

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La producción de frutilla en Bolivia se práctica en la mayoría de los departamentos del país, exceptuando en Pando, Beni, Oruro y La Paz. La producción de frutilla en el departamento de Tarija, ha crecido durante los últimos años, de acuerdo a los datos obtenidos de Instituto Nacional de Estadística (INE, 2019). En la tabla 1.1, se muestra la producción, superficie y rendimiento del cultivo de frutilla en los últimos diez años en el departamento de Tarija.

Tabla 1

Producción de frutilla en el departamento de Tarija			
Años	Superficie Hectáreas	Rendimiento (Kg/Hectárea)	Producción (Tonelada métrica)
2010	31	2.903	90
2011	30	2.935	89
2012	32	3.010	96
2013	33	2.998	98
2014	34	2.923	99
2015	34	2.890	97
2016	34	2.912	99
2017	35	2.857	100
2018	35	2.884	100
2019	35	2.861	100

Fuente: INE, 2019

La propiedad termofísica como el calor específico, son necesarias para calcular la rapidez de calentamiento o enfriamiento en procesos o para estimar las cantidades de calor requeridas en los procesos como: escaldado, pasteurización, evaporación, fritura, refrigeración, congelación, esterilización, secado entre otra, en los cuales hay intercambio de energía y masa (Alvis et al., 2009).

Su conocimiento es necesario para el cálculo y diseño de procesos y equipos y en la calidad del producto. Los modelos matemáticos proporcionan una de las herramientas básicas para describir procesos físicos y para explicar y predecir el comportamiento en condiciones variadas. Un proceso de simulación utiliza avanzados modelos

matemáticos para predecir los cambios físicos, químicos o microbiológicos, que han sido ampliamente validados con datos experimentales encontrados en la literatura. Por lo tanto, las predicciones de los procesos de alimentos se consideran altamente confiables (Rahman, 1995).

Actualmente, conocer las propiedades térmicas de los alimentos es muy útil, ya que son datos imprescindibles para la planificación de los diversos tratamientos térmicos; es decir intervienen en la creación de procesos industriales, diseños de equipos, estimación de tiempo de proceso y producción de alimentos aptos para el consumo y con larga vida comercial. (Rodríguez, 2020)

1.2 Justificación

- El presente trabajo de investigación surge de la necesidad de determinar el calor específico de dos variedades de frutilla (*San Andrea* y *Macarena*), ya que en el área de alimentos es necesario para la estimación de la energía necesaria para los procesos de calentamiento, refrigeración, congelamiento o secado de alimentos y bebidas, entre otros.
- Debido a que el calor específico de alimentos depende de la composición química y temperatura; es importante la determinación del calor específico de cada uno de los alimentos como ser: frutas, hortalizas, carnes, lácteos, etc; ya que está involucrado en el diseño de almacenes y equipos de refrigeración en el área de alimentos.
- Se pretende contribuir a futuros trabajos de investigación para la Carrera de Ingeniería de Alimentos, relacionados con las propiedades termofísicas, mediante la caracterización del calor específico de las dos variedades de frutilla (*San Andrea* y *Macarena*) para su procesamiento a nivel de laboratorio.
- Por medio del presente trabajo de investigación, se pretende la construcción y estandarización del calorímetro para su utilización en el Laboratorio de la

Carrera de Ingeniería de Alimentos y determinar experimentalmente el valor de la capacidad calorífica de los alimentos.

1.3 Objetivos

Los objetivos planteados para el presentes trabajo de investigación, son los siguientes:

1.3.1 Objetivo general

Determinar el calor específico de dos variedades de frutilla (*San Andrea y Macarena*) mediante la metodología experimental del método de mezclas (calorimetría) en la provincia Cercado.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas de dos variedades de frutilla, con el fin de establecer su composición nutricional.
- Realizar la construcción de dos calorímetros, para la determinación del calor específico.
- Establecer el control temperatura en función del tiempo, para conocer la pérdida de calor de ambos calorímetros.
- Determinar la constante de ambos calorímetros, para la utilización del mismo en la ecuación de calor específico.
- Aplicar el diseño de bloques completamente al azar en las mediciones, con la finalidad de conocer estadísticamente la variabilidad producida por las mediciones.
- Determinar los resultados obtenidos del calor específico de dos variedades de frutilla, con el fin de conocer esta propiedad termofísica.

1.4 Objeto de estudio

Aplicación de la metodología experimental del método de mezclas (calorimetría) para determinar el calor específico de dos variedades de frutilla para la provincia Cercado.

1.5 Campo de acción

Para realizar el presente trabajo de investigación, los campos de acción fueron los siguientes:

- **Espacial**

El campo espacial en donde se realizó el presente trabajo de investigación fue en la provincia Cercado.

- **Temporal**

El campo temporal en que se desarrolló el presente trabajo de investigación fueron entre las gestiones 2023-2024.

- **Institución**

La institución en donde se realizó la metodología experimental del presente trabajo de investigación fueron los Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA), perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

1.6 Situación problema

En el departamento de Tarija específicamente en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho dentro de la Carrera de Ingeniería de Alimentos no existen trabajos de investigación relacionados con la determinación del calor específico de frutas producidas en la región. Además de que, el calor específico de alimentos depende de su composición química y temperatura; es necesario establecer estas propiedades termofísicas (calor específico) para la estimación de energía necesaria en los procesos de calentamiento, refrigeración, congelamiento o secado de alimentos y bebidas.

Por lo cual, con el presente trabajo de investigación se pretende determinar el calor específico de dos variedades de frutilla (*San Andrea* y *Macarena*), mediante la aplicación de la metodología experimental de método de mezclas (calorimetría).

1.7 Formulación del problema

¿La metodología experimental del método de mezclas (calorimetría) permitirá la determinación del calor específico de dos variedades de frutilla (*San Andrea* y *Macarena*) para su aplicación en diferentes procesos a nivel de laboratorio para la provincia Cercado?

1.8 Hipótesis

La metodología experimental del método de mezclas (calorimetría) aplicado en la determinación de calor específico de dos variedades de frutilla (*San Andrea* y *Macarena*) permitirá su aplicación en diferentes procesos a nivel de laboratorio para la provincia Cercado

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Primera ley de la termodinámica

De acuerdo a Van Ness et al, (1997), mencionan que “aunque la energía tome muchas formas, la cantidad total de energía es constante; y cuando la energía desaparece en una forma, aparece simultáneamente en otras formas”.

En su forma más básica, la primera ley de la termodinámica puede escribirse como se muestra en la ecuación 2.1:

$$\Delta E(\text{Energía del sistema}) + \Delta E(\text{Energía de alrededores}) = 0 \quad \text{Ecuación (2.1)}$$

Donde:

ΔE = Cambios finitos en las cantidades que aparecen entre paréntesis.

2.2 Energía

Desde el punto de vista de la termodinámica, se describe cualitativamente a la energía como “la factibilidad de inducir un cambio en aquello que intrínsecamente se resiste al cambio” (Katz, 2017. Pág. 47).

2.2.1 Sistema termodinámicos

Se define como cualquier porción del universo aislado en un recipiente inerte, que puede ser real o imaginario, con el fin de estudiar el efecto de las diversas variables sobre él. A su vez la porción de universo excluido del sistema se denomina contorno. (Maron & Prutton, 2002)

2.2.1.1 Tipos de sistemas termodinámicos

De acuerdo a Maron & Prutton, (2002): mencionan que “las interacciones entre un sistema y su contorno, son muy importantes en termodinámica y cuando entre ambos existe intercambio de materia y energía tenemos un sistema abierto; y aislado en caso contrario. Se llama sistema cerrado aquel que no intercambia materia con sus alrededores, pero si energía”.

2.3 Calor

“El calor es el flujo de una temperatura mayor hacia otra menor; es decir, es la transferencia de energía en forma de calor” (Van Ness et al, 1997. Pág. 18). Así mismo, Jimenes et al, (2014): afirman que “el calor es la energía en movimiento a través de un sistema termodinámico; debido a la diferencia de temperatura que existe en un sistema y el medio que lo rodea o sus alrededores”.

“Cuando dos cuerpos con diferentes temperaturas se ponen en contacto, alcanzan finalmente el equilibrio termico a una temperatura intermedia comun y se dice que el calor ha pasado del cuerpo mas caliente al mas frio” (Levine, 2002).

Si se supone que los dos cuerpos estan aislados del resto del universo y que no se produce ningun cambio de fase ni ninguna reaccion quimica, se observa experimentalmente que se cumple la siguiente ecuacion 2.2:

$$m_2 c_{p2} (T_2 - T_f) = m_1 c_{p1} (T_f - T_1) = Q \quad \text{Ecuacion (2.2)}$$

Donde:

m_2 = Masa 2 (g)

m_1 = Masa 1 (g)

c_{p2} = Calor específico 2 (Cal/g°C)

c_{p1} = Calor específico 1 (Cal/g°C)

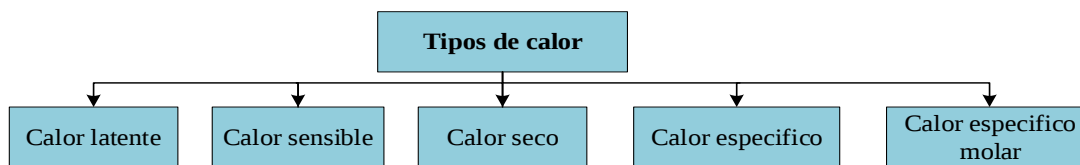
T_2 = Temperatura 2 (°C)

T_1 = Tempertura 1 (°C)

T_f = Temperatura final o de equilibrio (°C)

2.3.1 Tipos de calor

En la figura 2.1, se muestra los tipos de calor de acuerdo Coloccio (2021):



Fuente: Coloccio, 2021

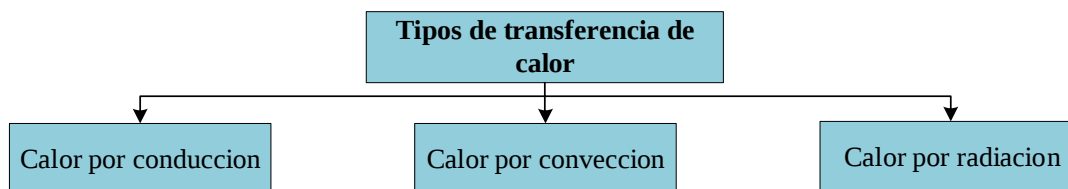
Figura 2.1: Tipos de calor

2.3.1.1 Calor específico

De acuerdo a Singh & Heldman, (2009): el calor específico se define como “la cantidad de calor ganado o perdido por unidad de masa de producto que es necesaria para cambiar un grado la temperatura” (Pág. 98).

2.3.2 Tipos de transferencia de calor en alimentos

En la figura 2.2, se muestra los tipos de transferencia de calor (Geankoplis, 1998) son:



Fuente: Geankoplis, 1998

Figura 2.2: Tipos de transferencia de calor

2.3.2.1 Transferencia de calor por convección

“Es el modo de transferencia de calor entre una superficie sólida y líquido que están en movimiento, y comprende los efectos combinados de la conducción y del movimiento del fluido” (Cengel, 2007. Pág. 37)

Según Geankoplis, (1998): menciona que la transferencia de calor por convección implica el transporte de calor en un volumen y la mezcla de elementos macroscópicos de porciones calientes y frías de un gas o un líquido. Entre los ejemplos de transferencia de calor por convección puede citarse: la pérdida de calor en la cocción de alimentos

en un recipiente que se agita, el enfriamiento de una taza de café caliente al soplar en su superficie, etc.

2.4 Caloría

Siendo el calor una de transferir energía, es lógico que se lo exprese en joule, erg o kgm. Sin embargo, durante el siglo XIX, el desconocimiento de la naturaleza del calor llevó a definir una unidad empírica que aún hoy se utiliza: la caloría (Katz, 2017).

La caloría (Cal) se define como el calor que requiere absorber 1 g de agua para incrementar su temperatura en 1 grado y bajo una presión constante de 1 atm. Un múltiplo muy usado de la caloría es la kilocaloría (Katz, 2017).

2.5 Calorimetría

“La calorimetría es la técnica de medición cuantitativa de intercambio de calor, donde dichas mediciones se realizan con la ayuda de un instrumento llamado calorímetro” (Jimenez, 2018). Según Almandoz, (2021): afirma que la calorimetría estudia las cantidades de calor intercambiadas entre cuerpos y su manifestación por medio de la temperatura.

