible y porción no comestible de la papa variedad *Cardinal**

Muestras	Peso neto (g)	Peso cáscara (g)	Peso porción comestible (g)	Porción no comestible (%)	Porción comestible (%)
1	81,29	12,41	68,88	15,27	84,73
2	94,29	12,33	81,96	13,08	86,92
3	111,68	14,48	97,20	12,97	87,03
4	113,70	14,60	99,10	12,84	87,16
5	130,44	15,09	115,35	11,57	88,43
6	101,32	12,46	88,86	12,30	87,70
7	100,25	15,17	85,08	15,13	84,87
8	104,33	12,64	91,69	12,12	87,88
9	87,34	11,08	76,26	12,69	87,31
10	81,19	11,65	69,54	14,35	85,65
Promedio	100,58	13,19	87,39	13,23	86,77

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.1, se puede observar que para la variedad *Cardinal*, el peso neto varía entre (81,19 y 130,44) g y la porción comestible entre (68,88 y 115,35) g. El porcentaje de porción comestible tiene un promedio del 86,77%, mientras que la porción no comestible un promedio del 13,23 %.

4.1.2 Determinación de la porción comestible y no comestible de la papa variedad *Runa Cron*

La tabla 4.2, muestra los resultados obtenidos de porción comestible y porción no comestible de la papa variedad *Runa Cron*, tomando aleatoriamente 10 muestras de papa.

Tabla 4.2
Porción comestible y porción no comestible de la papa variedad Runa Cron

Muestras	Peso neto (g)	Peso cáscara (g)	Peso porción comestible (g)	Porción no comestible (%)	Porción comestible (%)
1	136,64	17,13	119,51	12,54	87,46
2	135,82	16,66	119,16	12,27	87,73
3	78,13	13,86	64,27	17,74	82,26
4	79,95	15,37	64,58	19,22	80,78
5	61,78	10,38	51,40	16,80	83,20
6	45,02	8,43	36,59	18,73	81,27
7	124,32	19,06	105,26	15,33	84,67
8	75,59	10,97	64,62	14,51	85,49
9	62,24	9,05	53,19	14,54	85,46
10	95,64	12,64	83,00	13,22	86,78
Promedio	89,51	13,36	76,16	15,49	84,51

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.2, se puede observar que el peso neto de la papa variedad *Runa Cron* varía entre (45,02 y 136,64) g y la porción comestible entre (36,59 y 119,51) g. El porcentaje de porción comestible tiene un promedio del 84,51%, mientras que la porción no comestible un promedio del 15,49 %.

4.1.3 Análisis fisicoquímico de la papa variedad *Cardinal*

En la tabla 4.3, se muestran los resultados obtenidos (Anexo A.1) del análisis fisicoquímico de la papa variedad *Cardinal*.

Tabla 4.3***Análisis fisicoquímico de la papa variedad Cardinal***

Parámetros	Valores	Unidades
Grasa	0,02	%
Fibra	0,04	%
Cenizas	0,28	%
Proteína total (Nx6,25)	2,89	%
Hidratos de carbono	22,23	%
Humedad	74,28	%
Valor energético	100,66	Kcal/100 g

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.3, se observa que la papa variedad *Cardinal* contiene: grasa 0,02 %, fibra 0,04 %, cenizas 0,28 %, proteína total (Nx6,25) 2,89 %, hidratos de carbono 22,23 %, humedad 74,28 % y valor energético 100,66 Kcal/100g.

4.1.4 Análisis microbiológico de la papa variedad *Cardinal*

La tabla 4.4, muestra los resultados obtenidos (Anexo A.1) del análisis microbiológico de la papa variedad *Cardinal*.

Tabla 4.4***Análisis microbiológico de la papa variedad Cardinal***

Microorganismos	Valores	Unidades
Mohos y levaduras	$4,0 \times 10^3$	UFC/g
<i>Bacterias aerobias mesófilas</i>	$1,3 \times 10^2$	UFC/g

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.4, se observa que la papa variedad *Cardinal* contiene: Mohos y levaduras $4,0 \times 10^3$ UFC/g y *bacterias aerobias mesófilas* $1,3 \times 10^2$ UFC/g.

4.1.5 Análisis fisicoquímico de la papa variedad *Runa Cron*

La tabla 4.5, muestra los resultados obtenidos (Anexo A.2) del análisis fisicoquímico de la papa variedad *Runa Cron*.

Tabla 4.5

Análisis fisicoquímico de la papa variedad Runa Cron

Parámetros	Valores	Unidades
Grasa	0,05	%
Fibra	0,07	%
Cenizas	0,50	%
Proteína total (Nx6,25)	2,79	%
Hidratos de carbono	22,94	%
Humedad	73,72	%
Valor energético	103,37	Kcal/100 g

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.5, se observa que la papa variedad *Runa Cron* contiene: grasa 0,05 %, fibra 0,07 %, cenizas 0,50 %, proteína total (Nx6,25) 2,79 %, hidratos de carbono 22,94 %, humedad 73,72 % y valor energético 103,37 Kcal/100g.

4.1.6 Análisis microbiológico de la papa variedad Runa Cron

En la tabla 4.6, se muestran los resultados obtenidos (Anexo A.2) del análisis microbiológico de la papa variedad *Runa Cron*.

Tabla 4.6

Análisis microbiológico de la papa variedad Runa Cron

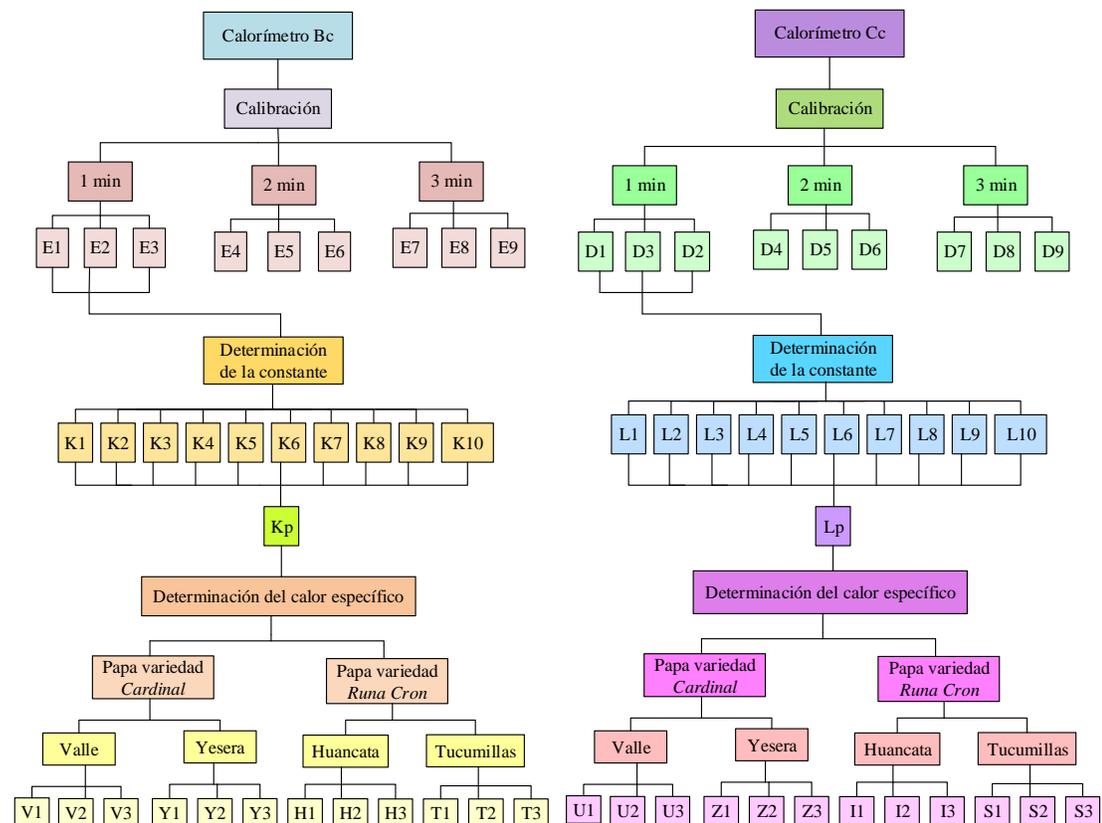
Microorganismos	Valores	Unidades
Mohos y levaduras	$6,3 \times 10^3$	UFC/g
<i>Bacterias aerobias mesófilas</i>	$5,1 \times 10^3$	UFC/g

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.6, se observa que la papa variedad *Runa Cron* contiene: Mohos y levaduras $6,3 \times 10^3$ UFC/g y *bacterias aerobias mesófilas* $5,1 \times 10^3$ UFC/g.

4.2 Caracterización de las variables del proceso para determinar el calor específico en la papa variedad Cardinal y Runa Cron

Para realizar la parte experimental del presente trabajo de investigación, se tomó en cuenta en base a la figura 4.1, donde se muestra el procedimiento para la determinación del calor específico de la papa (*Cardinal* y *Runa Cron*).

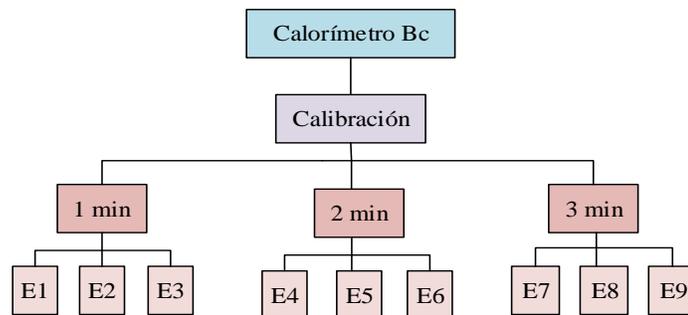


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1: Procedimiento para la determinación del calor específico en la papa.

4.2.1 Calibración del calorímetro B_C

La figura 4.2, muestra la variación del tiempo en función de la temperatura del agua caliente utilizada para el calorímetro B_C, mediante nueve ensayos divididos en tiempos 1 minuto (E1, E2 y E3), 2 minutos (E4, E5 y E6) y 3 minutos (E7, E8 y E9), tomando en cuenta el desarrollo de la figura 4.1.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2: Variación de tiempo para el calorímetro B_C

4.2.1.1 Calibración del calorímetro B_C en función de la temperatura y tiempo de 1 minuto

La tabla 4.7, muestra los resultados de la medición para los tres ensayos (E1, E2 y E3) de la variación de la temperatura en el calorímetro B_C para tiempo de 1 minuto, en donde se realizaron a condiciones de presión (765,82 mmHg) y altura (1854 m) de la ciudad de Tarija que fueron introducidos en el software estadístico Minitap versión 19 para Windows 10; con el fin de determinar los coeficientes de correlación lineal.

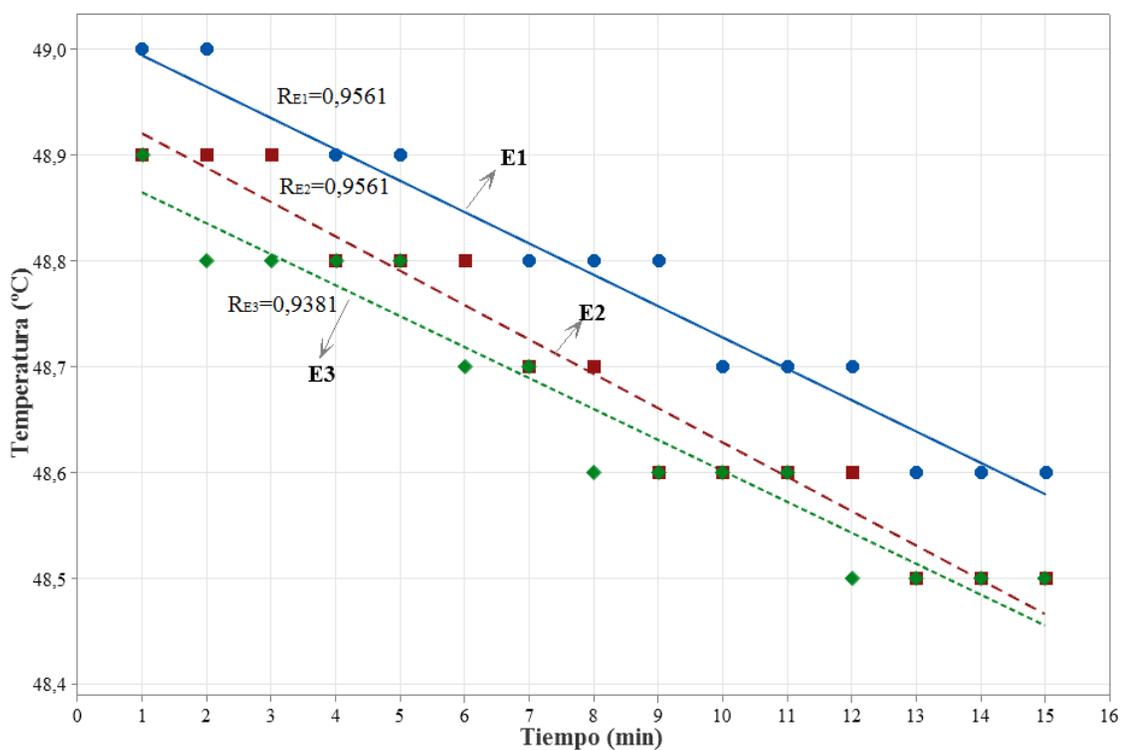
Tabla 4.7

Control de temperatura en el calorímetro B_C para 1 minuto

Tiempo (min)	Temperatura (°C)		
	Ensayos		
	E1	E2	E3
1	49,0	48,9	48,9
2	49,0	48,9	48,8
3	48,9	48,9	48,8
4	48,9	48,8	48,8
5	48,9	48,8	48,8
6	48,8	48,8	48,7
7	48,8	48,7	48,7
8	48,8	48,7	48,6
9	48,8	48,6	48,6
10	48,7	48,6	48,6
11	48,7	48,6	48,6
12	48,7	48,6	48,5
13	48,6	48,5	48,5
14	48,6	48,5	48,5
15	48,6	48,5	48,5

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.3, se muestran los resultados de los coeficientes de correlación lineal tomando en cuenta 1 minuto del control de la variación de la temperatura en el calorímetro B_C.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3: Coeficientes de correlación lineal en el calorímetro B_C para 1 minuto

En la figura 4.3 se puede observar que para el ensayo E1, se obtuvo un valor del coeficiente de correlación ($R_{E1}=0,9561$), ensayo E2 ($R_{E2}=0,9561$) y ensayo E3 ($R_{E3}=0,9381$).