Para un proceso a presión constante y mecánicamente reversible, el calor puede definirse mediante la siguiente ecuación 2.3 de (Van Ness et al, 1997):

$$Q = n \Delta H$$

$$Q = n * \int_{T_1}^{T_2} C_p * dT$$

$$Q = m * C_p * \Delta T \quad \text{Ecuación (2.3)}$$

Esta ecuación recibe el nombre de “ecuación fundamental de la calorimetría, donde:

m= Masa del alimento (g)

ΔT = Variación de temperatura (°C)

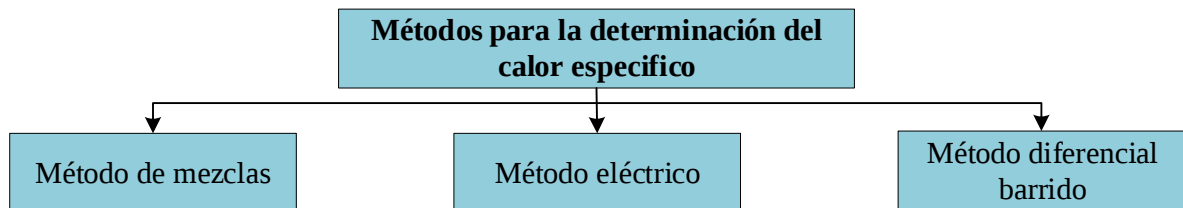
C_p = Calor específico del alimento (Cal/g °C)

2.5.1 Calorímetro

Es un instrumento que se basa en medir las cantidades de calor suministradas o recibidas por los alimentos. Es decir, sirve para determinar el calor específico de un alimento, así como para medir las cantidades de calor que liberan o absorben los alimentos en cambios físicos o reacciones químicas (Coello y Garces, 2012).

2.6 Métodos utilizados para la determinación de calor específico en los alimentos

De acuerdo a la figura 2.3, se muestra los métodos para determinar el calor específico en alimentos.



Fuente: Sulla, 2016

Figura 2.3: Métodos para la determinación del calor específico

El método más común para determinar o medir el calor específico de los alimentos es el método de mezclas.

2.6.1 Método de mezclas

“El método de las mezclas se fundamenta en la utilización de un calorímetro, que es un recipiente que permite un alto aislamiento térmico de cualquier sustancia contenida en su interior” (Atares, 2011). En la ecuación 2.4 se muestra la ecuación fundamental del método de mezclas:

$$Q_{ganado} = -Q_{cedido} \quad \text{Ecuación (2.4)}$$

Según Sulla, (2016): el método de mezclas es el más utilizado para medir el calor específico del alimento debido a su simplicidad y exactitud. Una muestra de masa a una temperatura conocida se coloca en un calorímetro del calor específico conocido, que contiene el agua a una temperatura y una masa determinada. Mediante un balance

de masa, el calor específico del material alimenticio puede ser calculado como se muestra la ecuación 2.5:

$$m_{cal} * Cp_{cal} * (T_i - T_e) - m_w * Cp_w * (T_w - T_e) = m_{al} * C_{pal} * (T_e - T_{al})$$

$$Cp_{al} = \frac{m_{cal} * Cp_{cal} * (T_i - T_e) - m_w * Cp_w * (T_w - T_e)}{m_{al} * (T_e - T_{al})} \quad \text{Ecuación (2.5)}$$

Donde:

m_{cal} = masa del calorímetro (g)

Cp_{cal} = calor específico del calorímetro (Cal/g °C)

T_i = temperatura inicial del calorímetro (°C)

m_w = masa del agua (g)

Cp_w = calor específico del agua (Cal/g °C)

T_w = temperatura inicial de agua

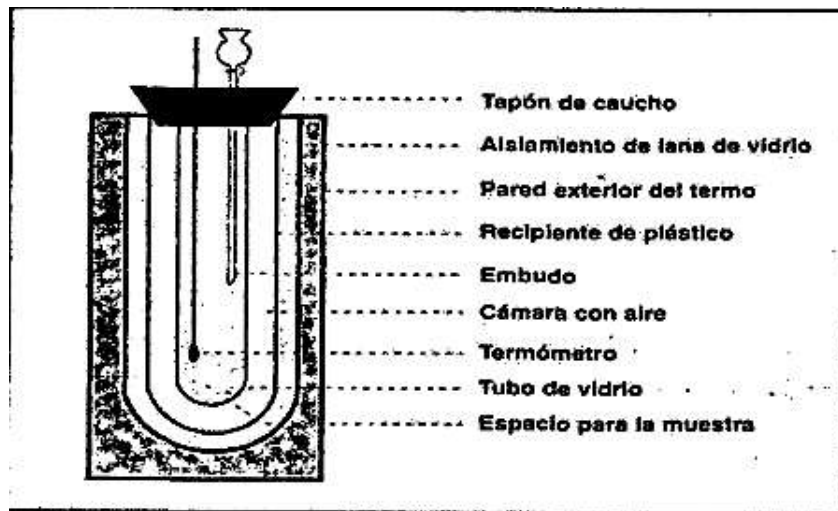
m_{al} = masa del alimento (g)

C_{pal} = calor específico del alimento (Cal/g °C)

T_{al} = temperatura de inicial del alimento (°C)

T_e = temperatura de equilibrio de la mezcla (°C)

En la figura 2.4 se muestra el esquema de un calorímetro para determinar el calor específico por el método de mezcla.



Fuente: Alvarado y Aguilera, 2001

Figura 2.4: Esquema de un calorímetro para determinar el calor específico por el método de mezclas

2.6 Factores que afectan al calor específico de alimentos mediante el método de mezclas

En los alimentos predominan diferentes componentes líquidos y sólidos; según la definición del calor específico depende de la temperatura; sin embargo, para cálculos de ingeniería, estas variaciones son mínimas en especial en los estados físicos indicados, y se utilizan valor promedio de calor específico para el intervalo de temperaturas de interés (Sulla, 2016).

El calor específico depende de la naturaleza del proceso de adición de calor en términos tanto de proceso a presión constante como de un proceso a volumen constante. Sin embargo, debido a que los calores específicos de los sólidos y de los líquidos, no dependen mucho de la presión, excepto para presiones extremadamente elevados y debido a que los cambios de presión en los problemas de transmisión de calor de los materiales agrícolas son usualmente pequeños, se considera el calor específico a presión constante (Sulla, 2016).

Así mismo, el calor específico de los productos alimentarios depende mucho de su composición. Conociendo el calor específico de cada componente de una mezcla usualmente es suficiente para predecir el calor específico de la mezcla (Sulla, 2016).

2. 7 Importancia del calor específico en la ingeniería de alimentos

La importancia de conocer el calor específico de una sustancia sólida o líquida es para saber la cantidad de calor que se debe suministrar o eliminar para procesos de calentamiento o enfriamiento en los diferentes procesos alimenticios (Sulla, 2016).

Es aplicable a lo que se conoce como variaciones de calor sensible (aquel que produce cambios de temperatura), es decir, los cambios de energía que pueden detectarse por una variación de temperatura. Las variaciones de calor latente que suponen cambios de fase son la conversión del agua en hielo, reacciones de cristalización, vaporización del agua, condensación del vapor, sublimación del hielo (Sulla, 2016).

2.8 Frutilla

Es una planta vivaz silvestre, considerada la más antigua de todos los continentes, y que ha dado origen a más de 400 variedades. Es de tallos rastreros, estoloníferos con expansión radiada, hojas compuestas, pecioladas, trifoliadas, con tres folíolos iguales, forma acorazonada, dentada y puntiaguda. Sus flores son hermafroditas, con péndulos largos, de soporte pendulante, pétalos blancos sépalos desplegados, con receptáculo reducido y plano. Su fruto es pequeño, de forma ovalada y carne resistente, notablemente sabrosa y perfumada. La superficie cubierta de semillas de matiz oscuro y sobresaliente. Se reproduce por estolones; puede habitar en medios acuáticos y terrestres (TMIR, 2012).

2.8.1 Características taxonómicas de la frutilla

La tabla 2.3, muestra la información taxonómica de la frutilla, que corresponde a la siguiente:

Tabla 2.3

Clasificación taxonómica de la frutilla

Nombre	Frutilla o fresa
Familia	Rosáceas
Orden	Rosales
Género	Fragaria
Especie	Fragaria Veca
Nombre vulgar	Fresca

Fuente: TMIR, 2012

2.8.2 Composición fisicoquímica de la frutilla

La composición de la frutilla se caracteriza principalmente por agua, en menor proporción por hidratos de carbono, fructosa y sacarosa. La frutilla compone de un valioso recipiente de nutrientes que fortalece a la calidad alimentaria, presenta una combinación única de nutrientes fitoquímicos y fibra, los cuales desempeñan un papel sinérgico en su caracterización como alimento funcional. (Borja, 2010). En la tabla 2.4, se muestran las propiedades fisicoquímicas de la frutilla por cada 100 gramos de porción comestible.

Tabla 2.4

Propiedades fisicoquímicas de la frutilla

Componentes	Valor	Unidad
Energía	37,00	Kcal
Proteínas	0,50-0,90	g
Hidratos de carbono	5,00-10,00	g
Fibra	1,00-3,00	g
Agua	89,00-94,00	g
Vitamina A	3,000	mg
Tiamina	0,03	mg
Riboflavina	0,07	mg
Niacina	0,60	mg
Calcio	21,00	mg
Fósforo	21,00	mg
Hierro	1,00	mg
Potasio	164,00	mg
Grasa	0,10-0,40	mg
Sodio	1,00	mg

Fuente: Borja, 2010

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 frutilla, mediante el método de mezclas”, se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA), perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

3.2 Tipos de intervención para la parte experimental

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

- Análisis físico y fisicoquímicos de la frutilla variedad *San Andrea* y *Macarena*.
- Análisis de los datos del calor específico mediante el método de mezclas.
- Análisis del diseño experimental DBCA en el proceso de determinación del calor específico de la frutilla.
- Operacionalización de las variables para la determinación del calor específico de la frutilla.

3.3 Paradigma investigativo

Según Gallardo (2017), el paradigma es una postura macro que se tiene ante la realidad de un fenómeno determinado, donde quienes comparten esas ideas manejan un mismo lenguaje, se orienta a través de valores, metas y creencias; mientras que el enfoque, es la posición que tiene el investigador ante un punto de vista con el propósito de aproximarse a un fin.

Por lo tanto, el tipo de paradigma que sustenta al presente trabajo de investigación es de un paradigma positivista con el objeto de comprobar una hipótesis.

3.3.1 Paradigma positivista

Este paradigma con el método hipotético-deductivo de referente, persigue la verificación rigurosa de proposiciones generales (hipótesis) a través de la observación empírica y el experimento en muestras de amplio alcance, y desde una aproximación cuantitativa, con el fin de verificar y perfeccionar leyes. Su finalidad es explicar, predecir, verificar y controlar los fenómenos. (Sánchez, 2013)

El paradigma positivista, también denominado paradigma cuantitativo, es el paradigma dominante; que se caracteriza por el alto interés por la verificación del conocimiento a través de predicciones. (Ballina, 2004)

3.3.2 Tipo de investigación

Según Gallardo, (2017) el diseño de investigación experimental “consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)”. En cuanto al nivel, es explicativa, porque su propósito “es demostrar que los cambios en la variable dependiente fueron causados por la variable independiente”

El tipo de investigación que se implementó fue una investigación experimental aplicada.

3.4 Enfoque de la investigación

El enfoque cuantitativo propone que el estudio sobre los fenómenos requiere ser científico, es decir, susceptible de ser adquirido a través de la aplicación del método científico y sustentar que todos los fenómenos se podían medir, a esta corriente se le llamo positivismo que es el dato observable. (Vega et al, 2014)

Enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías. (Sampiere, 2014)

El enfoque que se llevó a cabo en el presente trabajo de investigación, será de un enfoque cuantitativo, porque es secuencial y probatorio que depende de los resultados experimentales del laboratorio que serán medidos por medio de instrumentos.

3.5 Métodos, técnicas e instrumentos

Según Hernández et al., (2018) “se entiende por método científico la cadena ordenada de pasos basados en un aparato conceptual determinado y en reglas que permiten avanzar en el proceso de conocimiento de lo conocido a lo desconocido”. Estrechamente ligada al concepto de método se hallan las técnicas, las que no en pocas ocasiones generan trasposiciones conceptuales, por cuanto lo que para un autor es un método específico de una ciencia, puede ser considerado como técnica por otro. Todo depende del enfoque con que se identifiquen.