4.2.1.2 Calibración del calorímetro B_C en función de la temperatura y tiempo de 2 minutos

La tabla 4.8, muestra los resultados de la medición para los ensayos (E4, E5 y E6) de la variación de la temperatura en el calorímetro B_C para tiempo de 2 minutos, en donde se realizaron en condiciones de presión (765,82 mmHg) y altura (1854 m) de la ciudad de Tarija que fueron introducidos en el software estadístico Minitap versión 19 para Windows 10; con el fin de determinar los coeficientes de correlación lineal.

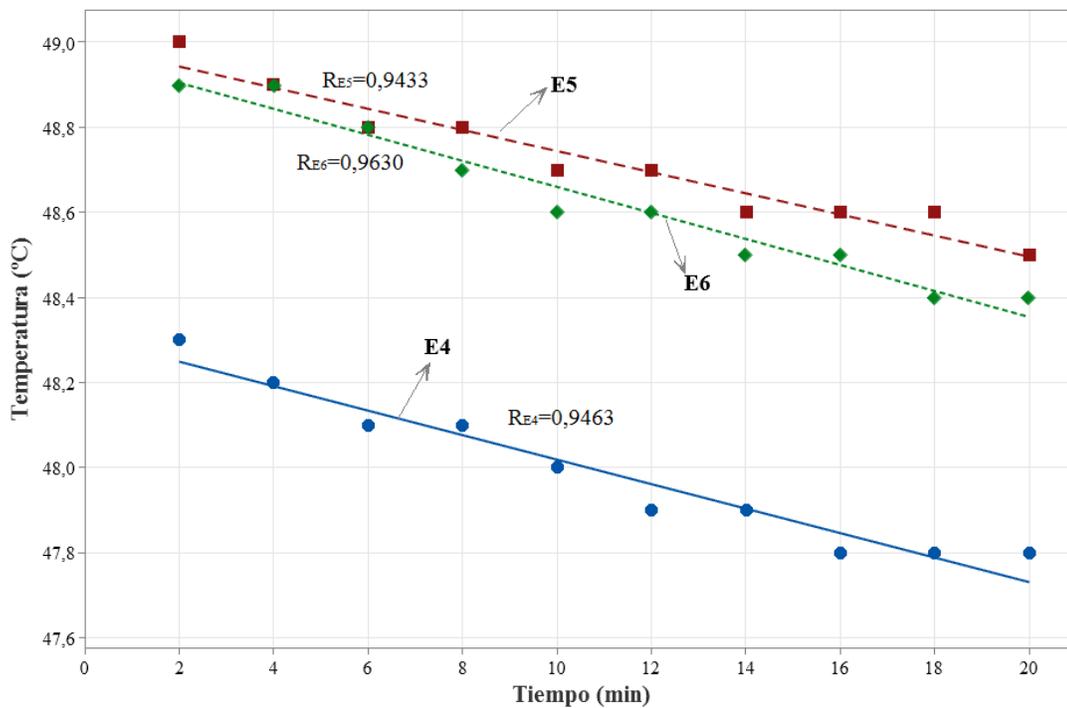
Tabla 4.8

Control de temperatura en el calorímetro B_C para 2 minutos

Tiempo (min)	Temperatura (°C)		
	Ensayos		
	E4	E5	E6
2	48,3	49,0	48,9
4	48,2	48,9	48,9
6	48,1	48,8	48,8
8	48,1	48,8	48,7
10	48,0	48,7	48,6
12	47,9	48,7	48,6
14	47,9	48,6	48,5
16	47,8	48,6	48,5
18	47,8	48,6	48,4
20	47,8	48,5	48,4

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.4, se muestran los resultados de los coeficientes de correlación lineal para el calorímetro B_C, tomando en cuenta 2 minutos del control de la variación de temperatura.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4: Coeficientes de correlación lineal en el calorímetro B_C para 2 minutos

En la figura 4.4 se puede observar que para el ensayo E4, se obtuvo un valor del coeficiente de correlación ($R_{E4}=0,9463$), ensayo E5 ($R_{E5}=0,9433$) y ensayo E6 ($R_{E6}=0,963$).

4.2.1.3 Calibración del calorímetro B_C en función de la temperatura y tiempo de 3 minutos

La tabla 4.9, muestra los resultados de la medición de la variación de temperatura en el calorímetro B_C para tiempo de 3 minutos de los ensayos (E7, E8 y E9), en donde se realizaron a condiciones de presión (765,82 mmHg) y altura (1854 m) de la ciudad de Tarija que fueron introducidos en el software estadístico Minitap versión 19 para Windows 10; con el fin de determinar los coeficientes de correlación lineal.

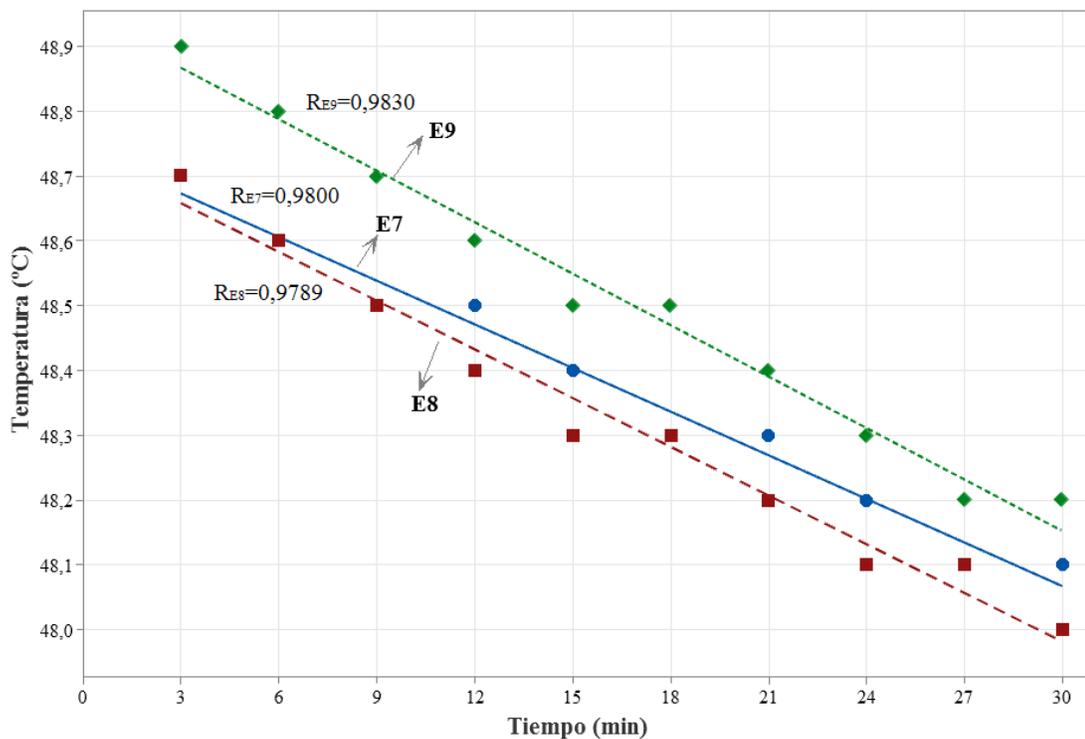
Tabla 4.9

Control de temperatura en el calorímetro B_C para 3 minutos

Tiempo (min)	Temperatura (°C)		
	Ensayos		
	E7	E8	E9
3	48,7	48,7	48,9
6	48,6	48,6	48,8
9	48,5	48,5	48,7
12	48,5	48,4	48,6
15	48,4	48,3	48,5
18	48,3	48,3	48,5
21	48,3	48,2	48,4
24	48,2	48,1	48,3
27	48,1	48,1	48,2
30	48,1	48,0	48,2

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.5 se muestran los resultados de los coeficientes de correlación lineal tomando en cuenta 3 minutos del control de la variación de la temperatura en el calorímetro B_C .



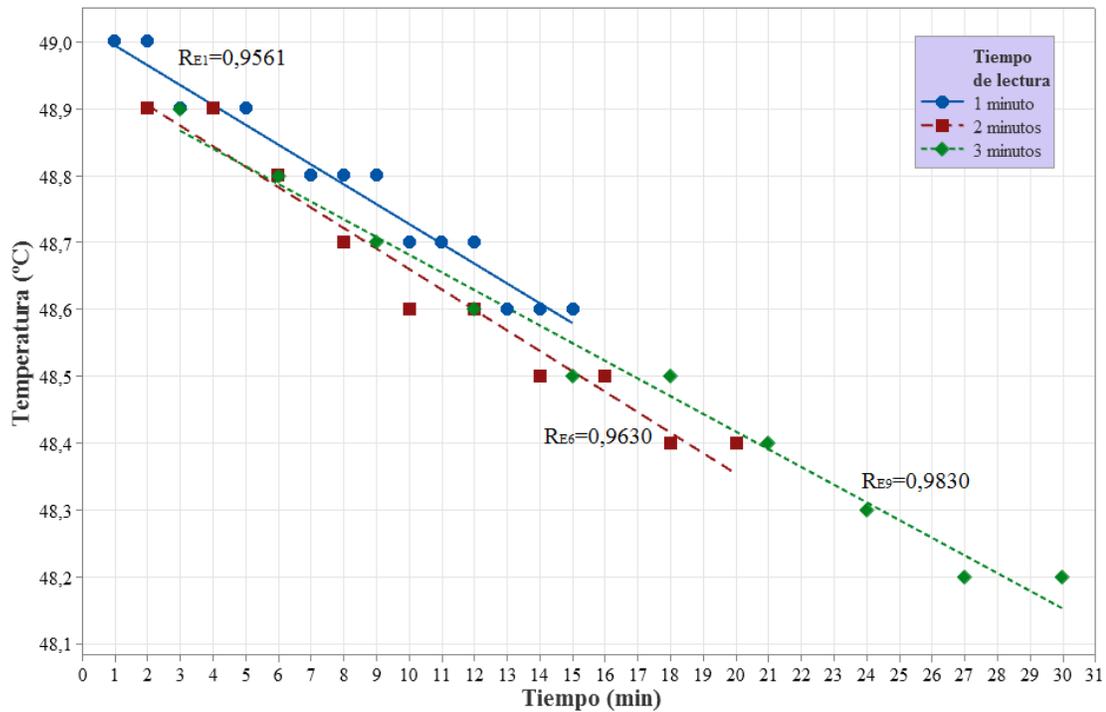
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5: Coeficientes de correlación lineal en el calorímetro B_C para 3 minutos

En la figura 4.5 se puede observar que en el ensayo E7, se obtuvo un valor del coeficiente de correlación ($R_{E7}=0,98$), ensayo E8 ($R_{E8}=0,9789$) y ensayo E9 ($R_{E9}=0,983$).

4.2.1.4 Comparación de variación de la temperatura del calorímetro B_C en función del tiempo

En la figura 4.6, se muestra la comparación de variación de temperatura en el calorímetro B_C en función del tiempo (1, 2 y 3) minutos, tomando en cuenta los mejores valores del coeficiente de correlación lineal, para el ensayo (E1), figura 4.3; ensayo (E6), figura 4.4 y ensayo (E9), figura 4.5.



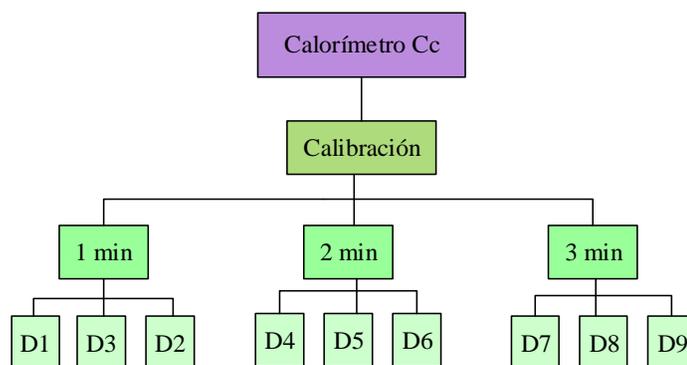
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6: Comparación de variación de temperatura en el calorímetro B_C en función del tiempo

En base a la figura 4.6 se puede establecer que el mejor coeficiente de correlación corresponde para tiempo de 3 minutos ($R_{E9}=0,9830$). Sin embargo, estos resultados sufren un distorsionamiento a medida que se alarga el tiempo de control de temperatura en el calorímetro B_C. Respecto al tiempo óptimo se considera el de 1 minuto, ya que presenta menor variación de la temperatura dentro del calorímetro en función del tiempo.

4.2.2 Calibración del calorímetro C_C

La figura 4.7, muestra la variación del tiempo en función de la temperatura del agua caliente utilizada para el calorímetro C_C, mediante nueve ensayos divididos en tiempos de 1 minuto (D1, D2 y D3), 2 minutos (D4, D5 y D6) y 3 minutos (D7, D8 y D9), tomando en cuenta el desarrollo de la figura 4.1.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7: Variación de tiempo para el calorímetro C_C

4.2.2.1 Calibración del calorímetro C_C en función de la temperatura y tiempo de 1 minuto

La tabla 4.10, muestra los resultados de la medición de la variación de la temperatura en el calorímetro C_C para tiempo de 1 minuto en los ensayos (D1, D2 y D3), en donde se realizaron a condiciones de presión (765,82 mmHg) y altura (1854 m) de la ciudad de Tarija que fueron introducidos en el software estadístico Minitap versión 19 para Windows 10; con el fin de determinar los coeficientes de correlación lineal.

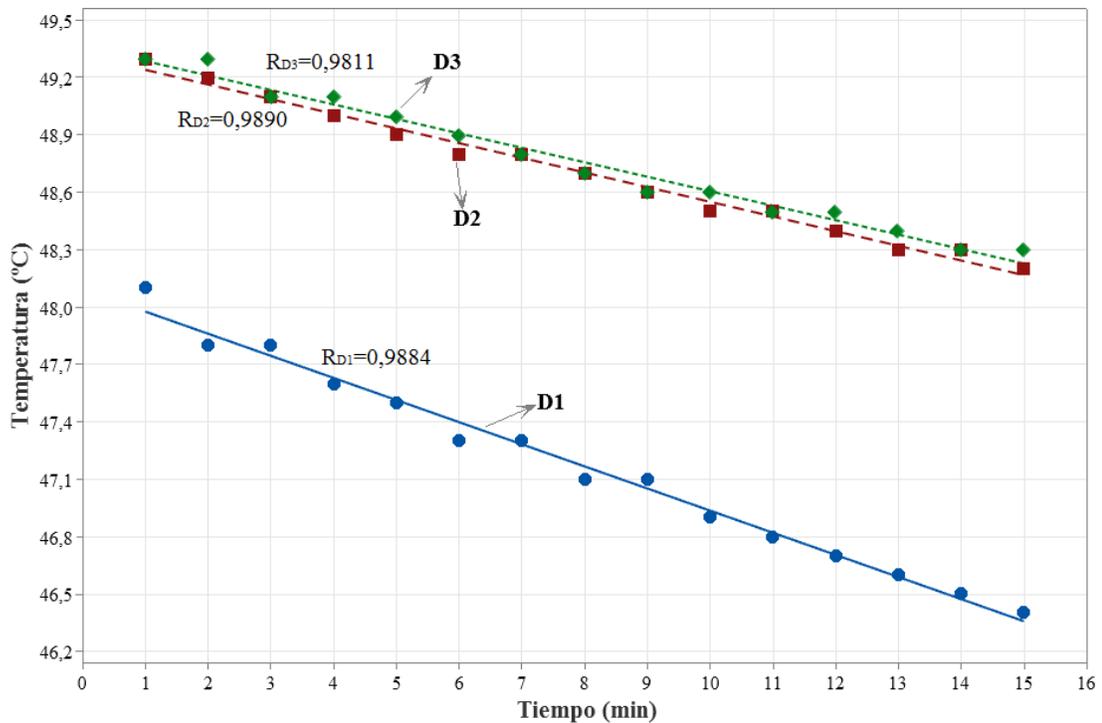
Tabla 4.10

Control de temperatura en el calorímetro C_C para 1 minuto

Tiempo (min)	Temperatura (°C)		
	Ensayos		
	D1	D2	D3
1	48,1	49,3	49,3
2	47,8	49,2	49,3
3	47,8	49,1	49,1
4	47,6	49,0	49,1
5	47,5	48,9	49,0
6	47,3	48,8	48,9
7	47,3	48,8	48,8
8	47,1	48,7	48,7
9	47,1	48,6	48,6
10	46,9	48,5	48,6
11	46,8	48,5	48,5
12	46,7	48,4	48,5
13	46,6	48,3	48,4
14	46,5	48,3	48,3
15	46,4	48,2	48,3

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.8, se muestran los resultados de los coeficientes de correlación lineal tomando en cuenta 1 minuto del control de la variación de la temperatura.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8: Coeficientes de correlación lineal en el calorímetro C_C para 1 minuto

En la figura 4.8 se puede observar que en el ensayo D1, se obtuvo un valor del coeficiente de correlación ($R_{D1}=0,9884$), ensayo D2 ($R=0,989$) y ensayo D3 ($R_{D3}=0,9811$).

4.2.2.2 Calibración del calorímetro C_C en función de la temperatura y tiempo de 2 minutos

La tabla 4.11, muestra los resultados de la medición de la variación de temperatura en el calorímetro C_C para tiempo de 2 minutos en los ensayos (D4, D5 y D6), en donde se realizaron a condiciones de presión (765,82 mmHg) y altura (1854 m) de la ciudad de Tarija que fueron introducidos en el software estadístico Minitap versión 19 para Windows 10; con el fin de determinar los coeficientes de correlación lineal.

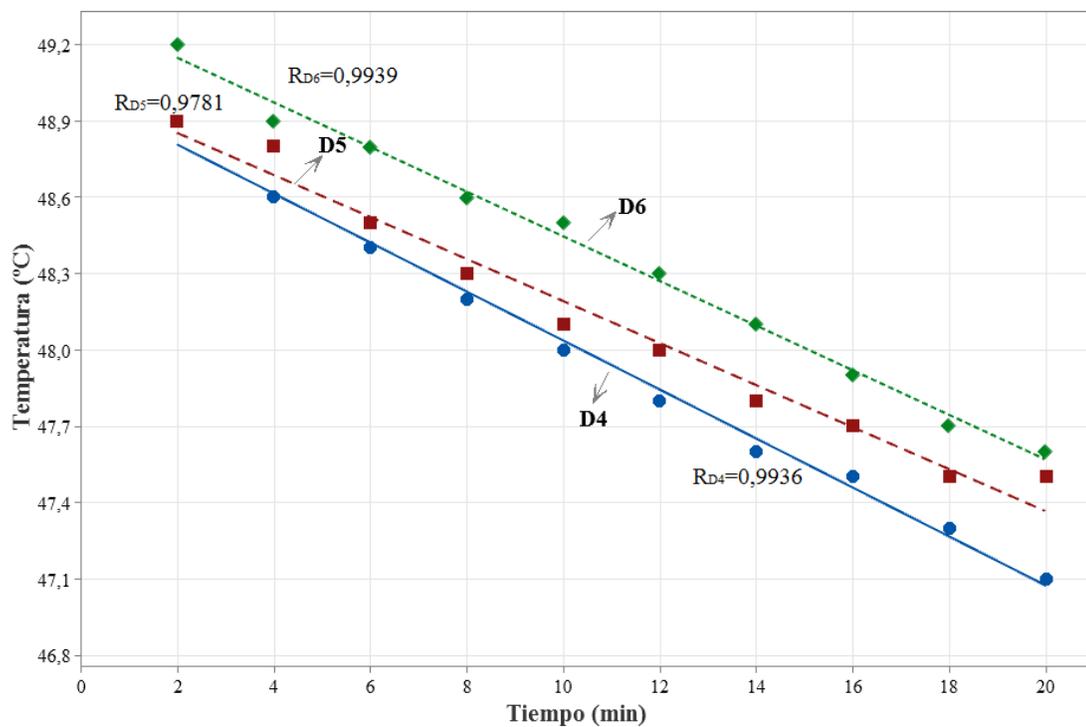
Tabla 4.11

Control de temperatura en el calorímetro C_C para 2 minutos

Tiempo (min)	Temperatura (°C)		
	Ensayos		
	D1	D2	D3
2	48,9	48,9	49,2
4	48,6	48,8	48,9
6	48,4	48,5	48,8
8	48,2	48,3	48,6
10	48,0	48,1	48,5
12	47,8	48,0	48,3
14	47,6	47,8	48,1
16	47,5	47,7	47,9
18	47,3	47,5	47,7
20	47,1	47,5	47,6

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.9, se muestran los resultados de los coeficientes de correlación lineal tomando en cuenta 2 minutos del control de la variación de temperatura para el calorímetro C_C .



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9: Coeficientes de correlación lineal en el calorímetro C_C para 2 minutos

En la figura 4.9 se puede observar que para el ensayo D4, se obtuvo un valor del coeficiente de correlación ($R_{D4}=0,9936$), ensayo D5 ($R_{D5}=0,9781$) y ensayo D6 ($R_{D6}=0,9939$).

4.2.2.3 Calibración del calorímetro C_C en función de la temperatura y tiempo de 3 minutos

La tabla 4.12, muestra los resultados de la medición de la variación de temperatura en el calorímetro C_C para tiempo de 3 minutos de los ensayos (D7, D8 y D9), en donde se realizaron a condiciones de presión (765,82 mmHg) y altura (1854 m) de la ciudad de Tarija que fueron introducidos en el software estadístico Minitap versión 19 para Windows 10; con el fin de determinar los coeficientes de correlación lineal.

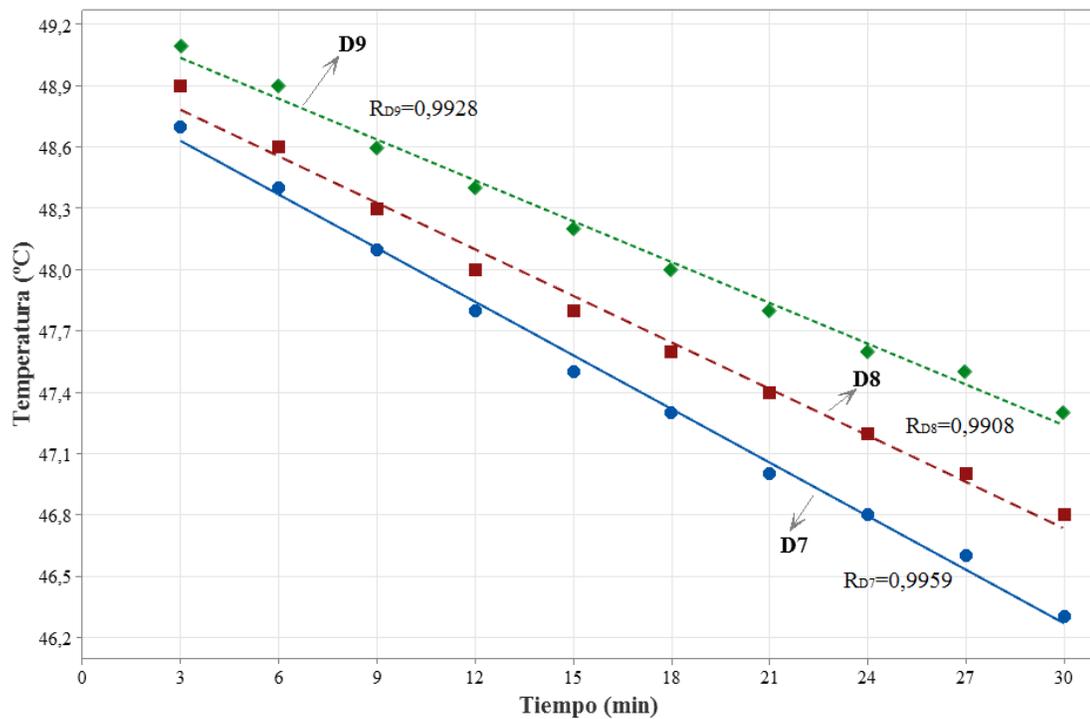
Tabla 4.12

Control de temperatura en el calorímetro C_C para 3 minutos

Tiempo (min)	Temperatura (°C)		
	Ensayos		
	D1	D2	D3
3	48,7	48,9	49,1
6	48,4	48,6	48,9
9	48,1	48,3	48,6
12	47,8	48,0	48,4
15	47,5	47,8	48,2
18	47,3	47,6	48,0
21	47,0	47,4	47,8
24	46,8	47,2	47,6
27	46,6	47,0	47,5
30	46,3	46,8	47,3

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.10, se muestran los resultados de los coeficientes de correlación lineal tomando en cuenta 3 minutos en el control de la variación de la temperatura para el calorímetro C_C .