“El instrumento es el mecanismo que utiliza el investigador para recolectar y registrar la información, considerándose entre ellos las guías de observación y de entrevista, los cuestionarios de las encuestas, cronómetros, sismógrafos, analizadores de gases, entre otros” (Hernández et al., 2018)

Los métodos y técnicas que se utilizaron en el presente trabajo de investigación se muestran a continuación:

3.5.1 Análisis fisicoquímico de la frutilla variedad *San Andrea* y *Macarena*

En la figura 3.1, se muestran los métodos y técnicas que se utilizaron para determinar los análisis fisicoquímicos de las dos variedades de frutilla.

Análisis fisicoquímico		
Gravimetría	Cálculo	Kjeldahl
Calcinación en mufla	Cálculo indirecto	Digestión Destilado Valoración
Cenizas (%) NB 39034:10	Hidratos de carbono Cálculo (%)	Proteína (%) NB/ISO 8968-1:08
Digestión Acido-Base	Cálculo indirecto	
Fibra (%) Gravimétrico	Valor energético Cálculo (kcal/100g)	
Secado en estufa		
Humedad (%) NB 313010:05		
Soxhlet		
Grasa (%) NB 313019:06		

Fuente: CEANID, 2023

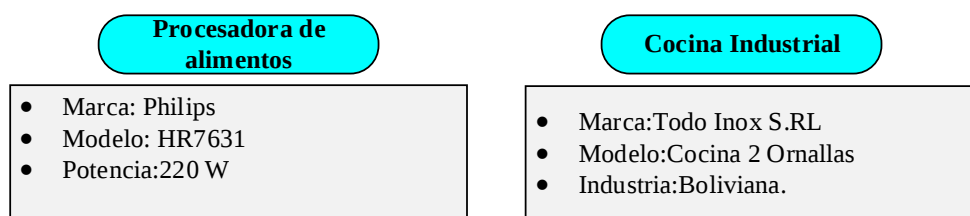
Figura 3.1: Métodos y técnicas para determinar el análisis fisicoquímico de la frutilla variedad *San Andrea* y *Macarena*

3.6 Equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios de cocina utilizados en la determinación del calor específico

Para el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo de investigación, se utilizaron equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios de cocina, los cuales se describen a continuación:

3.6.1 Equipos

En la figura 3.2, se observan las especificaciones técnicas de los equipos que se utilizaron en el trabajo de investigación (Anexo J), los cuales se encuentran en el Laboratorio del Taller de Alimentos.

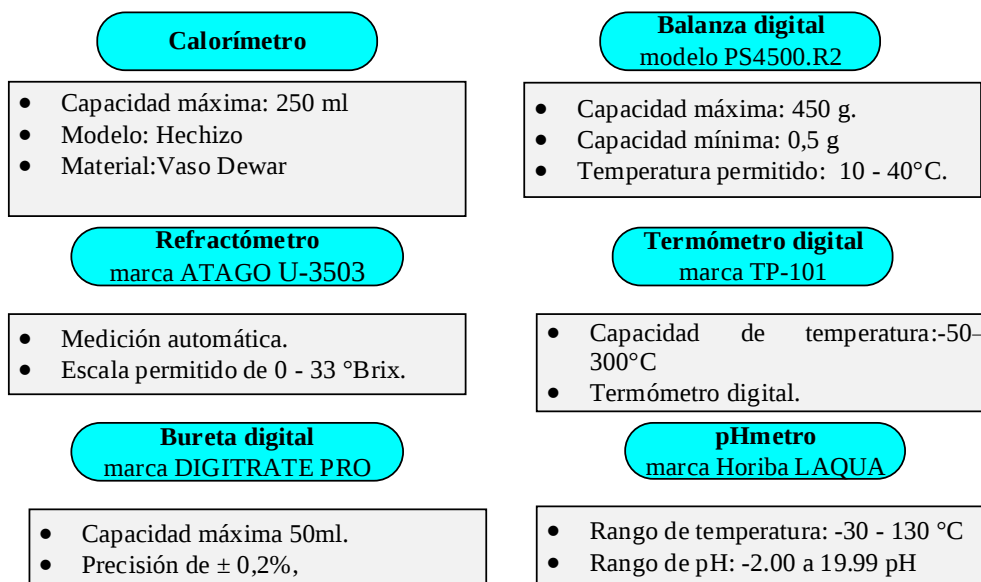


Fuente: LTA, 2023

Figura 3.2: Equipos de proceso para la determinación de calor específico

3.6.2 Instrumentos

En la figura 3.3, se muestran los instrumentos utilizados para la determinación del calor específico de la frutilla (Anexo J), los cuales se encuentran en el Laboratorio del Taller de Alimentos.



Fuente: LTA, 2023

Figura 3.3: Instrumentos para la determinación de calor específico

3.6.3 Materiales de laboratorio

Los materiales de laboratorio que son necesarios para realizar el presente trabajo de investigación, (Anexo J) los cuales fueron los siguientes:

- **Cronómetro:** tamaño pequeño de plástico.
- **Probeta:** capacidad de 50 ml de plástico.

- **Vaso de precipitación:** capacidad 100 ml de vidrio.

3.6.4 Utensilios de cocina

Los utensilios de cocina que son necesarios para realizar el presente trabajo de investigación, (Anexo J) los cual cuales fueron los siguientes:

- **Fuentes:** tamaño mediano de acero inoxidable.
- **Cuchillo:** tamaño mediano de acero inoxidable.
- **Jarra graduada:** volumen de 2 litros de plástico.

3.7 Construcción de calorímetro

Para la determinación del calor específico de las dos variedades de frutilla, será necesario la construcción de dos calorímetros.

En la tabla 3.1 se describe los materiales necesarios para la construcción del calorímetro.

Tabla 3.1

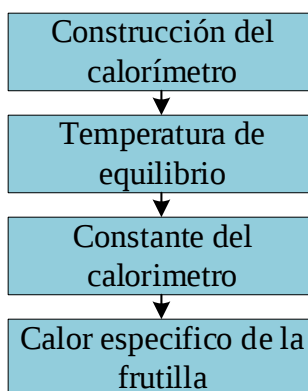
Materiales para la construcción del calorímetro

Nombre	Material	Cantidad
Vaso Dewar (250 y 500 ml)	Vidrio de borosilicato	2
Fibra de vidrio	Vidrio	2
Plastoformo cilíndrico	Poliestireno	2
Plastoformo perlita	Poliestireno	-
Tapón	Goma	2
Anillo	Goma	2

Fuente: Elaboración propia

3.8 Metodología para la determinación del calor específico

En la figura 3.4, se muestra la metodología para la determinación de calor específico de las dos variedades de frutilla.



Fuente: Elaboracion propia

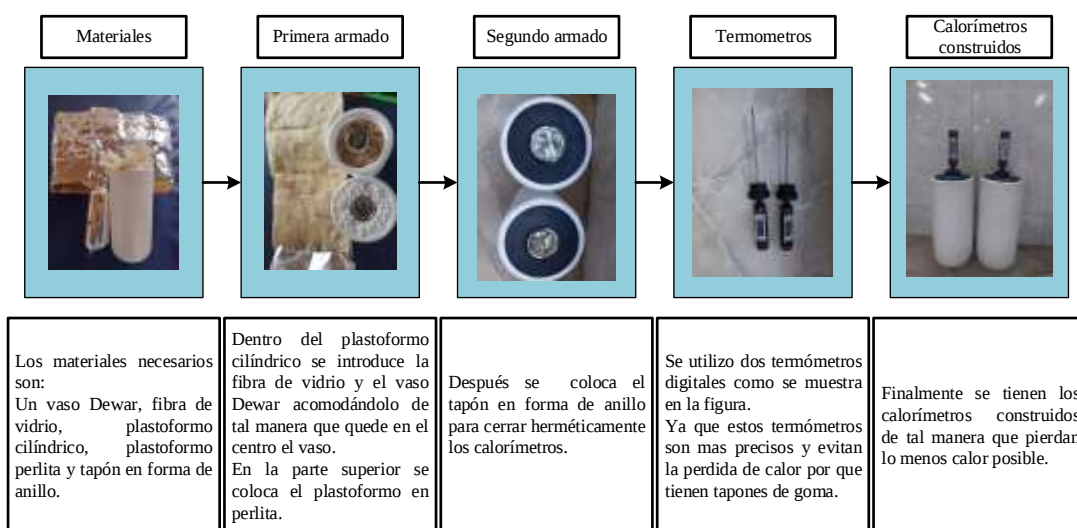
Figura 3.5: Metodología para la determinación del calor específico

3.8.1 Descripción de la metodología para la determinación del calor específico

En base a Moraga (2013), la metodología para la determinación del calor específico de las dos variedades de frutilla, se detallan a continuación:

3.8.1 Construcción de los calorímetros C_A y C_B

Para la construcción de los dos calorímetros C_A y C_B , se utilizaron materiales que se muestran en la tabla 3.1 y los pasos a seguir para su construcción de ambos calorímetros y son detallados en la figura 3.4.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4: Construcción de los calorímetros C_A y C_B

3.8.2 Temperatura de equilibrio de los calorímetros C_A y C_B

Para determinar la temperatura de equilibrio en los calorímetros, se realizaron:

- 1.-Medir la masa del calorímetro.
- 2.-Vertir dentro del calorímetro 100 ml de agua a temperatura ambiente (18°C).
- 3.-Cerrar el calorímetro, esperar aproximadamente 1 minuto y medir la temperatura de equilibrio que alcanza el vaso interior del calorímetro y el agua que vertió en el paso.
- 4.-Vertir en el calorímetro 30 ml de agua previamente calentada a una temperatura aproximada de 70°C , y cerrar el calorímetro lo más rápido que pueda una vez vaciada el agua caliente.
- 5.- Espere a que se alcance la temperatura de equilibrio de la mezcla de agua que contiene el calorímetro, y observar cuidadosamente el termómetro hasta que la medición se estabilice (eso debe ocurrir aproximadamente 1 minuto después de completado el punto 4), cuando eso ocurra anote la temperatura de equilibrio.

3.8.3 Determinación de la constante de los calorímetros C_A y C_B

Para la determinación de constante (K) de los calorímetros (C_A y C_B), se procedieron a realizar un control de temperatura de equilibrio y el por método gráfico observar la dispersión de los puntos de las temperaturas medidas en un intervalo de tiempo antes y después de la mezcla. Y aplicando las ecuaciones deducidas anteriormente se obtiene la constante (K) del calorímetro.

3.8.4 Determinación del calor específico de la frutilla

Una vez obtenida la constante del calorímetro, se podrá utilizarlo para la determinación de C_p . Pero antes se acondicionó la frutilla para lo cual se realizó:

3.8.4.3 Pelado

El pelado de la frutilla, se realizó de manera manual con un cuchillo de acero inoxidable, que consiste en separar la corona de la superficie de la frutilla

3.8.4.2 Pulpeado

Consistió en pulpear la frutilla con la ayuda de un procesador de alimentos por un tiempo de 2 minutos.

3.8.4.3 Recolección de datos

1.-Pesar la masa del calorímetro.

2.-Pesar la masa del alimento.

3.-Introducir el alimento dentro del calorímetro

4.-Verter en el calorímetro 20 ml de agua a temperatura ambiente.

5.-Cerrar el calorímetro, espere aproximadamente 1 minuto y mida la temperatura de equilibrio que alcanza el vaso interior del calorímetro, el alimento colocado dentro de él y el agua que se vertió en el paso.

6.-Vertir en el calorímetro 30 ml de agua previamente calentada a una temperatura aproximada de 70°C, y cierre el calorímetro lo más rápido que pueda una vez vaciada el agua caliente.

7.-Esperar a que se alcance la temperatura de equilibrio de la mezcla de agua que contiene el calorímetro, el alimento colocado dentro del calorímetro y el propio calorímetro, para ello observar cuidadosamente el termómetro hasta que la medición se estabilice (eso deberá ocurrir aproximadamente 1 minuto después de completado el punto 6), cuando eso ocurra anotar la temperatura de equilibrio.

Una vez obtenido los datos se procedió a introducirlos en la fórmula para determinar el calor específico de las dos variedades de frutilla.

3.9 Diseño experimental

Según Montgomery (2018), menciona que un diseño experimental es una serie de pruebas en las que se realizan cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida.

3.9.1 Diseño de bloques completamente al azar (DBCA)

El DBCA busca determinar diferencias entre tratamientos, en los que cada uno de estos es aplicado a distintas UEs en cada uno de los bloques; por tal razón, el número de UE por bloques es constante. Una de las ventajas del DBCA es la flexibilidad ya que no se hace restricción sobre el número de tratamientos o sobre el número de aplicaciones en el experimento (Melo et al, 2020).

El DBCA se aplica cuando se quieren comparar ciertos tratamientos y en un DBCA se consideran tres fuentes de variabilidad: el factor de tratamiento, el factor de bloque y el error aleatorio, teniendo tres posibles causas de la variabilidad presente en los datos. (Gutierrez & De la Vara, 2008)

Según Gutiérrez & De la Vara (2018), el modelo de regresión simple también permite expresar el resultado de un diseño experimental de forma matemática. En la siguiente ecuación 3.2, se describe el modelo de regresión a ser aplicado:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \varepsilon_{ij}; \quad j=1,2,\dots,k \text{ y } j=1,2,\dots,b \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

Donde:

Y_{ij} = Tratamiento i y bloque j

μ = Media global poblacional

τ_i = Efecto de i

γ_j = Efecto del bloque j

ε_{ij} = Error experimental a la medición Y_{ij}

3.12.2.1 Diseño DBCA aplicado en la etapa de determinación del calor específico

El diseño experimental en la etapa de determinación del calor específico, se aplicó la siguiente hipótesis:

$$H_o = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots \mu_k = \mu$$

$$H_A = \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún } i \neq j \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

En la tabla 3.2 se muestra la matriz del diseño experimental a ser aplicado en la etapa de determinación del calor específico.

Tabla 3.2

Matriz de diseño de bloques completamente al azar para la determinación del calor específico

Bloques	Tratamientos						Total	Medias
	1	2	3	i	...	t		
1	Y_{11}	Y_{12}	...	Y_{i1}	...	Y_{t1}	$Y_{.1}$	$Y_{.1}$
2	Y_{21}	Y_{22}	...	Y_{i2}	...	Y_{t2}	$Y_{.2}$	$Y_{.2}$
3	Y_{31}	Y_{32}	...	Y_{i3}	...	Y_{t3}	$Y_{.3}$	$Y_{.3}$
.	...	...	...	...	...	...	...	...
.	...	...	...	...	...	...	...	...
j	Y_{1j}	Y_{2j}	...	Y_{ij}	...	Y_{tj}	$Y_{.j}$	$Y_{.j}$
.	...	...	...	...	...	...	...	...
.	...	...	...	...	...	...	...	...
b	Y_{1b}	Y_{2b}	...	Y_{ib}	...	Y_{tb}	$Y_{.b}$	$Y_{.b}$
Total	$Y_{.1}$	$Y_{.2}$		$Y_{.b}$		$Y_{.t}$	$Y_{..}$	
Medias	$Y_{.1}$	$Y_{.2}$		$Y_{.b}$		$Y_{.t}$		$Y_{...}$

Fuente: (Melo et al, 2020)

3.9 Operacionalización de las variables para la determinación del calor específico de la frutilla

En la figura 3.5, se muestra la operacionalización de las variables para la determinación del calor específico de la frutilla.

Hipótesis		Variables	Conceptualización	Subvariables	Indicadores
La metodología experimental propuesta del método de mezclas (calorimetría) a ser aplicada permitirá determinar el calor específico de dos variedades de frutilla, para la provincia Cercado	Variable independiente	Método de mezclas (Calorimetría)	Es el sistema más utilizado para medir el calor específico, donde una cantidad conocida de líquido (típicamente agua) a una temperatura inicial conocida se mezcla con una muestra de masa y temperaturas conocidas dentro de un recipiente aislado. Mohseninh (1980)	Temperatura	°C
				Tiempo	(min)
				Acondicionado de la frutilla	(Pulpeado)
				Variedad de frutilla	(Macarena/San Andrea)
				Temperatura de la frutilla	(°C)
	Variable dependiente	Calor específico	Es la cantidad de calor ganada o perdida por unidad de masa de producto que es necesaria para cambiar un grado la temperatura y sin realizar ningún cambio de estado. Singh y Heldman, 2009	Humedad	(%)
				Hidratos de carbono	(%)
				Proteínas	(%)
				Grasas	(%)
				Fibras	(%)
				Valor energético	(kcal/g)
				Calor específico	(Kcal/Kg °C)

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5: Operacionalización de las variables para la determinación del calor específico de la frutilla

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUCIONES

4.1 Caracterización de la frutilla variedad *Macarena* y *San Andrea*

En la caracterización de la frutilla variedad *Macarena* y *San Andrea*, se tomaron en cuenta los parámetros fisicoquímicos, los cuales se detallan a continuación:

4.1.1 Análisis fisicoquímico de la frutilla variedad *Macarena*

En la tabla 4.1, se muestran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la frutilla variedad *Macarena* de datos extraídos de (Anexo A).

Tabla 4.1

Parámetros fisicoquímicos de la frutilla variedad *Macarena*

Parámetros	Unidad	Resultado
Fibra	%	0,61
Ceniza	%	0,27
Grasa	%	0,09
Humedad	%	90,48
Proteína total (Nx6,25)	%	0,84
Carbohidratos	%	7,38
Valor energético	Kcal/100g	37,45

Fuente: CEANID, 2023

En la tabla 4.1, se puede observar los resultados del análisis fisicoquímico de la frutilla variedad *Macarena* que presenta: fibra 0,61%; ceniza 0,27%; grasa 0,09%; humedad 90,48%; proteína total Nx6,25 0,84%; carbohidratos 7,38% y valor energético 37,45 Kcal/100g.

4.1.1 Análisis fisicoquímico de la frutilla variedad *San Andrea*

En la tabla 4.1, se muestran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la frutilla variedad *San Andrea* de datos extraídos de (Anexo A).

Tabla 4.2

Parámetros fisicoquímicos de la frutilla variedad San Andrea

Parámetros	Unidad	Resultado
Fibra	%	0,54
Ceniza	%	0,48
Grasa	%	0,06
Humedad	%	90,03
Proteína total (Nx6,25)	%	0,76
Carbohidratos	%	8,17
Valor energético	Kcal/100g	33,26

Fuente: CEANID, 2023

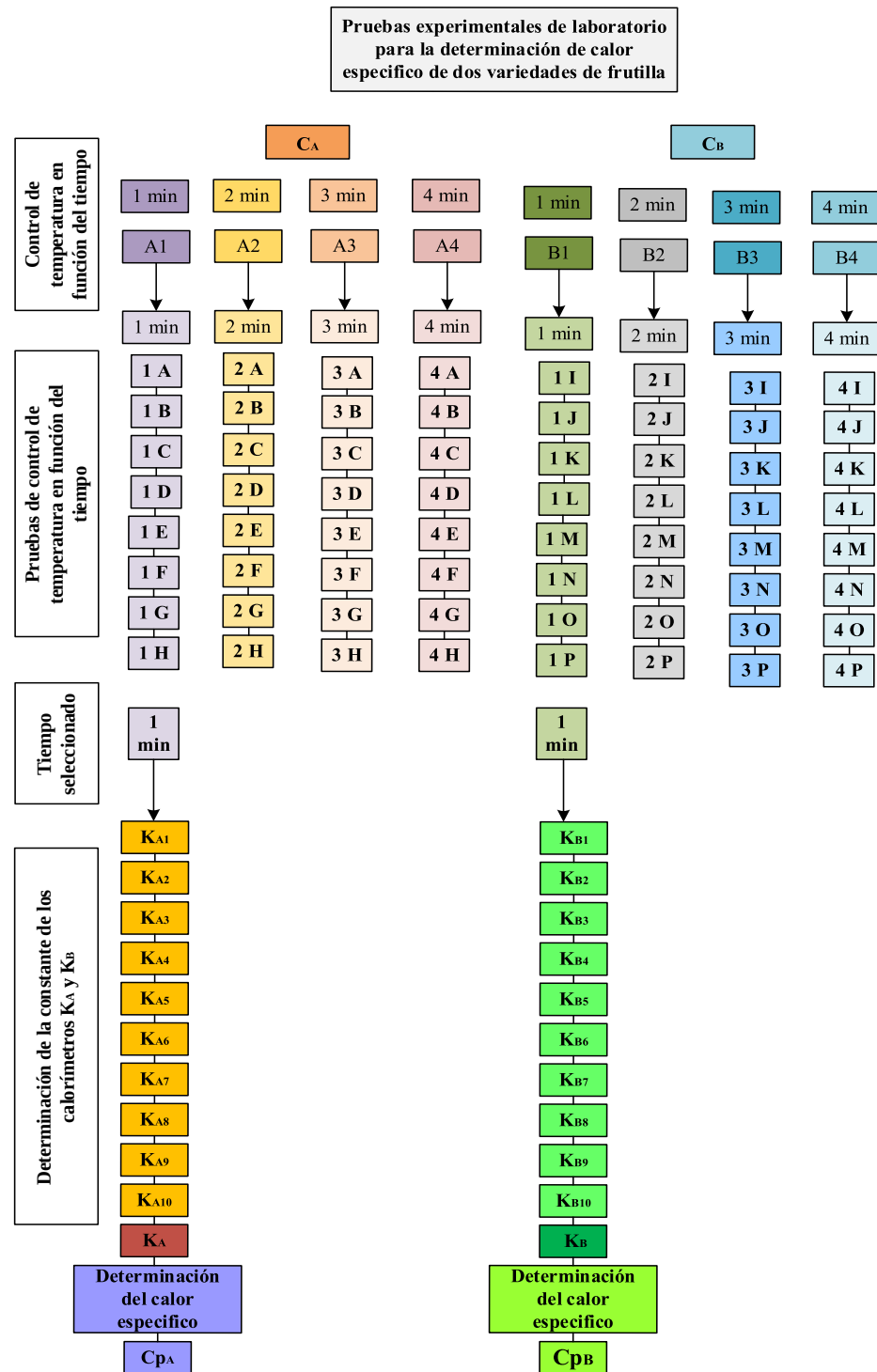
En la tabla 4.2, se puede observar los resultados del análisis fisicoquímico de la frutilla variedad *San Andrea* que presenta: fibra 0,54%; ceniza 0,48%; grasa 0,06%; humedad 90,03%; proteína total Nx6,25 0,76%; carbohidratos 8,17% y valor energético 33,26 Kcal/100g.

4.2 Caracterización de la metodología para la determinar el calor específico de dos variedades de frutillas *San Andrea* y *Macarena*

La caracterización de la parte experimental para la determinación del calor específico de dos variedades de frutilla (*San Andrea* y *Macarena*) se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

4.2.1 Pruebas experimentales de laboratorio para la determinación del calor específico

Para el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo de investigación de la determinación del calor específico de dos variedades de frutilla, inicialmente realizó el control de temperatura en función del tiempo de uno, dos, tres y cuatro minutos de cada calorímetro; y así mismo, se realizó ocho réplicas de cada tiempo de los dos calorímetros C_A y C_B . De tal manera, en base a las ocho réplicas de cada calorímetro se tomó en cuenta el tiempo de un minuto; con la finalidad de determinar la constante de los dos calorímetros C_A y C_B . Para finalmente determinar el calor específico de las dos variedades de frutilla, como se muestra en la figura 4.1.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1: Pruebas experimentales de laboratorio para la determinación de calor específico de dos variedades de frutilla

4.2.1.1 Calorímetros contruidos: C_A (500 ml) y C_B (250 ml)

Para determinar el calor especifico de las dos variedades de frutilla y el desarrollo del presente trabajo se utilizaron los calorímetros (C_A y C_B).

En la figura 4.2 se muestran ambos calorímetros que fueron contruidos en base a los materiales de la tabla 3.1.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2: Calorímetros C_A y C_B

4.3 Control de temperatura de equilibrio en función del tiempo de los calorímetros: C_A y C_B

Para determinar el tiempo de cada calorímetro; se procedió a realizar un control de tiempo de 1, 2, 3 y 4 minutos tomando en cuenta la temperatura de equilibrio con la finalidad de controlar y conocer la variación de calor con respecto al tiempo de cada calorímetro C_A y C_B . De tal manera, se escogió el tiempo donde la variación de calor sea mínima o gradualmente.

En la tabla 4.3, se muestran los resultados obtenidos de temperatura en función del tiempo del calorímetro C_A de datos extraídos de (Anexo D).