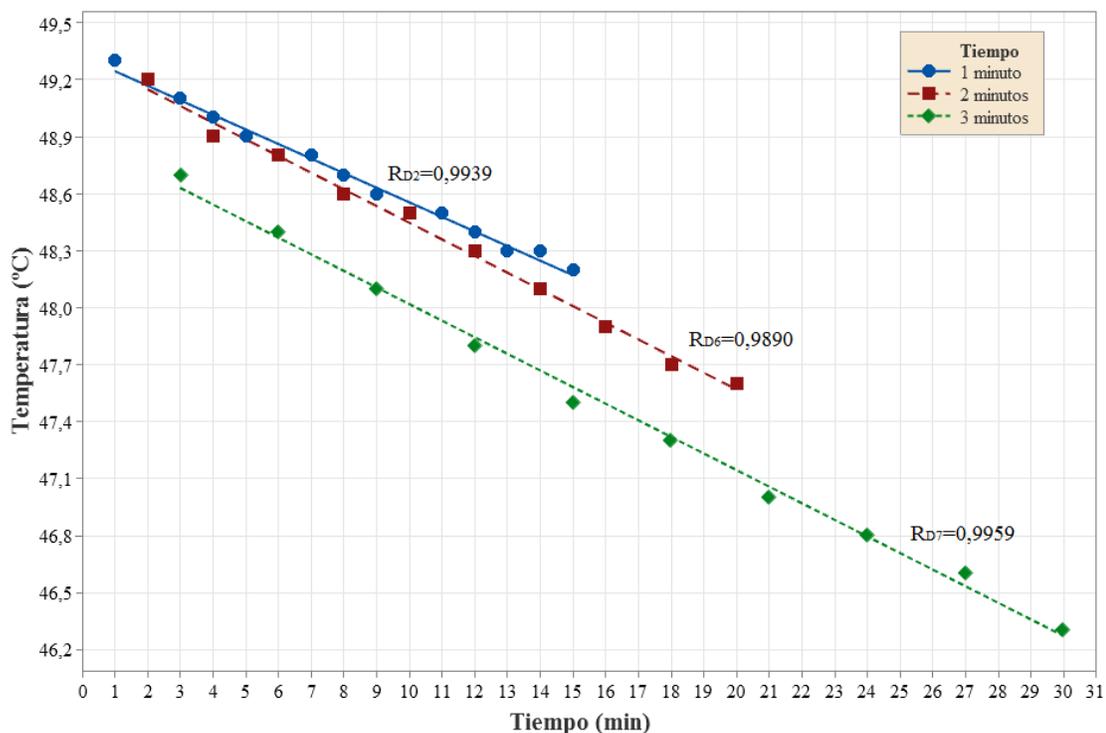
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10: Coeficientes de correlación lineal en el calorímetro C_C para 3 minutos

En la figura 4.10 se puede observar que para el ensayo D7, se obtuvo un valor del coeficiente de correlación ($R_{D7}=0,9959$), ensayo D8 ($R_{D8}=0,9908$) y ensayo D9 ($R_{D9}=0,9928$).

4.2.2.4 Comparación del comportamiento de la temperatura en el calorímetro C_C en función del tiempo

En la figura 4.11, se muestra la comparación de variación de temperatura en el calorímetro C_C en función del tiempo (1, 2 y 3) minutos, tomando en cuenta los mejores valores del coeficiente de correlación lineal, para el ensayo (D2), figura 4.8; ensayo (D6), figura 4.9 y ensayo (D7), figura 4.10.



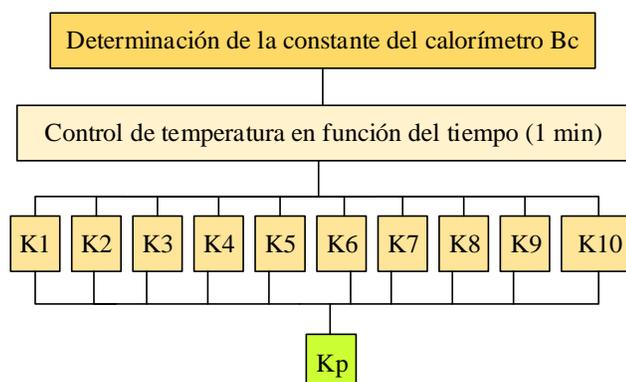
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11: Comparación de variación de temperatura en el calorímetro C_C en función del tiempo

En base a la figura 4.11 se puede establecer que el mejor coeficiente de correlación corresponde para tiempo de 3 minutos ($R_{D7}=0,9959$). Sin embargo, estos resultados sufren un distorsionamiento a medida que se alarga el tiempo de control de temperatura en el calorímetro C_C . Respecto al tiempo óptimo se considera el de 1 minuto, ya que presenta menor variación de la temperatura dentro de calorímetro en función del tiempo.

4.2.3 Determinación de la constante del calorímetro B_C

Según la figura 4.1, se procedió a determinar la constante del calorímetro B_C tomando en cuenta el ensayo (E1) en el control de la temperatura de la mezcla del agua a temperatura ambiente con el agua caliente en función del tiempo (1 min); para tal efecto se realizaron diez ensayos (K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9 y K10), como muestra la figura 4.12.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12: Determinación de la constante del calorímetro B_C

4.2.3.1 Variación de temperatura en función del tiempo para la constante del calorímetro B_C

En la tabla 4.13, se muestran los resultados del control de variación de temperatura en función del tiempo para la determinación de la constante del calorímetro B_C , realizados a condiciones de presión (765,82 mmHg) y altura (1854 m) de la ciudad de Tarija.

Tabla 4.13

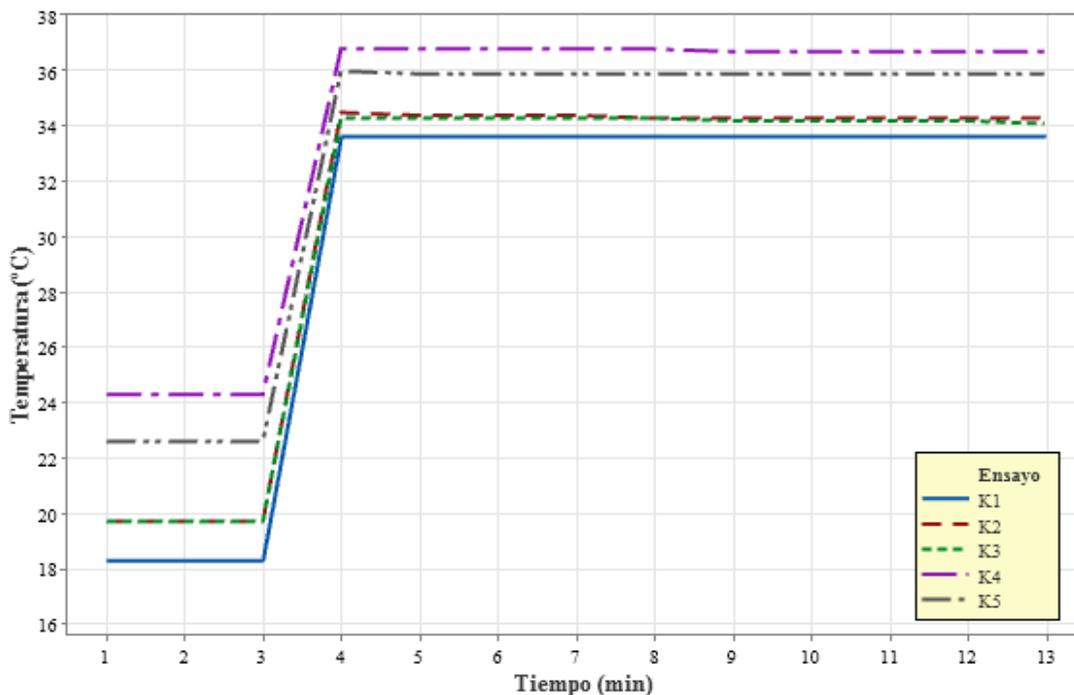
Variación de temperatura en función del tiempo para la constante del calorímetro B_C

Tiempo (min)	Temperatura (°C)									
	Ensayos									
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
1	18,3	19,7	19,7	24,3	22,6	21,3	21,3	22,3	22,2	22,4
2	18,3	19,7	19,7	24,3	22,6	21,3	21,3	22,3	22,2	22,4
3	18,3	19,7	19,7	24,3	22,6	21,3	21,3	22,3	22,2	22,4
4	33,6	34,5	34,3	36,8	36,0	21,3	21,3	35,6	35,5	35,9
5	33,6	34,4	34,3	36,8	35,9	35,3	35,2	35,6	35,5	35,8
6	33,6	34,4	34,3	36,8	35,9	35,2	35,1	35,6	35,5	35,8
7	33,6	34,4	34,3	36,8	35,9	35,2	35,1	35,6	35,5	35,8
8	33,6	34,3	34,3	36,8	35,9	35,2	35,1	35,6	35,4	35,8
9	33,6	34,3	34,2	36,7	35,9	35,2	35,1	35,6	35,4	35,8
10	33,6	34,3	34,2	36,7	35,9	35,1	35,1	35,5	35,4	35,8
11	33,6	34,3	34,2	36,7	35,9	35,1	35,1	35,5	35,4	35,7
12	33,6	34,3	34,2	36,7	35,9	35,1	35,1	35,5	35,4	35,7
13	33,6	34,3	34,1	36,7	35,9	35,1	35,1	35,5	35,4	35,7

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el análisis de los resultados de la tabla 4.13 se tuvo que separar los ensayos en dos partes: primero (K1, K2, K3, K4 y K5) y segundo (K6, K7, K8, K9 y K10).

En la figura 4.13, se muestra la variación de temperatura en función del tiempo para los ensayos (K1, K2, K3, K4 y K5) realizados para la determinación de la constante del calorímetro B_C.

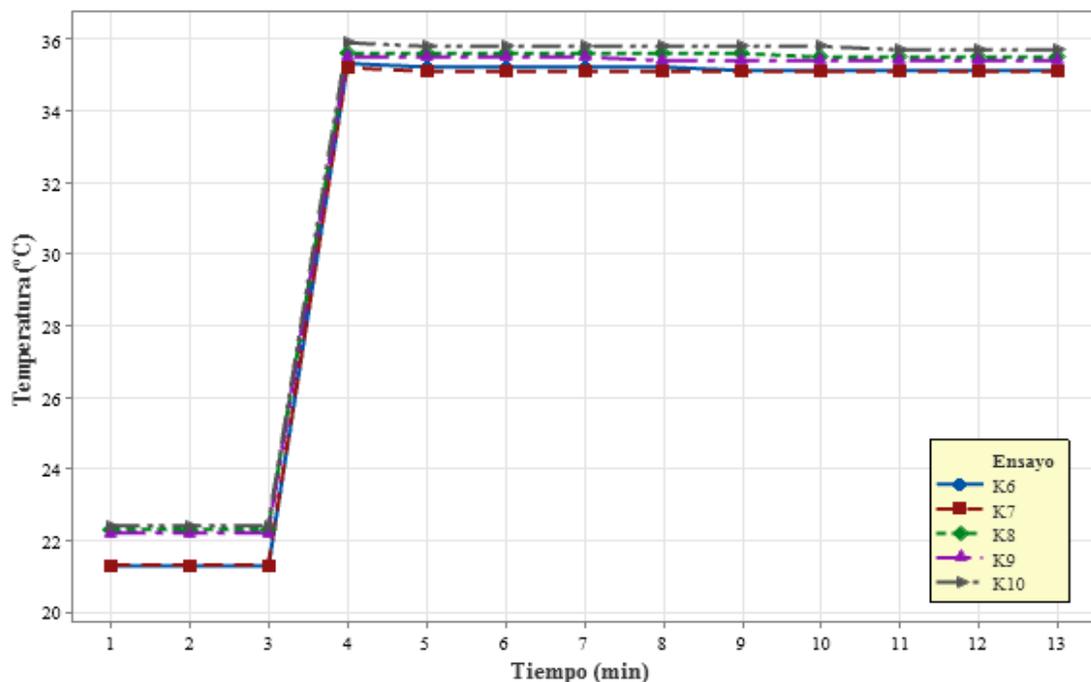


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13: Variación de la temperatura en el calorímetro B_C en la primera parte de los ensayos

En la figura 4.13, se muestra que, en función de las muestras tomadas en cuenta (K1, K2, K3, K4 y K5), se puede observar entre (1 a 3) minutos que existe estabilidad térmica en todos los ensayos, dentro de los 4 minutos, hay un incremento de temperatura (18,3 a 36,8) °C debido al agregado del agua caliente (50,5) °C. Durante los (4 a 13) minutos no hay variación de temperatura en el calorímetro B_C manteniéndose constante hasta los (13) minutos, donde finaliza el proceso.