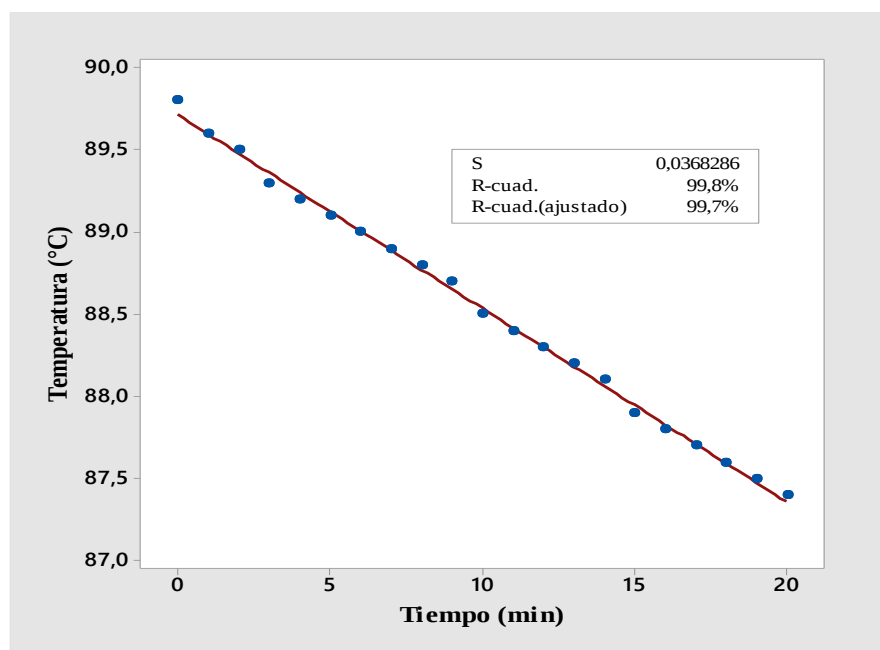
Tabla 4.2

Control de tiempo y temperatura calorímetro C_A

Tiempo (1 min)	Temperatura (°C)	Tiempo (2 min)	Temperatura (°C)	Tiempo (3 min)	Temperatura (°C)	Tiempo (4 min)	Temperatura (°C)
0	89,8	0	87,5	0	88,6	0	83,0
1	89,6	2	87,0	3	87,9	4	82,4
2	89,5	4	86,7	6	87,7	8	81,9
3	89,3	6	86,4	9	87,3	12	81,5
4	89,2	8	86,1	12	87,0	16	81,1
5	89,1	10	85,8	15	86,7	20	80,8
6	89,0	12	85,5	18	86,4	24	80,4
7	88,9	14	85,3	21	86,0	28	80,1
8	88,8	16	85,0	24	85,7	32	79,8
9	88,7	18	84,8	27	85,4	36	79,4
10	88,5	20	84,5	30	85,0	40	79,1
11	88,4	22	84,2	33	84,6	44	78,8
12	88,3	24	84,0	36	84,5	48	78,5

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.3, se muestra el control de temperatura de equilibrio en función del tiempo de 1 minuto de datos extraídos de la tabla 4.2.



Fuente: Elaboración propia

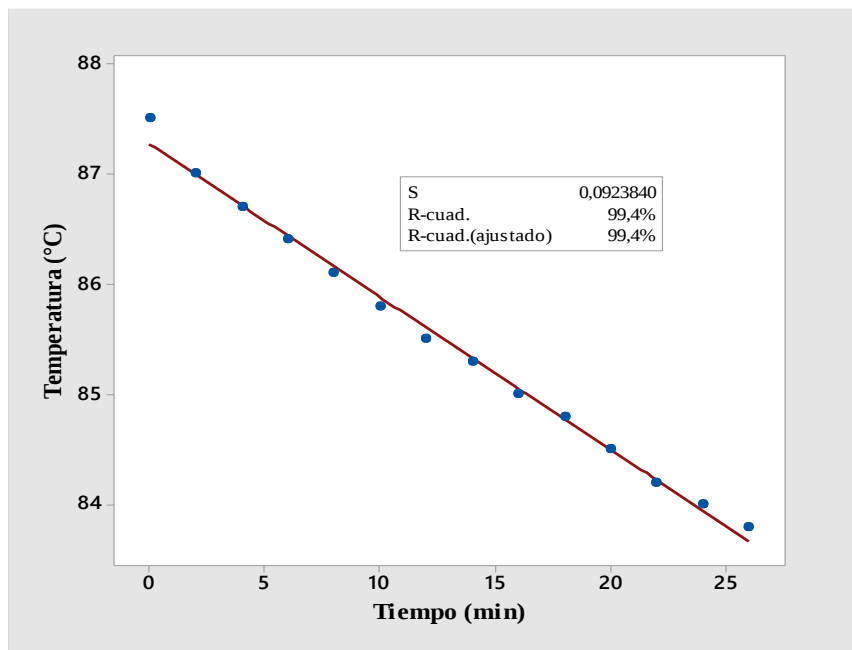
Figura 4.3: Control de temperatura y tiempo 1 minuto C_A

Según la figura 4.3, se puede observar el comportamiento de la variación de temperatura en relación con el tiempo de 1 minuto, concluyendo que existe una sola regresión lineal; donde el periodo de variación de temperatura inicia en (89,80 °C), siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de (88,30 °C), por lo tanto, la ecuación matemática ajustada con un coeficiente de regresión $R^2(0,998)$ se describe en la ecuación 4.1:

$$y = 0,0203x + 0,368$$

Ecuación 4.1

En la figura 4.4, se muestra el control de temperatura en función del tiempo de 2 minutos de datos extraídos de la tabla 4.2.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4: Control de temperatura y tiempo dos minutos C_A

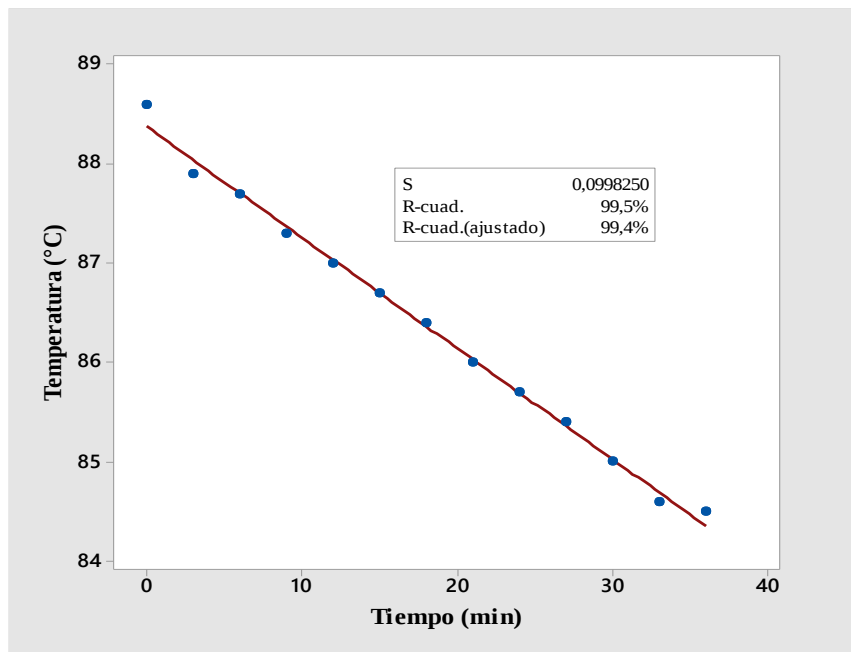
Según la figura 4.4, se puede observar el comportamiento de la variación de temperatura en relación con el tiempo de 2 minutos, concluyendo que existe una sola regresión lineal; donde el periodo de variación de temperatura inicia en (87,50 °C), siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de (84,00°C),

por lo tanto, la ecuación matemática ajustada con un coeficiente de regresión $R^2(0,994)$ se describe en la ecuación 4.2:

$$y = 0,0203x + 0,092$$

Ecuación 4.2

En la figura 4.5, se muestra el control de temperatura en función del tiempo de 3 minutos de datos extraídos de la tabla 4.2.



Fuente: Elaboración propia

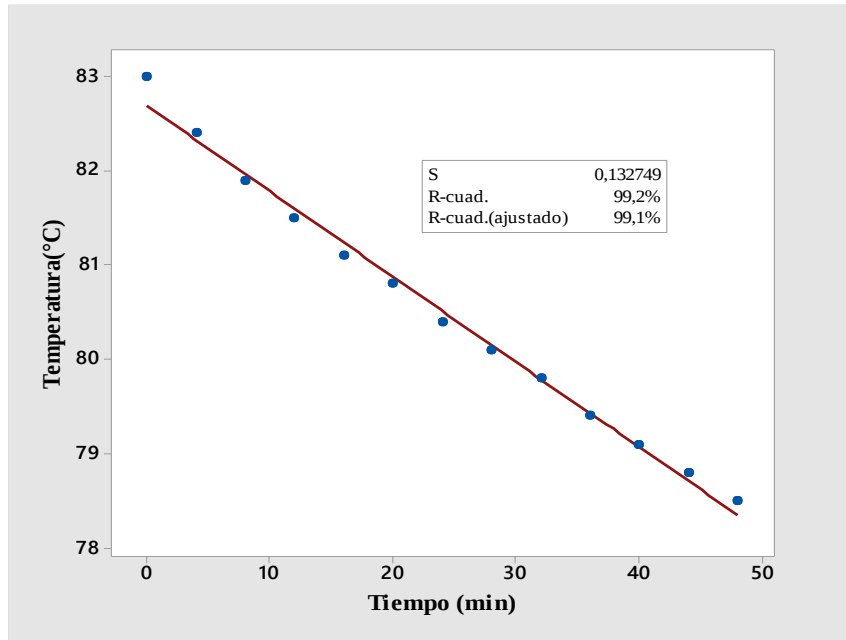
Figura 4.5: Control de temperatura y tiempo 3 minutos C_A

Según la figura 4.5 se puede observar el comportamiento de la variación de temperatura en relación con el tiempo de 3 minutos, concluyendo que existe una sola regresión lineal; donde el periodo de variación de temperatura inicia en (88,60 °C), siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de (84,50°C), por lo tanto, la ecuación matemática ajustada con un coeficiente de regresión $R^2(0,995)$ se describe en la ecuación 4.3:

$$y = 0,0203x + 0,099$$

Ecuación 4.3

En la figura 4.6, se muestra el control de temperatura en función del tiempo de 4 minutos de datos extraídos de la tabla 4.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6: Control de temperatura y tiempo 4 minutos C_A

Según la figura 4.6, se puede observar el comportamiento de la variación de temperatura en relación con el tiempo de cuatro minutos, concluyendo que existe un solo tramo dentro de la regresión lineal; donde el periodo de variación de temperatura inicia en (83,00 °C), siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de (78,50°C), por lo tanto, la ecuación matemática ajustada con un coeficiente de regresión $R^2(0,992)$ se describe en la ecuación 4.4:

$$y = 0,0203x + 0,132 \quad \text{Ecuación 4.4}$$

En la tabla 4.3, se muestran los resultados obtenidos de temperatura en función del tiempo del calorímetro C_B de datos extraídos de (Anexo D).

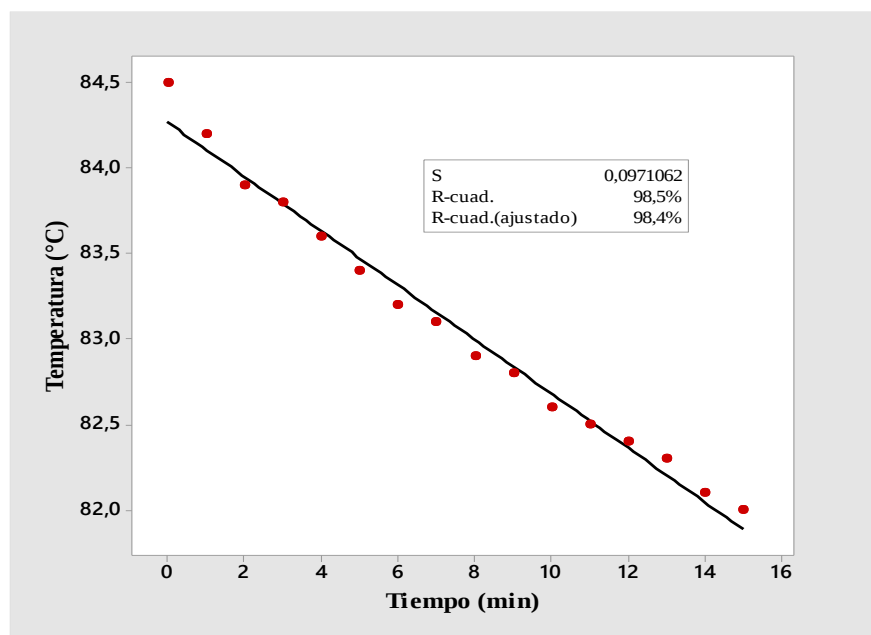
Tabla 4.3

Control de tiempo y temperatura calorímetro C_B

Tiempo (1min)	Temperatura (°C)	Tiempo (2min)	Temperatura (°C)	Tiempo (3min)	Temperatura (°C)	Tiempo (4min)	Temperatura (°C)
0	84,5	0	88,7	0	87,5	0	79,1
1	84,2	2	87,4	3	86,6	4	78,3
2	83,9	4	86,9	6	86,1	8	77,6
3	83,8	6	86,4	9	85,6	12	77,1
4	83,6	8	85,9	12	85,1	16	76,5
5	83,4	10	85,5	15	84,6	20	76,0
6	83,2	12	85,0	18	84,2	24	75,5
7	83,1	14	84,6	21	83,7	28	75,0
8	82,9	16	84,1	24	83,3	32	74,5
9	82,8	18	83,8	27	82,8	36	74,0
10	82,6	20	83,4	30	82,5	40	73,5
11	82,5	22	83,0	33	82,1	44	73,0
12	82,4	24	82,6	36	81,7	48	72,5

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.7, se muestra el control de temperatura en función del tiempo de 1 minuto de datos extraídos de la tabla 4.3.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7 Control de temperatura y tiempo 1 minuto C_B

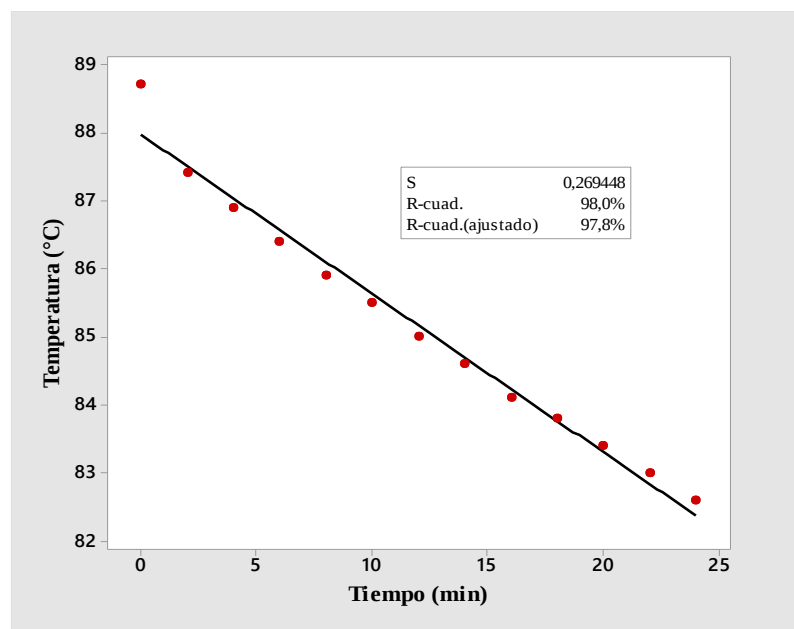
Según la figura 4.7, se puede observar el comportamiento de la variación de temperatura en relación con el tiempo de un minuto, concluyendo que una sola

regresión lineal; donde el periodo de variación de temperatura inicia en (84,50 °C), siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de (82,40°C), por lo tanto, la ecuación matemática ajustada con un coeficiente de regresión $R^2(0,985)$ se describe en la ecuación 4.5:

$$y = 0,0203x + 0,132$$

Ecuación 4.5

En la figura 4.8 se muestra el control de temperatura en función del tiempo de 2 minutos de datos extraídos de la tabla 4.3.



Fuente: Elaboración propia

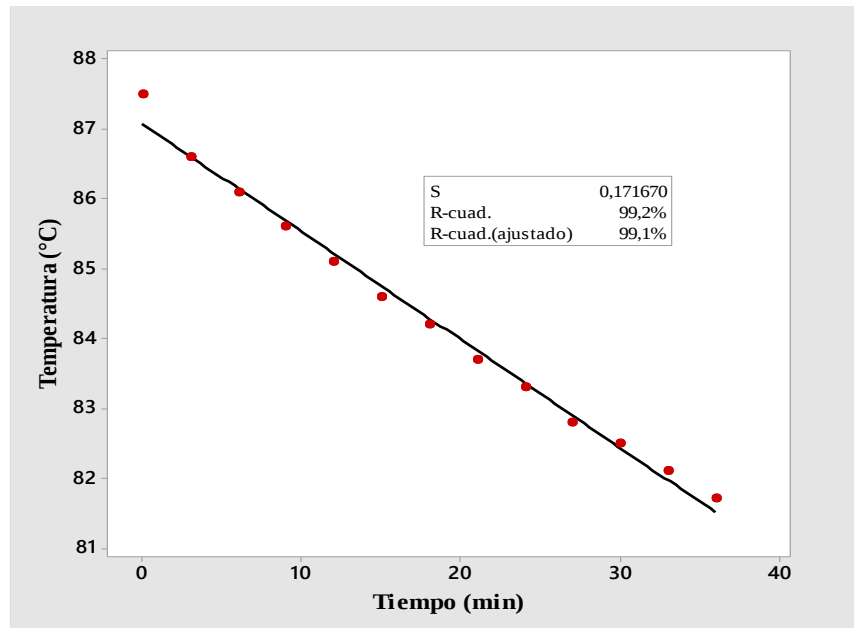
Figura 4.8: Control de temperatura y tiempo 2 minutos C_B

Según la figura 4.8, se puede observar el comportamiento de la variación de temperatura en relación con el tiempo de dos minutos, concluyendo que existe una sola regresión lineal; donde el periodo de variación de temperatura inicia en (88,70°C), siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de (82,60°C), por lo tanto, la ecuación matemática ajustada con un coeficiente de regresión $R^2(0,980)$ se describe en la ecuación 4.6:

$$y = 0,0203x + 0,269$$

Ecuación 4.6

En la figura 4.9, se muestra el control de temperatura en función del tiempo de 3 minutos de datos extraídos de la tabla 4.3.



Fuente: Elaboración propia

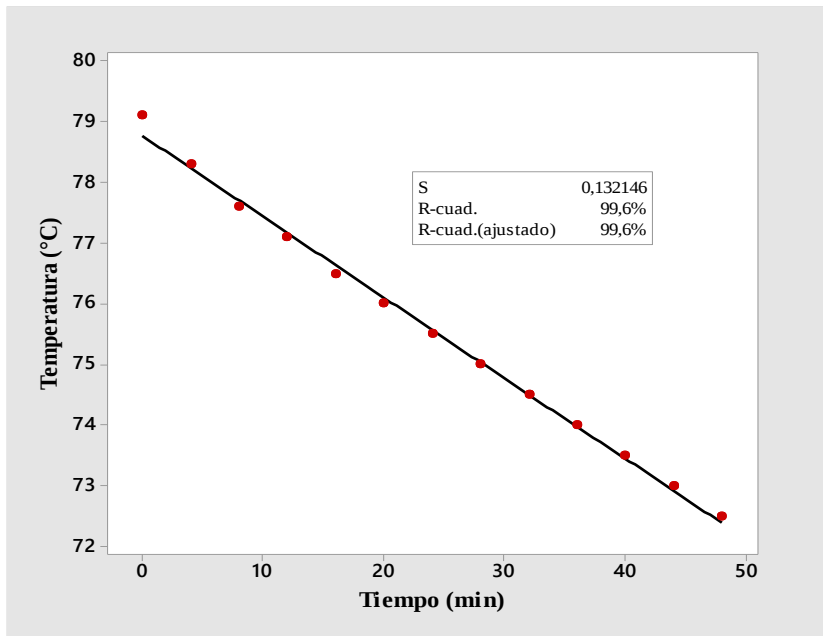
Figura 4.9: Control de temperatura y tiempo 3 minutos C_B

Según la figura 4.9, se puede observar el comportamiento de la variación de temperatura en relación con el tiempo de tres minutos, concluyendo que existe una sola regresión lineal; donde el periodo de variación de temperatura inicia en (87,50 °C), siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de (81,70°C), por lo tanto, la ecuación matemática ajustada con un coeficiente de regresión $R^2(0,992)$ se describe en la ecuación 4.7:

$$y = 0,0203x + 0,171$$

Ecuación 4.7

En la figura 4.10, se muestra el control de temperatura en función del tiempo de 4 minutos de datos extraídos de la tabla 4.3.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10: Control de temperatura y tiempo 4 minutos C_B

Según la figura 4.10, se puede observar el comportamiento de la variación de temperatura en relación con el tiempo de cuatro minutos, concluyendo que existe una sola regresión lineal; donde el periodo de variación de temperatura inicia en (79,10 °C), siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de (72,50°C), por lo tanto, la ecuación matemática ajustada con un coeficiente de regresión $R^2(0,996)$ se describe en la ecuación 4.8:

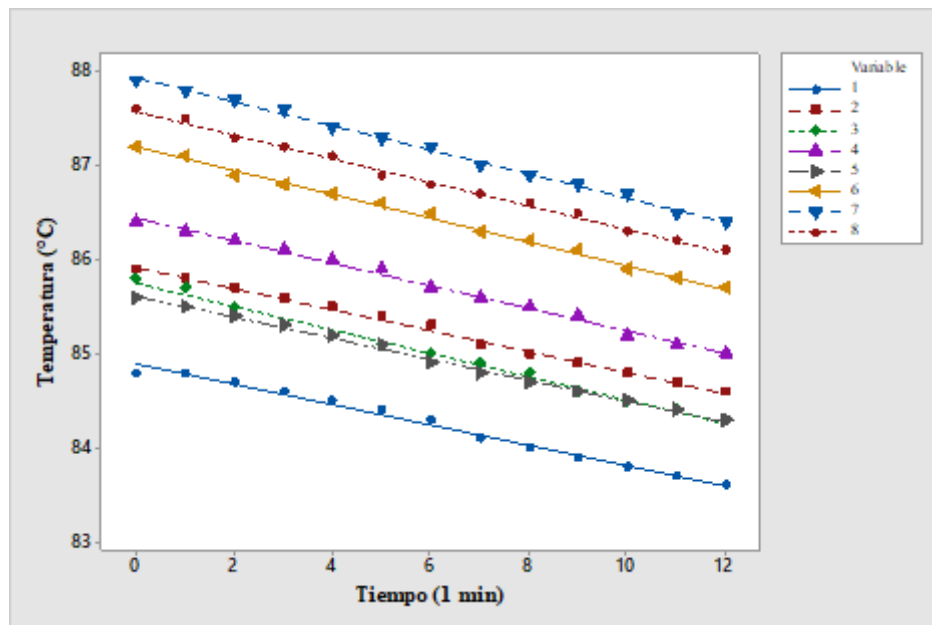
$$y = 0,0203x + 0,132$$

Ecuación 4.8

4.4 Pruebas de control de temperatura en función del tiempo de los calorímetros: C_A y C_B

Para determinar el tiempo de cada calorímetro se realizaron ocho pruebas, con el fin de obtener un valor representativo del tiempo. Al repetir el experimento varias veces se pueden apreciar las diferencias entre los resultados que están asociados a los errores propios de cualquier medición. Con la finalidad de conocer y comparar el control de temperatura en función con el tiempo de cada uno.

En la figura 4.11 se muestra el control de temperatura de las ocho repeticiones en función del tiempo de 1 minuto para el calorímetro C_A .