En la figura 4.14, se muestra la variación de la temperatura en función del tiempo en los ensayos (K6, K7, K8, K9 y K10) realizados para la determinación de la constante del calorímetro B_C.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.14: Variación de la temperatura en el calorímetro B_C en la segunda parte de los ensayos

En la figura 4.14, se muestra que, en función de las muestras tomadas en cuenta (K6, K7, K8, K9 y K10), se puede observar entre (1 a 3) minutos que existe estabilidad térmica en todos los ensayos, dentro de los 4 minutos, hay un incremento de temperatura (21,3 a 35,7) °C debido al agregado del agua caliente (50,5) °C. Durante los (4 a 13) minutos no hay variación de temperatura en el calorímetro B_C manteniéndose constante la temperatura hasta los (13) minutos, donde finaliza el proceso

4.2.3.2 Cálculo de la constante del calorímetro B_C

Para la determinación de la constante del calorímetro B_C se tomaron en cuenta diez ensayos realizados en el laboratorio, utilizando la ecuación 2.1 y ecuación 2.2; cuyos resultados se muestran en la tabla 4.14 y el procedimiento de cálculo se detalla en el (Anexo B.1).

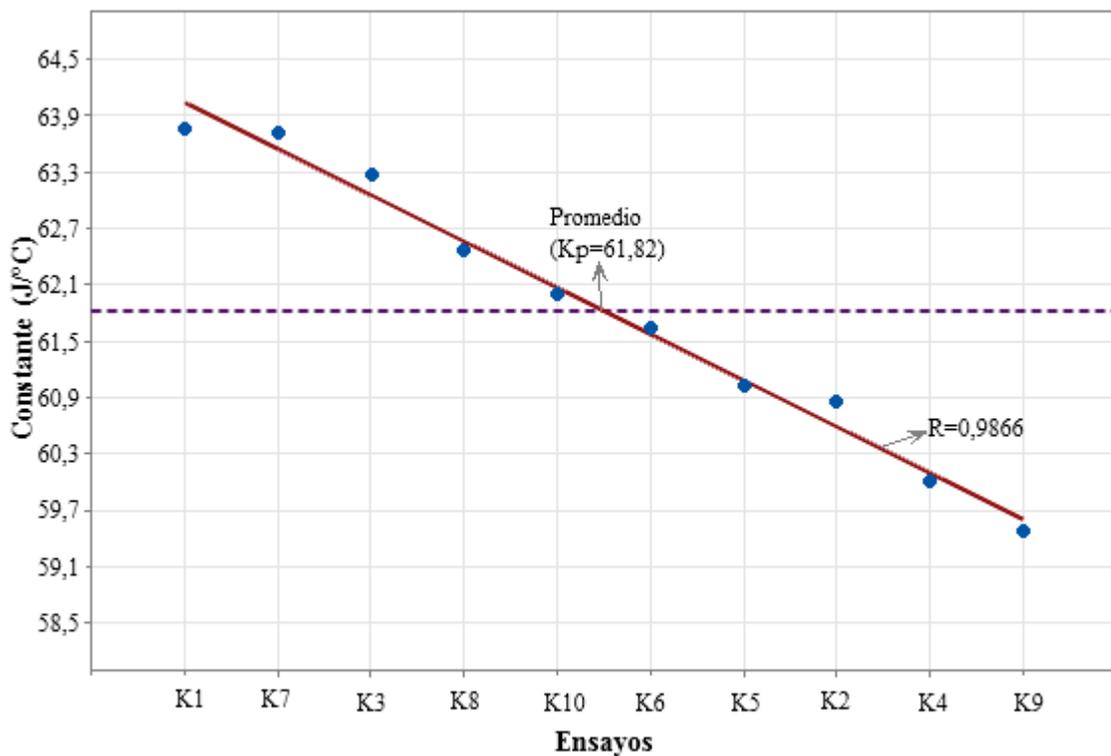
Tabla 4.14

Determinación de la constante del calorímetro B_C

Ensayo	Masa de agua (g)	Temperatura de agua (°C)	Masa de agua caliente (g)	Temperatura de agua caliente (°C)	Temperatura final de equilibrio (°C)	K (J/°C)
K1	150,5	18,3	150,05	50,5	33,6	63,76
K7	150,2	21,3	150,21	50,3	35,1	63,71
K3	150,4	19,7	149,14	50,5	34,3	63,27
K8	150,4	22,3	151,66	50,1	35,6	62,47
K10	150,2	22,4	150,38	50,5	35,8	61,99
K6	150,5	21,3	150,06	50,5	35,2	61,63
K5	150,2	22,6	150,06	50,5	35,4	61,02
K2	151,1	19,7	150,18	50,4	34,3	60,86
K4	150,3	24,3	150,25	50,5	36,8	60,00
K9	150,6	22,2	151,15	50,0	35,5	59,47

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.15, se muestran los resultados del cálculo de la constante del calorímetro B_C en función de datos de la tabla 4.14.



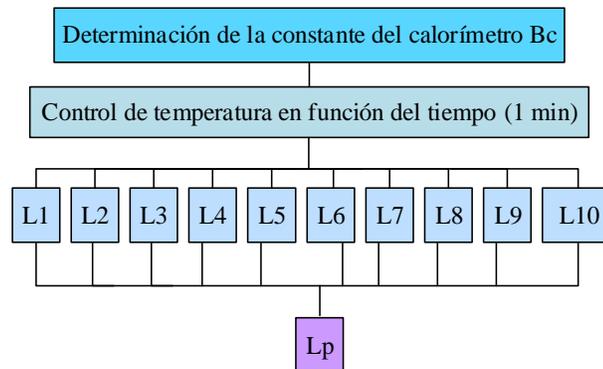
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15: Resultados de la constante para el calorímetro B_C

En la figura 4.15, se puede observar que para la constante del calorímetro B_C se obtuvo un valor del coeficiente de correlación ($R=0,9866$) y promedio ($K_P=61,82$) $J/^\circ C$.

4.2.4 Determinación de la constante del calorímetro C_C

Según la figura 4.1, se procedió a determinar la constante del calorímetro C_C tomando en cuenta el ensayo (D2) en el control de la temperatura de la mezcla del agua a temperatura ambiente con el agua caliente en función del tiempo (1 min); para tal efecto se realizaron diez ensayos (L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9 y L10), como muestra la figura 4.16.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16: Determinación de la constante del calorímetro C_C

4.2.4.1 Variación de temperatura en función del tiempo para la constante del calorímetro C_C

En la tabla 4.15, se muestran los resultados del control de variación de temperatura en función del tiempo para la determinación de la constante del calorímetro C_C , realizados a condiciones de presión (765,82 mmHg) y altura (1854 m) de la ciudad de Tarifa.

Tabla 4.15**Variación de temperatura en función del tiempo para la constante del calorímetro C_C**

Tiempo (min)	Temperatura (°C)									
	Ensayos									
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
1	21,1	20,9	21,1	22,6	22,0	22,7	21,4	22,6	23,3	24,5
2	21,1	20,9	21,1	22,6	22,0	22,7	21,4	22,6	23,3	24,5
3	21,1	20,9	21,1	22,6	22,0	22,7	21,4	22,6	23,3	24,5
4	35,1	35,1	34,8	35,9	35,6	35,5	35,3	35,8	36,2	36,9
5	35,1	35,1	34,8	35,9	35,6	35,5	35,3	35,8	36,2	36,9
6	35,1	35,1	34,8	35,9	35,6	35,5	35,3	35,8	36,2	36,9
7	35,0	35,0	34,7	35,8	35,5	35,4	35,2	35,7	36,1	36,8
8	35,0	34,9	34,7	35,7	35,5	35,3	35,2	35,6	36,0	36,8
9	34,9	34,9	34,6	35,7	35,4	35,3	35,1	35,6	36,0	36,7
10	34,9	34,9	34,6	35,7	35,4	35,3	35,1	35,6	36,0	36,7
11	34,8	34,8	34,5	35,6	35,3	35,2	35,0	35,5	35,9	36,6
12	34,8	34,8	34,5	35,6	35,3	35,2	35,0	35,5	35,9	36,6
13	34,8	34,7	34,5	35,6	35,3	35,1	35,0	35,5	35,8	36,6

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el análisis de los resultados en la tabla 4.15 se tuvo que separar los ensayos en dos partes: primero (L1, L2, L3, L4 y L5) y segundo (L6, L7, L8, L9 y L10).

En la figura 4.17, se muestra la variación de la temperatura en los ensayos (L1, L2, L3, L4 y L5) realizados en la determinación de la constante del calorímetro C_C .

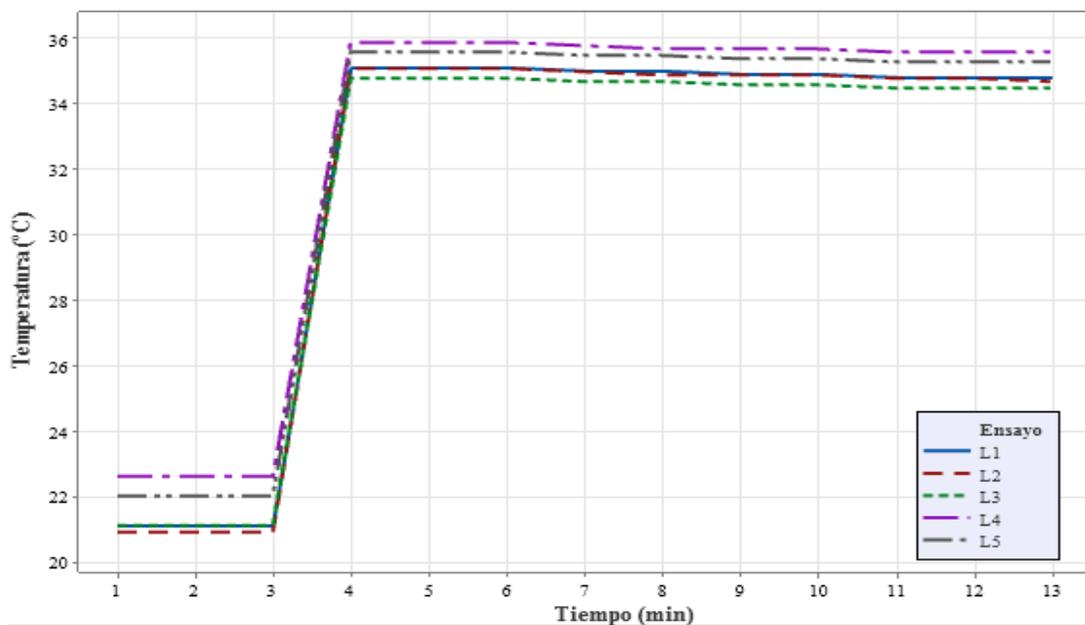
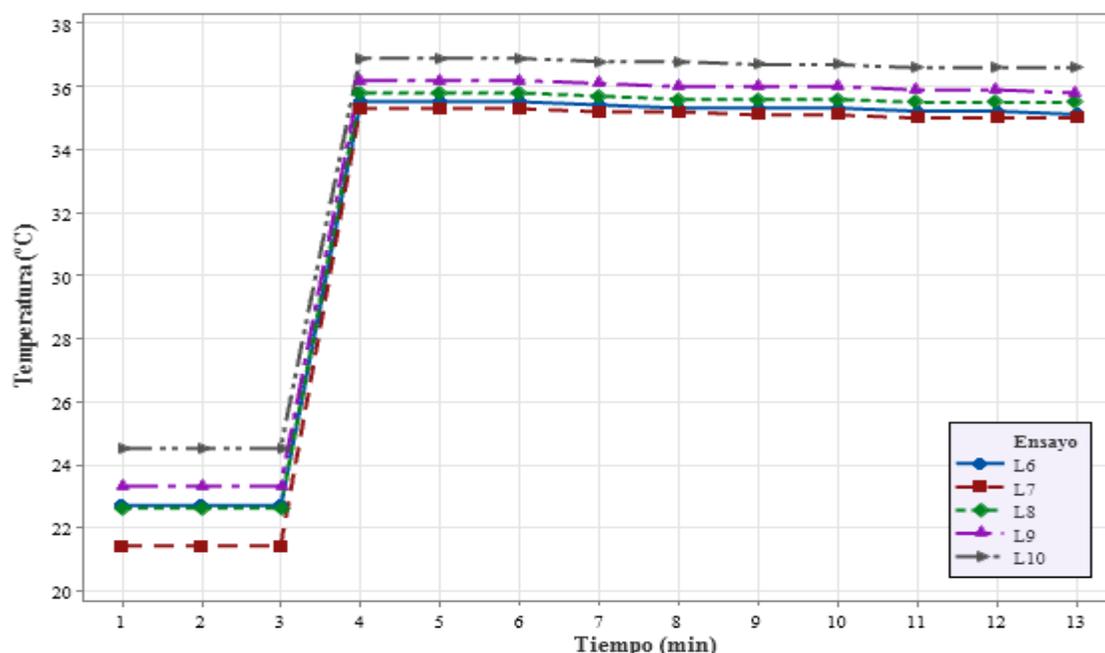
**Fuente:** Elaboración propia

Figura 4.17: Variación de la temperatura en el calorímetro C_C en la primera parte de los ensayos

En la figura 4.17, se muestra que, en función de las muestras tomadas en cuenta (L1, L2, L3, L4 y L5), se puede observar entre (1 a 3) minutos que existe estabilidad térmica en todos los ensayos, dentro los 4 minutos, hay un incremento de temperatura (20,9 a 35,6) °C debido al agregado del agua caliente (50,5) °C. Durante (4 a 13) minutos no hay variación de temperatura en el calorímetro C_C , manteniéndose constante la hasta los (13) minutos, donde finaliza el proceso.