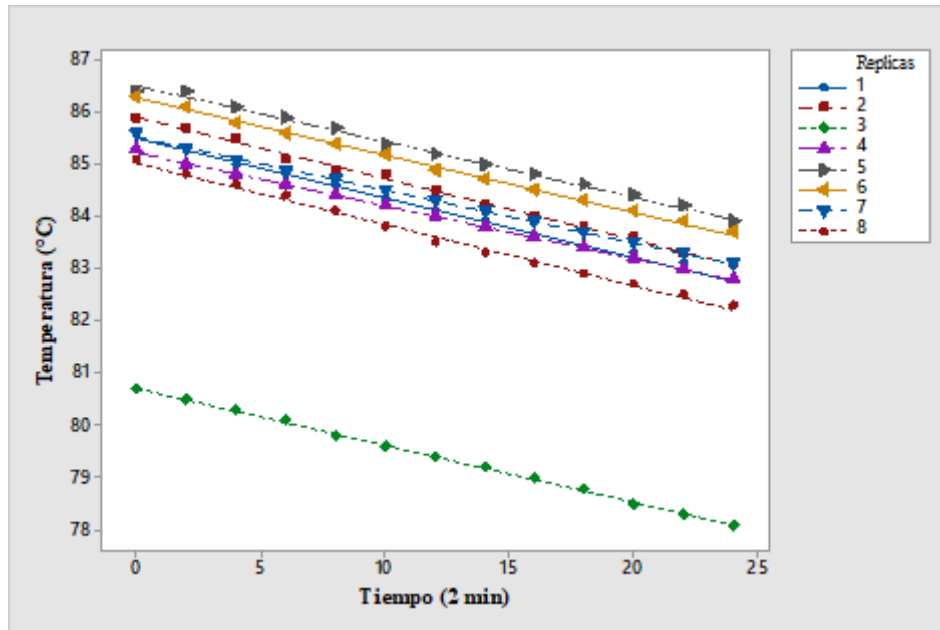


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11: Control de temperatura en función del tiempo 1 minuto ocho repeticiones C_A

Según la figura 4.11, se puede observar el control de temperatura en función con el tiempo de 1 minuto de las ocho repeticiones, concluyendo que existe una sola regresión lineal; donde el periodo promedio de variación de temperatura inicia en (85,40) °C, siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de (83,50) °C.

En la figura 4.12 se muestra el control de temperatura de las ocho repeticiones en función del tiempo de 2 minutos para el calorímetro C_A.

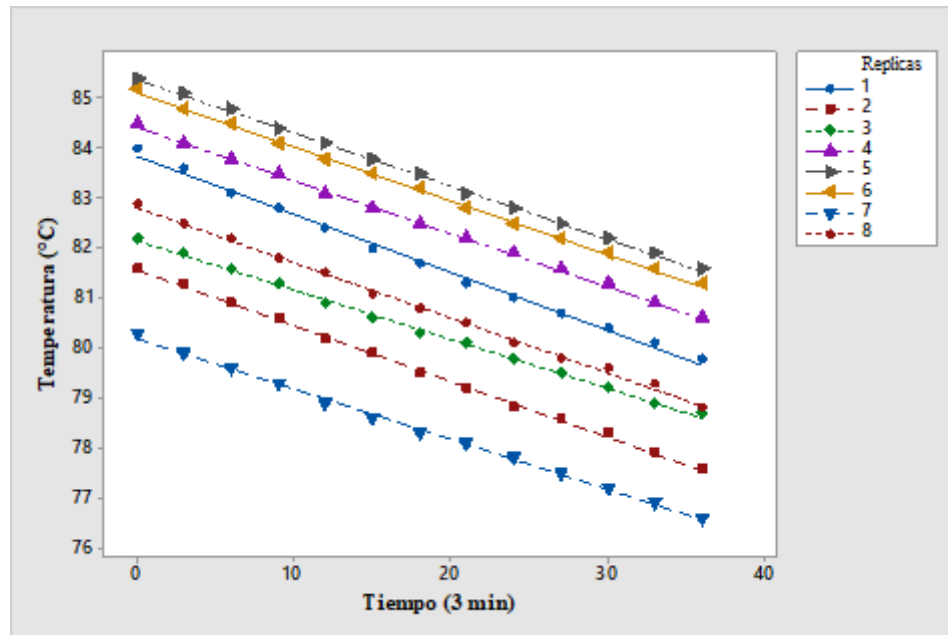


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12: Control de temperatura en función del tiempo 2 minutos ocho replicas C_A

Según la figura 4.12, se puede observar el control de temperatura en función con el tiempo de 2 minutos de las ocho replicas, concluyendo que existe un solo tramo dentro de la regresión lineal; donde el periodo promedio de variación de temperatura inicia en (85,40) °C, siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de (83,50)°C.

En la figura 4.13 se muestra el control de temperatura de las ocho repeticiones en función del tiempo de 3 minutos para el calorímetro C_A.

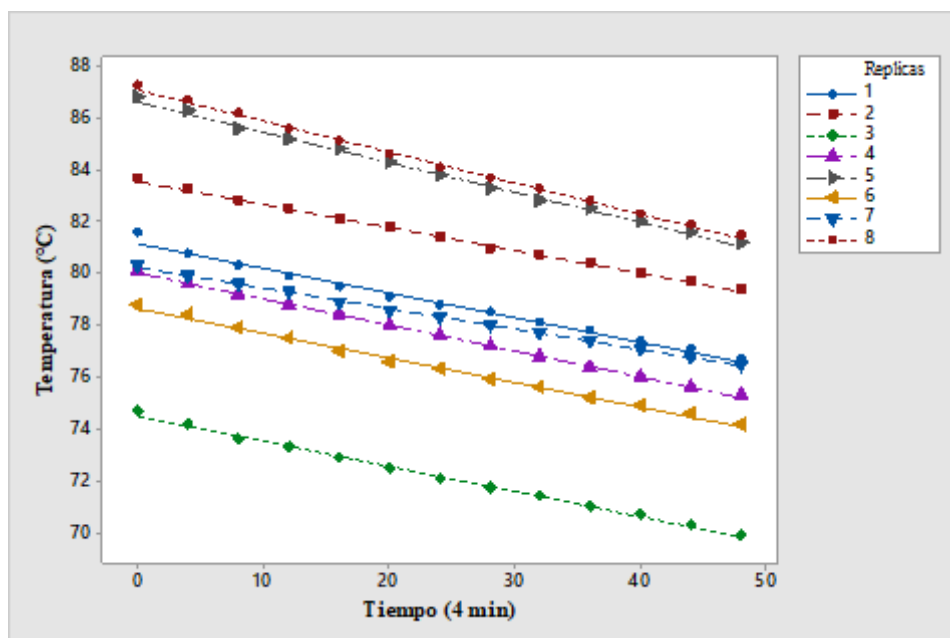


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13: Control de temperatura en función del tiempo 3 minutos ocho replicas C_A

Según la figura 4.13, se puede observar el control de temperatura en función con el tiempo de 3 minutos de las ocho replicas, concluyendo que existe un solo tramo dentro de la regresión lineal; donde el periodo promedio de variación de temperatura inicia en (85,60) °C, siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de (77,80) °C.

En la figura 4.13 se muestra el control de temperatura de las ocho repeticiones en función del tiempo de 4 minutos para el calorímetro C_A.

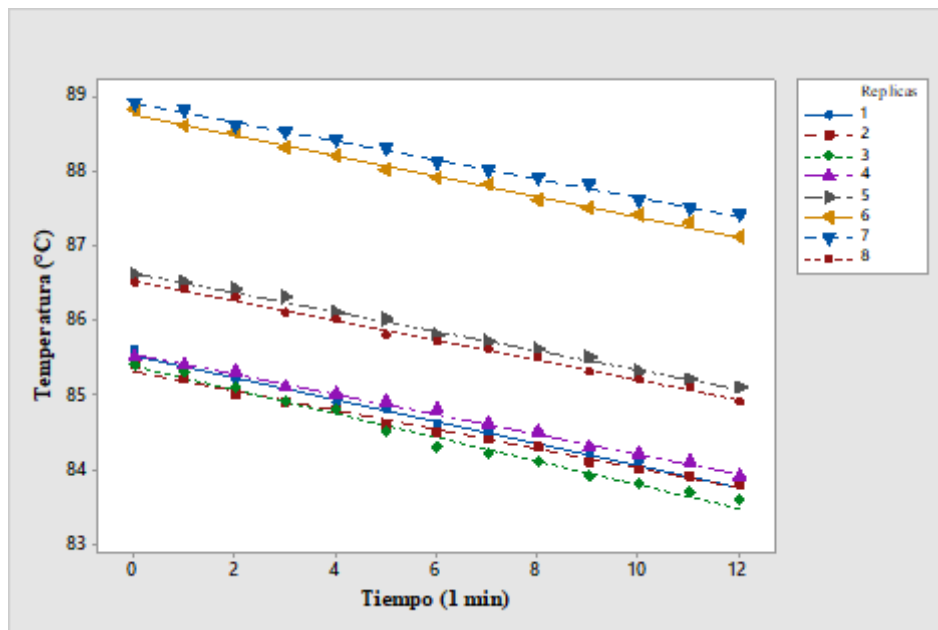


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.14: Control de temperatura en función del tiempo 4 minutos ocho replicas C_A

Según la figura 4.14, se puede observar el control de temperatura en función con el tiempo de cuatro 4 de las ocho replicas, concluyendo que existe un solo tramo dentro de la regresión lineal; donde el periodo promedio de variación de temperatura inicia en $(81,20)^\circ\text{C}$, siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de $(76,70)^\circ\text{C}$.

En la figura 4.15 se muestra el control de temperatura de las ocho repeticiones en función del tiempo de 1 minuto para el calorímetro C_B .

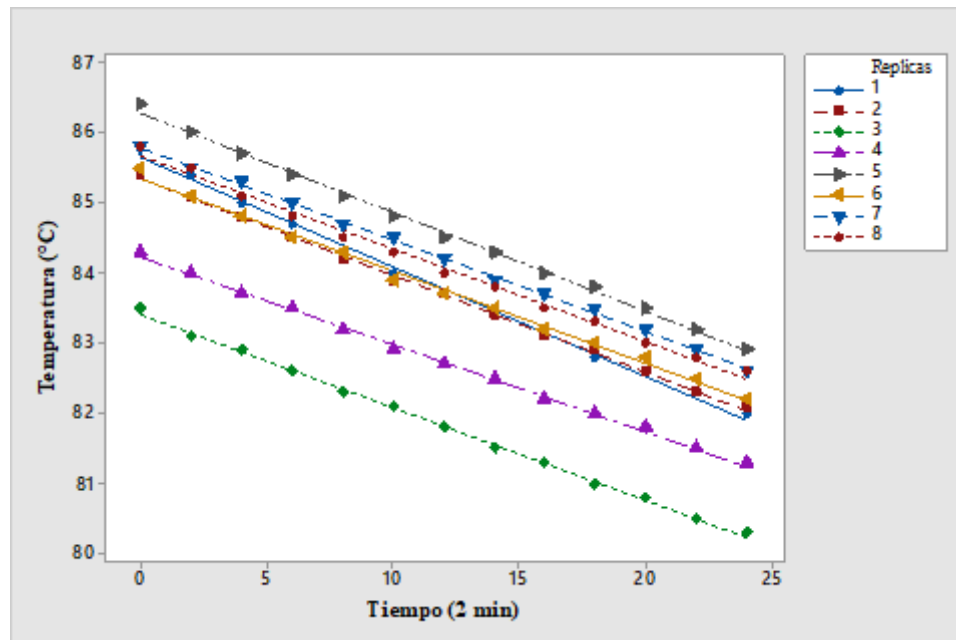


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15: Control de temperatura en función del tiempo 1 minuto ocho replicas C_B

Según la figura 4.15, se puede observar el control de temperatura en función con el tiempo de 1 minuto de las ocho replicas, concluyendo que existe un solo tramo dentro de la regresión lineal; donde el periodo promedio de variación de temperatura inicia en (87,30 °C), siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de (86,60 °C).

En la figura 4.16 se muestra el control de temperatura de las ocho repeticiones en función del tiempo de 2 minutos para el calorímetro C_B .

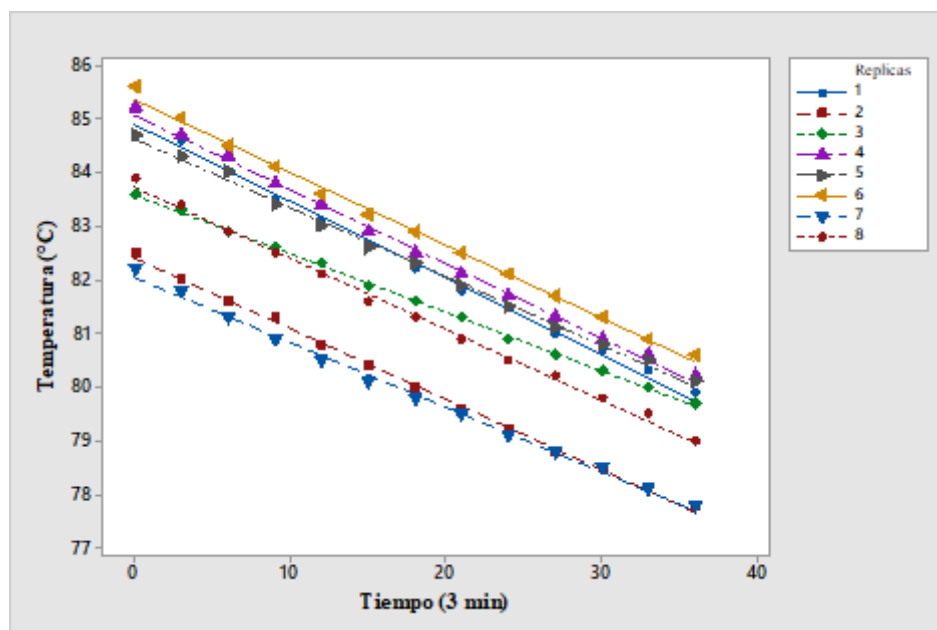


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16: Control de temperatura en función del tiempo 2 minutos ocho replicas C_B

Según la figura 4.16, se puede observar el control de temperatura en función con el tiempo de dos minutos de las ocho replicas, concluyendo que existe un solo tramo dentro de la regresión lineal; donde el periodo promedio de variación de temperatura inicia en (81,20 °C), siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de (76,70 °C).