En la figura 4.18, se muestra la variación de la temperatura en los ensayos (L6, L7, L8, L9 y L10) realizados en la determinación de la constante del calorímetro C_C .



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18: Variación de la temperatura en el calorímetro C_C en la segunda parte de los ensayos

En la figura 4.18, se muestra que, en función de las muestras tomadas en cuenta (L6, L7, L8, L9 y L10), se puede observar entre (1 a 3) minutos que existe estabilidad térmica en todos los ensayos, dentro los 4 minutos, hay un incremento de temperatura (21,4 a 36,6) °C debido al agregado del agua caliente (50,5) °C. Durante (4 a 13) minutos no hay variación de temperatura en el calorímetro C_C , manteniéndose constante hasta los (13) minutos, donde finaliza el proceso.

4.2.4.2 Cálculo de la constante del calorímetro C_C

Para la determinación de la constante del calorímetro C_C se tomaron en cuenta diez ensayos realizados en el laboratorio, utilizando la ecuación 2.1 y ecuación 2.2; cuyos resultados se muestran en la tabla 4.14 y el procedimiento de cálculo se detalla en el (Anexo B.2).

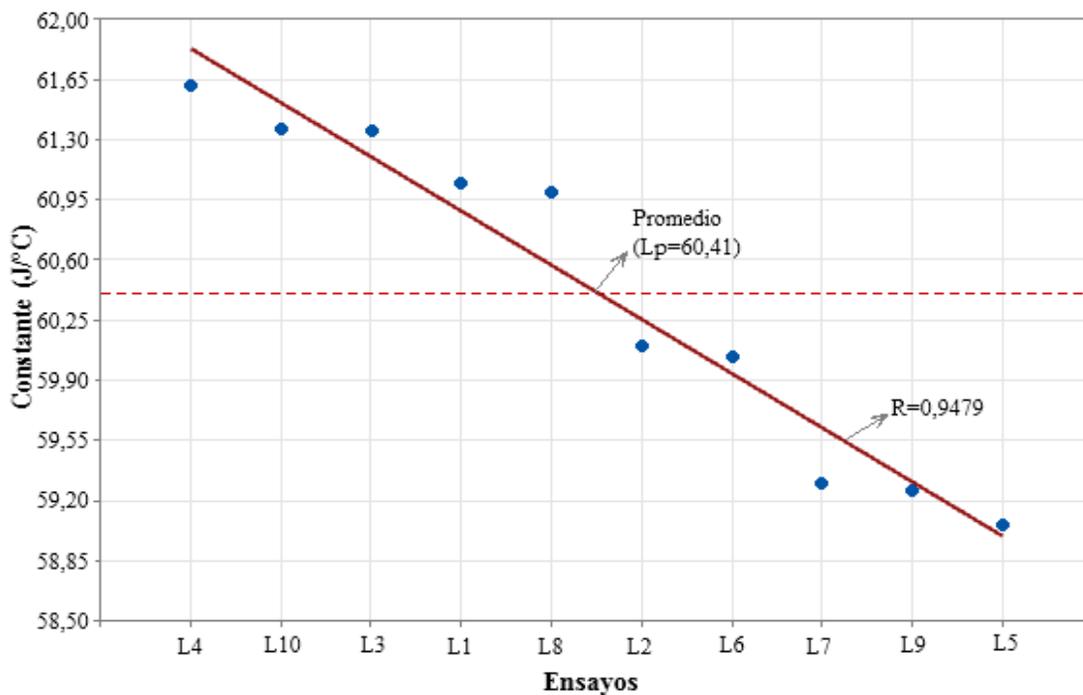
Tabla 4.16

Determinación de la constante del calorímetro C_C

Ensayo	Masa de agua (g)	Temperatura de agua (°C)	Masa de agua caliente (g)	Temperatura de agua caliente (°C)	Temperatura final de equilibrio (°C)	L (J/°C)
L4	150,04	22,6	150,09	50,5	35,9	61,62
L10	150,22	24,5	150,33	50,5	36,9	61,36
L3	150,16	21,1	142,91	50,6	34,8	61,35
L1	150,02	21,1	149,64	50,5	35,1	61,05
L8	150,42	22,6	150,20	50,3	35,8	61,00
L2	150,50	20,9	151,03	50,6	35,1	60,10
L6	150,06	22,7	140,29	50,5	35,5	60,04
L7	150,52	21,4	150,61	50,5	35,3	59,30
L9	150,08	23,3	150,26	50,3	36,2	59,26
L5	150,13	22,0	149,91	50,5	35,6	59,06

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.18, se muestran los resultados del cálculo de la constante del calorímetro C_C en función de datos de la tabla 4.16.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18: Resultados de la constante para el calorímetro C_C

En la figura 4.18, se puede observar que para la constante del calorímetro C_C se obtuvo un valor del coeficiente de correlación ($R=0,9479$) y un promedio ($L_P=60,41$) $J/°C$.

4.3 Determinación del calor específico de las muestras de papa

En la determinación del calor específico en la papa variedad *Cardinal* y *Runa Cron* en función de la procedencia de las muestras de papa, se tomaron en cuenta el porcentaje de almidón en la evaluación de los resultados. Para ello, se realizó un análisis del contenido de humedad y extracto seco en las muestras de papa, como se detalla en la tabla 4.17, cuyos datos fueron extraídos del (Anexo A.3, Anexo A.4, Anexo A.5 y Anexo A.6).

Tabla 4.17***Porcentaje de humedad y extracto seco en las muestras de papa***

Muestras		Extracto Seco (%)	Humedad (%)
Variedad	Procedencia		
<i>Cardinal</i>	Valle	15,10	84,90
	Yesera	21,68	78,32
<i>Runa Cron</i>	Tucumillas	22,03	77,97
	Huancata	30,22	69,78

Fuente: CEANID, 2023

Para realizar el cálculo del contenido de almidón se tomó en cuenta en base a los datos de la tabla 4.17, utilizando la ecuación 2.11 y ecuación 2.12; cuyos resultados se muestran en la tabla 4.18 y el procedimiento de cálculo se detalla en el (Anexo C).

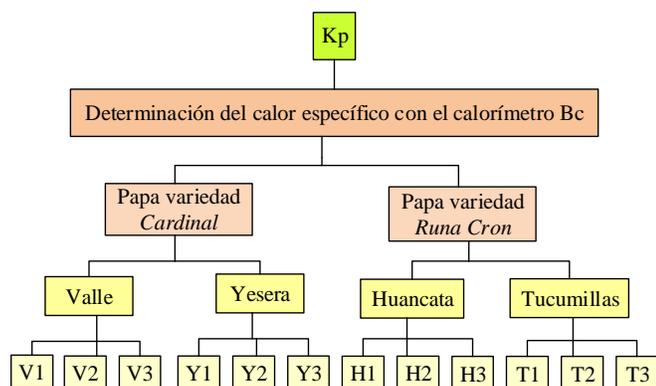
Tabla 4.18***Porcentaje de almidón en las muestras de papa***

Muestra		Almidón (%)
Variedad	Procedencia	
<i>Cardinal</i>	Valle	8,98
	Yesera	15,19
<i>Runa Cron</i>	Tucumillas	15,52
	Huancata	23,24

Fuente: Elaboración propia

4.3.1 Determinación del calor específico de las muestras de papa con el calorímetro B_C

En base a la figura 4.1 (pág.31), procedimiento para la determinación del calor específico de la papa con el calorímetro B_C, para tal efecto se utilizó agua a temperatura ambiente y agua caliente, realizando doce pruebas tomando en cuenta la procedencia de las muestras; para la variedad *Cardinal*: Valle (V1, V2 y V3) y Yesera (Y1, Y2 y Y3); para la variedad *Runa Cron*: Huancata (H1, H2 y H3) y Tucumillas (T1, T2 y T3), como se muestra en la figura 4.19.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19: Determinación del calor específico con el calorímetro Bc

En la tabla 4.19, se muestran los resultados obtenidos de la determinación del calor específico en las muestras de papa utilizando el calorímetro Bc a condiciones de presión (765,82 mmHg) y altura (1854 m) de la ciudad de Tarija; el procedimiento de cálculo se detalla en el (Anexo D.1).

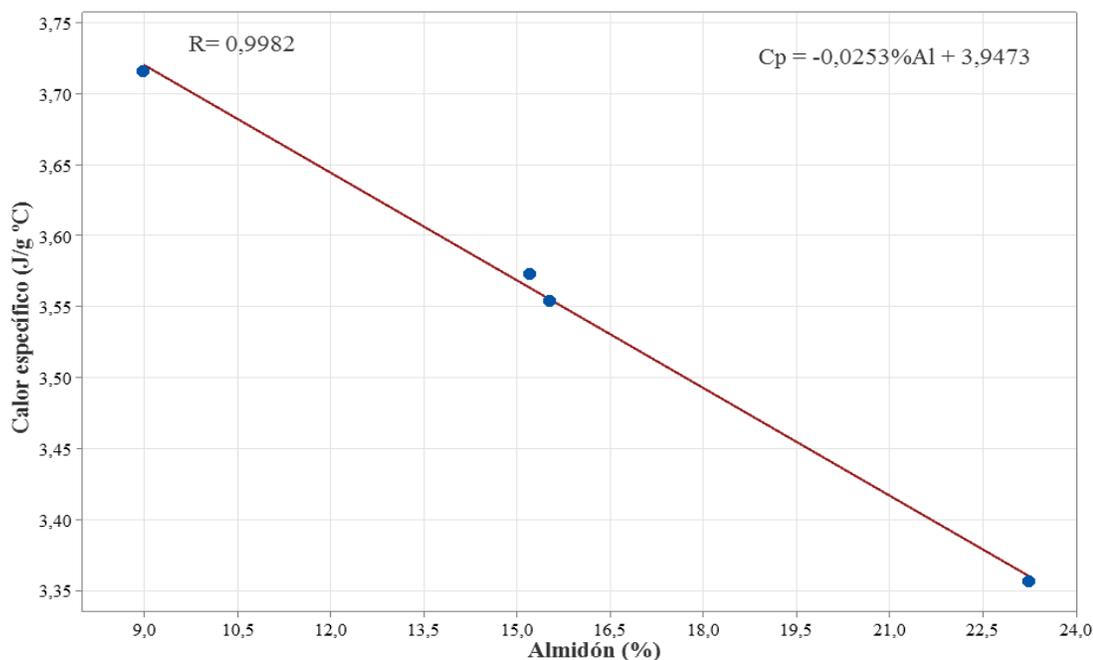
Tabla 4.19

Resultados del calor específico en papa con el calorímetro Bc

Muestra	Masa de muestra (g)	Masa de agua (g)	Temperatura de agua (°C)	Masa de agua caliente (g)	Temperatura de agua caliente (°C)	Temperatura final de equilibrio (°C)	Cp (J/g°C)	Promedio (J/g°C) (\bar{x})
Cardinal (Valle)	V1	50,79	150,27	23,8	150,51	50,4	34,9	3,716
	V2	50,40	150,42	24,1	150,04	50,5	35,1	
	V3	49,13	154,72	25,9	150,83	50,5	36,1	
Cardinal (Yesera)	Y1	50,86	150,77	24,2	150,19	50,5	35,2	3,573
	Y2	50,69	150,81	24,6	150,24	50,4	35,4	
	Y3	50,58	150,31	25,3	149,93	50,4	35,8	
Runa Cron (Tucumillas)	T1	50,44	150,41	25,1	150,44	50,6	35,8	3,554
	T2	50,80	150,28	25,5	150,48	50,5	36,0	
	T3	50,77	150,43	25,9	150,25	50,5	36,2	
Runa Cron (Huancata)	H1	50,61	150,40	26,0	150,07	50,4	36,3	3,357
	H2	50,44	150,62	25,6	150,15	50,5	36,1	
	H3	50,60	150,86	26,0	149,74	50,5	36,3	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.20, se muestra la variación del calor específico para el calorímetro Bc tomando en cuenta los resultados de la tabla 4.19, en función del porcentaje de almidón en las muestras de papa en base a la tabla 4.18.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.20: Variación del calor específico en función del porcentaje de almidón con el calorímetro B_C

En la figura 4.20, se puede observar que la determinación del calor específico con el calorímetro B_C se obtuvo un valor del coeficiente de correlación ($R=0,9982$) y una ecuación lineal (4.1):

$$C_p = -0,0253Al(\%) + 3,9473 \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

Dónde:

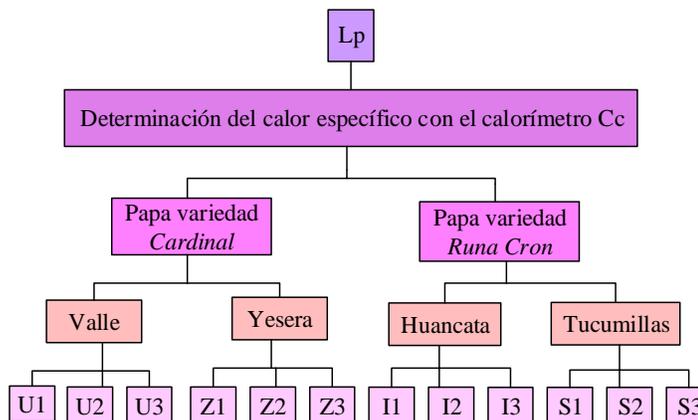
Al (%)= Porcentaje de almidón de la muestra

El coeficiente de correlación nos dice que el valor está cercana a la unidad, por lo tanto, los datos son expresivamente correlativos.

4.3.2 Determinación del calor específico de las muestras de papa con el calorímetro C_C

En base a la figura 4.1 (pág. 31), procedimiento para la determinación del calor específico de la papa con el calorímetro C_C, para tal efecto se utilizó agua a temperatura ambiente y agua caliente, realizando doce pruebas tomando en cuenta la procedencia

de las muestras; para la variedad *Cardinal*: Valle (U1, U2 y U3) y Yesera (Z1, Z2 y Z3); para la variedad *Runa Cron*: Huancata (I1, I2 y I3) y Tucumillas (S1, S2 y S3), como se muestra en la figura 4.21.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21: Determinación del calor específico en las muestras de papa con el calorímetro C_c

En la tabla 4.20, se muestran los resultados obtenidos para la determinación del calor específico de las muestras de papa con el calorímetro C_c en condiciones de presión (765,82 mmHg) y altura (1854 m) de la ciudad de Tarija; el procedimiento de cálculo se detalla en el (Anexo D.1).

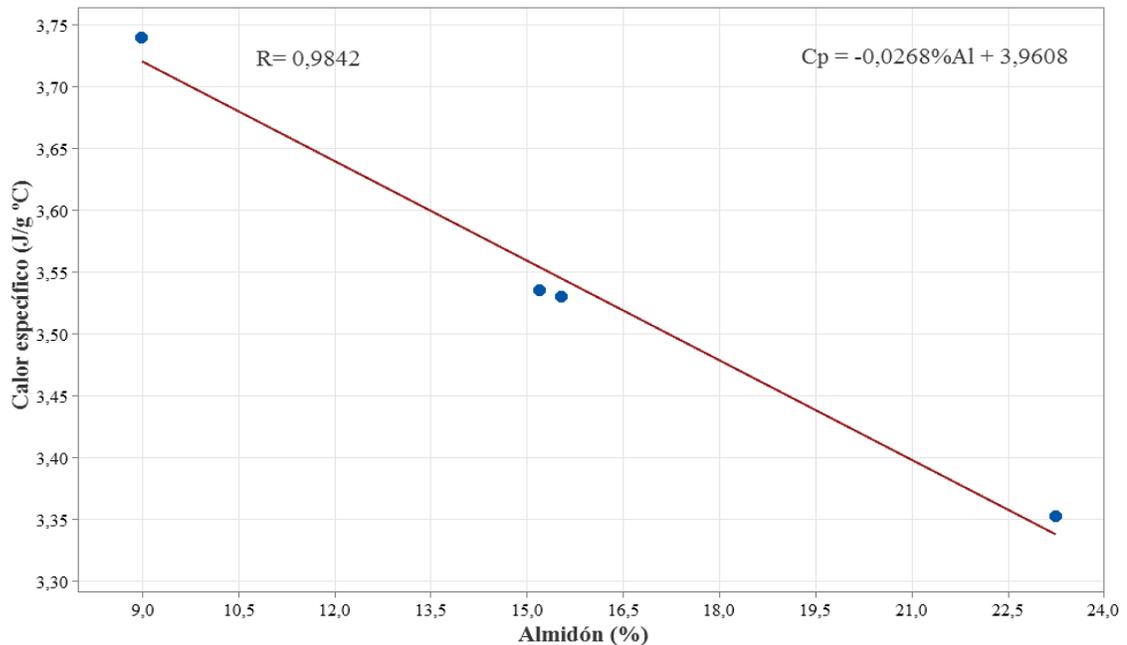
Tabla 4.20

Resultados del calor específico con el calorímetro C_c

Muestra	Masa de agua fría	Masa de la muestra	Masa de agua caliente	Temperatura de agua fría	Temperatura de agua caliente	Temperatura de la mezcla	C_p (J/g°C)	Promedio (J/g°C) (\bar{x})
<i>Cardinal</i> (Valle)	U1	150,28	50,18	149,61	26,5	50,5	3,732	3,739
	U2	150,51	50,16	149,77	25,8	50,5	3,709	
	U3	150,63	50,48	150,23	24,8	50,5	3,776	
<i>Cardinal</i> (Yesera)	Z1	150,85	50,51	150,33	24,3	50,5	3,518	3,535
	Z2	150,54	50,42	150,21	24,3	50,5	3,536	
	Z3	150,20	50,72	150,29	24,3	50,5	3,552	
<i>Runa Cron</i> (Tucumillas)	S1	150,23	50,22	149,95	23,1	50,5	3,556	3,530
	S2	150,40	50,70	150,39	24,8	50,5	3,521	
	S3	150,47	50,52	150,51	25,3	50,5	3,514	
<i>Runa Cron</i> (Huancata)	I1	150,36	50,71	150,26	24,7	50,5	3,352	3,353
	I2	150,55	50,30	149,29	25,7	50,4	3,353	
	I3	150,67	50,75	150,16	24,9	50,5	3,355	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.22, se muestra la variación del calor específico para el calorímetro C_C tomando en cuenta los resultados de la tabla 4.20, en función del porcentaje de almidón en las muestras de papa en base a la tabla 4.18.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.22: Variación del calor específico en función del porcentaje de almidón con el calorímetro C_C

En la figura 4.22, se puede observar que para la determinación del calor específico con el calorímetro C_C se obtuvo un valor del coeficiente de correlación ($R=0,9842$) y una ecuación lineal (4.2):

$$C_p = -0,0268Al(\%) + 3,9608 \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

Dónde:

$Al(\%)$ = Porcentaje de almidón de la muestra

El coeficiente de correlación nos dice que el valor está cercana a la unidad, por lo tanto, los datos son expresivamente correlativos.

4.3.3 Determinación del calor específico en base al modelo de Siebel

Para realizar la determinación del calor específico en la papa al modelo teórico citado por Siebel (1892), se tomó en cuenta la fracción másica de humedad en base a la tabla 4.21.

En la tabla 4.21, se muestran los resultados del calor específico según el modelo de Siebel para las muestras de papa en diferentes porcentajes de almidón, cuyo procedimiento y cálculo se detalla en el (Anexo E.1).

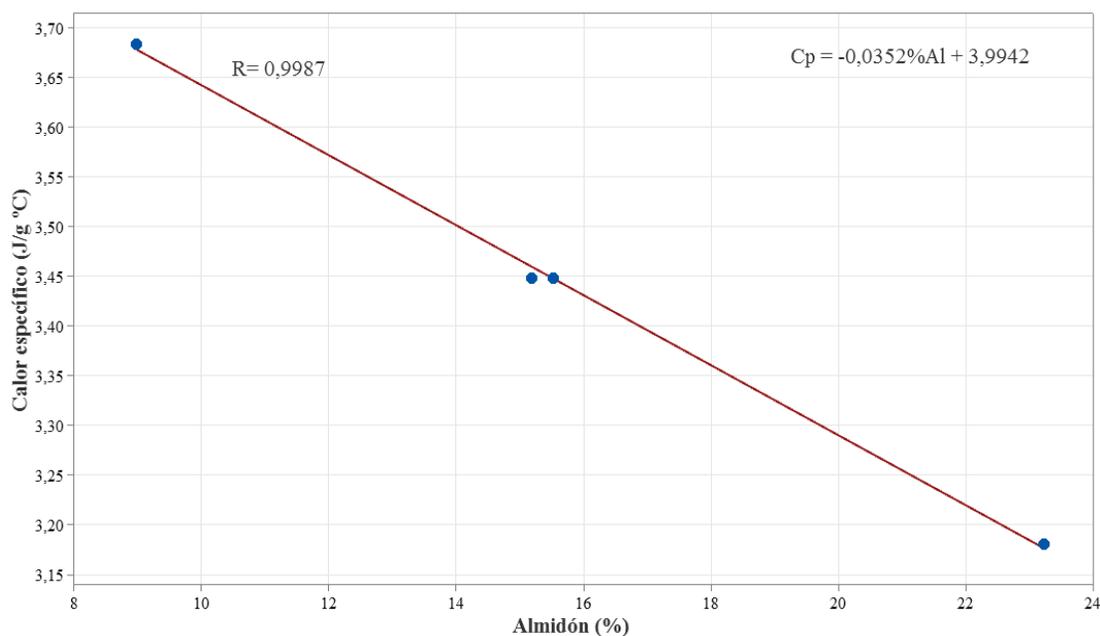
Tabla 4.21

Calor específico según el modelo de Siebel

Muestra	Procedencia	Fracción de agua	Cp (J/g °C)	Almidón (%)
<i>Cardinal</i>	Valle	0,8490	3,684	8,98
	Yesera	0,7832	3,449	15,19
<i>Runa Cron</i>	Tucumillas	0,7797	3,449	15,52
	Huancata	0,6978	3,181	23,24

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.23, se muestra la variación del calor específico aplicando el modelo de Siebel en función del porcentaje de almidón.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23: Variación del calor específico con el modelo de Siebel en función del porcentaje de almidón

En la figura 4.23, se puede observar que la determinación del calor específico en base al modelo planteado por Siebel se obtuvo un valor del coeficiente de correlación ($R=0,9987$) y una ecuación lineal (4.3):

$$C_p = -0,0352Al(\%) + 3,9942 \quad (\text{Ecuación 4.3})$$

Dónde:

$Al(\%)$ = Porcentaje de almidón de la muestra

El coeficiente de correlación nos dice que el valor está cercana a la unidad, por lo tanto, los datos son expresivamente correlativos.

4.3.4 Determinación del calor específico utilizando el modelo de Lamb

Para realizar la determinación del calor específico en la papa en base al modelo teórico citado por Lamb (1976), se tomaron en cuenta la fracción másica de humedad y extracto seco en base a la tabla 4.22.

En la tabla 4.22, se muestran los resultados del calor específico según el modelo de Lamb para las muestras de papa en diferentes porcentajes de almidón, cuyo procedimiento y cálculo se detalla en el (Anexo E.2).

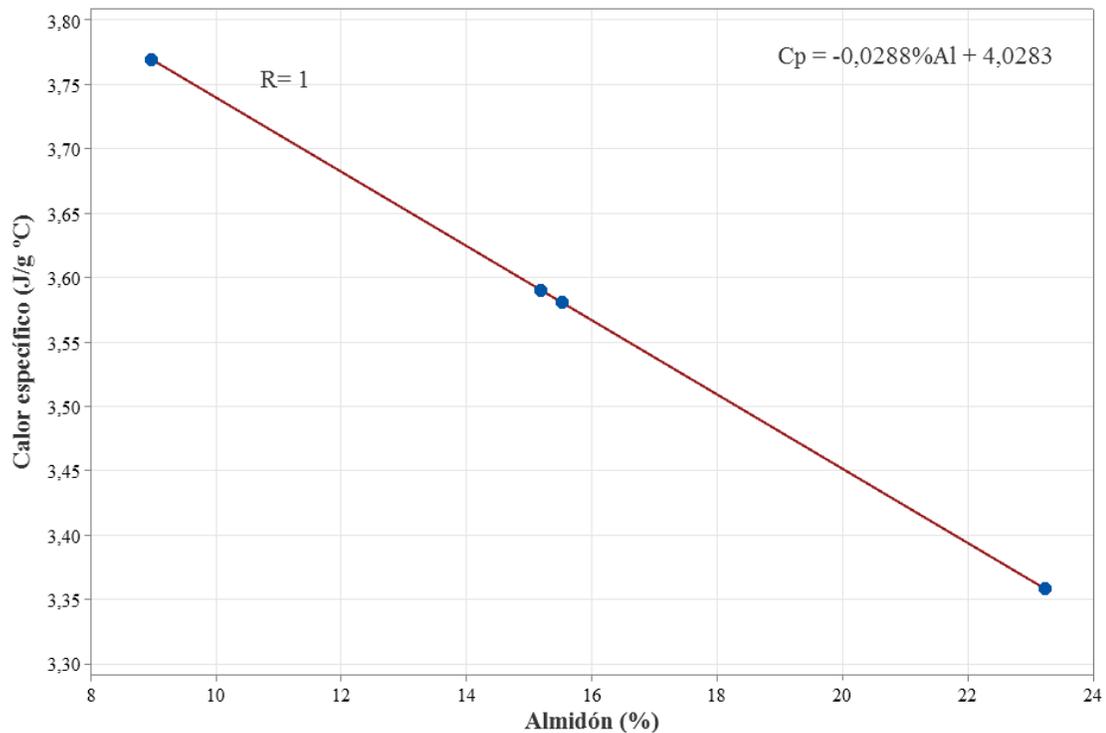
Tabla 4.22

Calor específico según el modelo de Lamb

Muestra	Procedencia	Fracción extracto seco	Fracción agua	Cp (J/g °C)	Almidón (%)
<i>Cardinal</i>	Valle	0,1510	0,8490	3,769	8,98
	Yesera	0,2168	0,7832	3,590	15,19
<i>Runa Cron</i>	Tucumillas	0,2203	0,7797	3,581	15,52
	Huancata	0,3022	0,6978	3,358	23,24

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.24, se muestra la variación del calor específico aplicando el modelo de Lamb en función del porcentaje de almidón.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.24: Variación del calor específico con el modelo Lamb en función del porcentaje de almidón

En la figura 4.24, se puede observar que la determinación del calor específico en base al modelo planteado por Lamb se obtuvo un valor del coeficiente de correlación ($R=1$) y una ecuación lineal (4.4):

$$C_p = -0,0288Al(\%) + 4,0283 \quad (\text{Ecuación 4.4})$$

Dónde:

$Al(\%)$ = Porcentaje de almidón de la muestra

El coeficiente de correlación nos dice que el valor es igual a la unidad, por lo tanto, los datos son exactamente correlativos.

4.3.5 Comparación del calor específico del calorímetro B_C , calorímetro C_C en base a los modelos de Siebel y Lamb

En la tabla 4.23, se muestra los valores del calor específico obtenidos tanto con el calorímetro B_C , calorímetro C_C como con el modelo teórico de Siebel y modelo de Lamb; con el fin de evaluar la precisión de los modelos en comparación con los datos experimentales obtenidos.

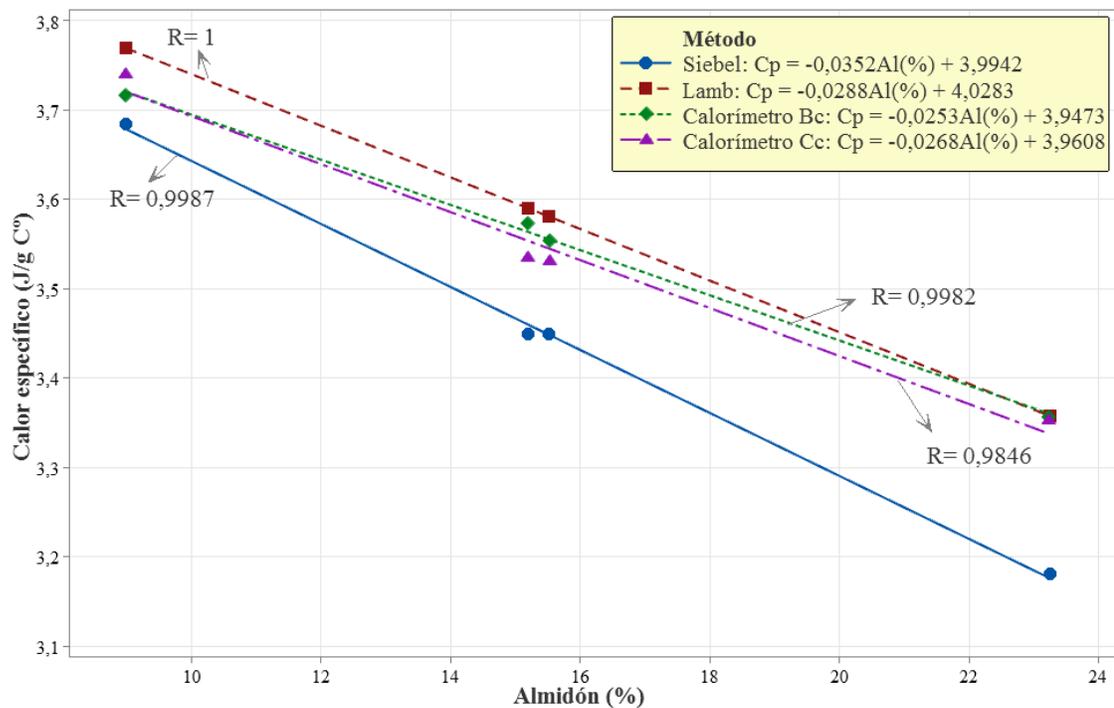
Tabla 4.23

Calor específico con el calorímetro B_C , calorímetro C_C y los modelos teóricos

Muestra	Procedencia	Cp (J/g °C)			
		Calorímetro B_C	Calorímetro C_C	Siebel	Lamb
<i>Cardinal</i>	Valle	3,716	3,739	3,684	3,769
	Yesera	3,573	3,535	3,449	3,590
<i>Runa Cron</i>	Tucumillas	3,554	3,530	3,449	3,581
	Huancata	3,357	3,353	3,181	3,352

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.25, muestra la comparación entre los valores del calor específico con el calorímetro B_C , calorímetro C_C con los modelos teóricos de Siebel y Lamb en función del porcentaje de almidón.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.25: Comparación del calor específico del calorímetro B_C, Calorímetro C_C con el modelo de Siebel y Lamb

En base a la figura 4.25, se puede establecer que el mejor coeficiente de correlación corresponde al método del modelo de Lamb ($R=1$). Además, entre ambos calorímetros, se afirma que el mejor es el calorímetro B_C; que presenta un mayor coeficiente de correlación ($R=0,9982$). Por lo tanto, la consistencia en los resultados entre los diferentes métodos refuerza la validez de la relación entre el porcentaje de almidón y el calor específico de las muestras de papa analizadas.

4.4 Matriz experimental de factores para determinar calor específico en papa

Para aplicar el diseño experimental en la determinación del calor específico en papa, se realizó la matriz experimental considerando los factores: método (A: Calorímetro B_C, Calorímetro C_C, Siebel y Lamb) y porcentaje de almidón (B). Tomando en cuenta la variable respuesta el calor específico y los resultados se muestran en la tabla 4.24.

Tabla 4.24***Matriz experimental de factores para calor específico en papa***

Método (Factor A)	Almidón (%) (Factor B)			
	8,98	15,19	15,52	23,24
Calorímetro B _C	3,716	3,573	3,554	3,357
Calorímetro C _C	3,739	3,535	3,530	3,353
Siebel	3,684	3,449	3,449	3,181
Lamb	3,769	3,590	3,581	3,352

Fuente: Elaboración propia

4.4.1 Diseño por bloques completamente al azar de la variable respuesta calor específico

En la tabla 4.25, se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza del diseño de bloques completamente al azar (DBCA) utilizando el programa Statgraphics Centurion versión 19 para Windows 10 de datos extraídos del (Anexo G), para la variable respuesta calor específico.

Tabla 4.25***Análisis de varianza para la variable respuesta calor específico***

FV	SC	GL	CM	F cal	F tab	Valor-P
Factor A	0,040912	3	0,013637	17,51	3,86	0,0003900
Factor B	0,347421	3	0,115807	148,70*	3,86	0,0000001
Error	0,007009	9	0,000779	-	-	-
Total	0,395341	15	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

*altamente significativo

Según el análisis de varianza (tabla 4.25), se observa que para el factor A (método) si existe diferencia significativa debido a que ($F_{cal} > F_{tab}$) y que para el factor B (porcentaje de almidón) tiene una alta significancia puesto que ($F_{cal} \gg F_{tab}$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada y se afirma que ambos factores son diferentes para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.4.2 Estadístico de Tukey de los métodos para la medición del calor específico en papa

En la tabla 4.26, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey de los métodos utilizados para la medición del calor específico en las muestras de papa para establecer que resultados son diferentes de datos extraídos del (Anexo H).

Tabla 4.26**Estadístico de Tukey de los métodos para la medición del calor específico en papa**

	Método	N	Media	Agrupación	
2	Lamb	4	3,57460	A	
3	Calorímetro B _C	4	3,55000	A	
4	Calorímetro C _C	4	3,53925	A	
1	Siebel	4	3,44075		B

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.26, se puede observar que entre los métodos (calorímetro B_C, calorímetro C_C, y modelo de Lamb) no hay diferencia significativa; sin embargo, si existe diferencia significativa con el método por el modelo de Siebel para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Para el presente trabajo experimental determinación del calor específico en papa y según datos obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- En base a las propiedades físicas de la papa variedad *Cardinal* presenta un promedio: 100,58 g; porción comestible 86,77 % y porción no comestible 13,23 %. En tanto para la papa variedad *Runa Cron* presenta un promedio: 89,51 g; porción comestible 84,51 % y porción no comestible 15,49 %.
- En base a los resultados fisicoquímicos de la papa variedad *Cardinal* se tiene: grasa 0,02 %; fibra 0,04 %; cenizas 0,28 %; proteína total (Nx6,25) 2,89 %; hidratos de carbono 22,23 %; humedad 74,28 % y valor energético 100,66 Kcal/100g. En tanto para la papa variedad *Runa Cron* presenta: grasa 0,05 %; fibra 0,07 %; cenizas 0,50 %; proteína total (Nx6,25) 2,79 %; hidratos de carbono 22,94 %; humedad 73,72 % y valor energético 103,37 Kcal/100g.
- En base a los análisis microbiológicos de la papa variedad *Cardinal*, esta contiene: Mohos y levaduras $4,0 \times 10^3$ UFC/g y bacterias aerobias mesófilas $1,3 \times 10^2$ UFC/g. En tanto para la papa variedad *Runa Cron*, esta contiene: Mohos y levaduras $6,3 \times 10^3$ UFC/g y Bacterias aerobias mesófilas $5,1 \times 10^3$ UFC/g.
- Realizada la calibración del calorímetro B_C , se pudo observar que el mejor tiempo para la lectura de la temperatura en función del tiempo es de 1 minuto con un coeficiente de correlación ($R=0,9561$). En tanto para el calorímetro C_C el mejor tiempo a ser tomado en cuenta es de 1 minuto, con un coeficiente de correlación ($R=0,9939$).
- Realizada la determinación experimental y cálculos para la constante del calorímetro B_C , se obtuvo un valor promedio ($K_P=61,82$ J/g°C). En tanto para la constante del calorímetro C_C , se obtuvo un valor promedio ($L_P=60,41$ J/g°C).

- Realizada la determinación experimental y cálculos para el calor específico en las muestras de papa (*Cardinal* y *Runa Cron*) con el calorímetro B_C, se obtuvo un coeficiente de correlación (R=0,9982). En tanto para el calorímetro C_C, se obtuvo un coeficiente de correlación (R=0,9842).
- Aplicado el modelo de Siebel para el calor específico en las muestras de papa (*Cardinal* y *Runa Cron*), se obtuvo un coeficiente de correlación (R=0,9987). En tanto para el modelo teórico de Lamb, se obtuvo un coeficiente de correlación (R=1).
- Aplicado los modelos teóricos se obtuvo que el mejor se ajusta es con la ecuación de lamb para un valor (R=1). En tanto para ambos calorímetros el mejor que se ajusta corresponde al calorímetro B_C para un valor de (R=0,9982).
- Aplicado el diseño experimental por bloques completamente al azar para la variable respuesta (calor específico), se pudo establecer que los factores A (método: Calorímetro B_C, Calorímetro C_C, Siebel y Lamb) y B (porcentaje de almidón) son estadísticamente significativos para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$, ya que el $F_{cal} > F_{tab}$, por tanto, se rechaza la hipótesis planteada. Así mismo aplicada la prueba de Tukey para el factor B, se pudo evidenciar que entre los métodos (calorímetro B_C, calorímetro C_C, y modelo de Lamb) no hay diferencia significativa; sin embargo, si existe diferencia significativa con el método por el modelo de Siebel para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda ampliar la investigación a otras variedades de papa cultivadas en la región, con el propósito de tener una visión más completa de sus propiedades térmicas (calor específico).
- Se recomienda que, además del calor específico, se realice estudios sobre otras propiedades termofísicas de la papa, como ser conductividad térmica y difusividad térmica, con el propósito de obtener resultados en laboratorio.

- Se recomienda realizar estudios en otros alimentos cultivados en la zona, con el propósito de identificar y obtener información sobre sus propiedades térmicas (calor específico, conductividad térmica y difusividad térmica).