En la figura 4.17, se muestra el control de temperatura de las ocho repeticiones en función del tiempo de 3 minutos para el calorímetro C_B .

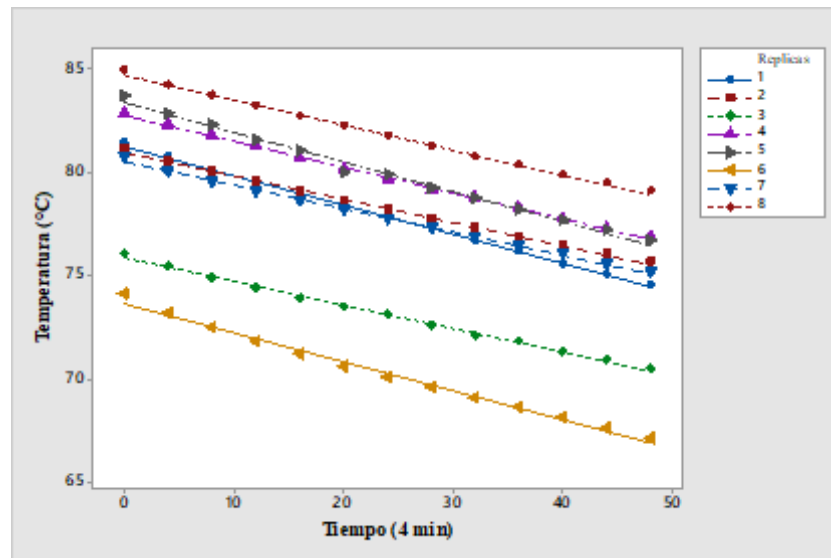


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17: Control de temperatura en función del tiempo 3 minutos ocho réplicas C_B

Según la figura 4.17, se puede observar el el control de temperatura en función con el tiempo de tres minutos de las ocho replicas, concluyendo que existe una sola regresión lineal; donde el periodo promedio de variación de temperatura inicia en (84,30) °C, siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de (82,70) °C.

En la figura 4.18, se muestra el control de temperatura de las ocho repeticiones en función del tiempo de 4 minutos para el calorímetro C_B .



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18: Control de temperatura en función del tiempo 4 minutos ocho replicas C_B

Según la figura 4.18, se puede observar el control de temperatura en función con el tiempo de cuatro 4 de las ocho replicas, concluyendo que existe una sola regresión lineal; donde el periodo promedio de variación de temperatura inicia en (79,20) °C, siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de (73,70) °C.

De acuerdo al control de temperatura en función del tiempo de las ocho repeticiones y observando su regresión lineal, se tomó en cuenta el tiempo de un minuto para el control de la temperatura de pérdida de calor de ambos calorímetros ya que esta es constante y gradualmente.

4.5 Comparación del control de temperatura en función del tiempo constante de un minuto de los calorímetros C_A y C_B

Para realizar una comparación del control de temperatura en función de un minuto, se procedió a realizar dos repeticiones para cada calorímetro con la finalidad de obtener un resultado más preciso y exacto.

En la tabla 4.5, se muestran los resultados obtenidos de temperatura en función del tiempo constante del calorímetro C_A y C_B de datos extraídos de (Anexo E).

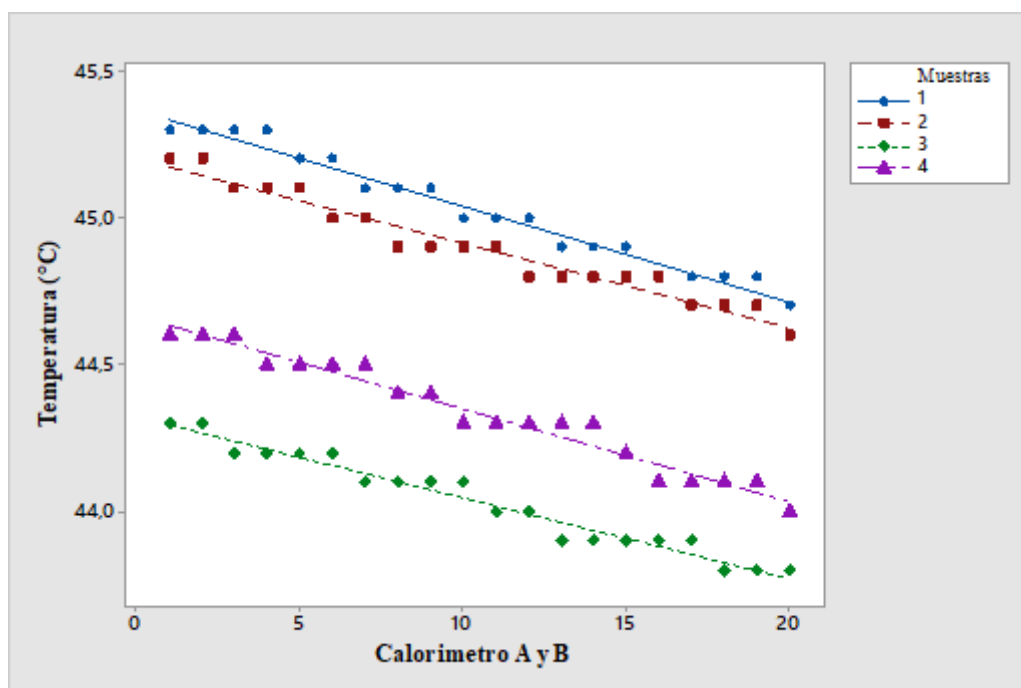
Tabla 4.5

Control de tiempo y temperatura de ambos calorímetros C_A y C_B

Tiempo	Muestras			
	250ml		500ml	
	1	2	3	4
1	45,3	45,2	44,3	44,6
2	45,3	45,2	44,3	44,6
3	45,3	45,1	44,2	44,6
4	45,3	45,1	44,2	44,5
5	45,2	45,1	44,2	44,5
6	45,2	45,0	44,2	44,5
7	45,1	45,0	44,1	44,5
8	45,1	44,9	44,1	44,4
9	45,1	44,9	44,1	44,4
10	45,0	44,9	44,1	44,3
11	45,0	44,9	44,0	44,3
12	45,0	44,8	44,0	44,3
13	44,9	44,8	43,9	44,3
14	44,9	44,8	43,9	44,3
15	44,9	44,8	43,9	44,2
16	44,8	44,8	43,9	44,1
17	44,8	44,7	43,9	44,1
18	44,8	44,7	43,8	44,1
19	44,8	44,7	43,8	44,1
20	44,7	44,6	43,8	44,0

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.19, se muestra la comparación del control de temperatura de dos repeticiones en función del tiempo de un minuto del calorímetro C_A y C_B , de datos extraídos la tabla 4.5.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19: Comparación de control de temperatura en función del tiempo de un minuto del calorímetro C_A y C_B

Según la figura 4.19, se puede observar la comparación del control de temperatura en función del tiempo de un minuto del calorímetro C_A y C_B , concluyendo que existe una sola regresión lineal para ambos; donde el periodo promedio de variación de temperatura inicia en (45,30) °C, siendo relativamente constante hasta que la temperatura alcance el valor de (43,00) °C.

4.6 Determinación del calor específico o constante K_A y K_B de los calorímetros C_A y C_B

Para la determinación de constante k del calorímetro C_A y C_B . Donde la transferencia de calor desde la masa de agua a mayor temperatura provoca un aumento de la temperatura del agua más fría. De esta forma se obtiene el cambio de temperatura (ΔT). Aplicando las ecuaciones deducidas anteriormente se obtiene la constante del calorímetro K_A y K_B .

En la tabla 4.6, se muestran los datos para la determinación de constante K_A del calorímetro C_A .

Tabla 4.6

Datos para la determinación de la constante K_A del calorímetro C_A

Replicas	Masa de agua fría en g m_1	Temperatura $^{\circ}\text{C}$ T_1	Masa de agua caliente en g m_2	Temperatura $^{\circ}\text{C}$ T_2	Temperatura de equilibrio $^{\circ}\text{C}$ T_e	Calor específico del agua $\text{Cal/g } ^{\circ}\text{C}$ C_p
1	112,71	21,00	100,85	70,00	44,40	1,00
2	110,49	21,00	100,58	70,00	44,70	1,00
3	109,50	21,00	100,03	70,30	44,80	1,00
4	115,00	21,00	100,09	70,20	44,20	1,00
5	105,10	20,00	100,08	70,50	44,90	1,00
6	107,80	20,00	100,07	70,80	44,50	1,00
7	108,80	20,00	100,00	70,50	44,60	1,00
8	112,08	20,00	100,18	70,50	44,10	1,00
9	107,42	18,00	100,55	70,80	44,00	1,00
10	104,72	18,00	100,60	70,40	44,20	1,00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.7, se muestran los valores de la constante K_A del calorímetro C_A y el error porcentual en la medición.

Tabla 4.7

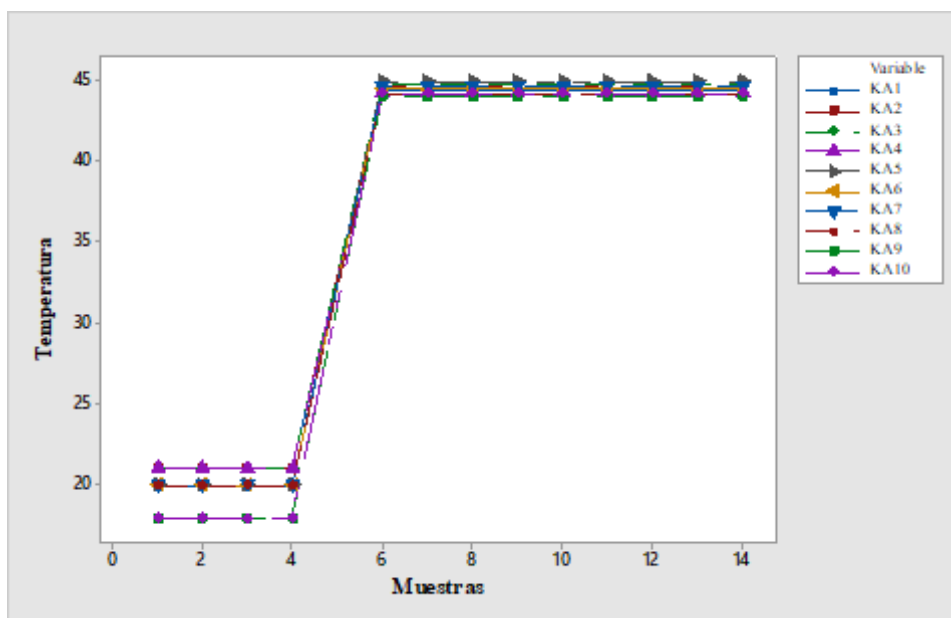
Constante K_A del calorímetro C_A

Medición	Constante del calorímetro K_A	Error absoluto e	Error relativo	Error porcentual
1	2,37	1,09	0,06	6,30
2	3,12	0,34	0,06	6,30
3	3,58	0,12	0,06	6,30
4	3,94	0,48	0,06	6,30
5	4,21	0,75	0,06	6,30
6	3,65	0,19	0,06	6,30
7	3,51	0,05	0,06	6,30
8	2,34	1,12	0,06	6,30
9	3,77	0,31	0,06	6,30
10	4,12	0,66	0,06	6,30
Promedio	3,46	0,22	0,06	6,30

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.7, se puede observar el promedio de los resultados obtenidos de los valores de la constante K_A del calorímetro C_A : constante 3,46 Cal; error absoluto 0,22; error relativo 0,06 y el error porcentual 6,30%.

En la gráfica 4.20 se muestra el control de la temperatura de equilibrio del calorímetro C_A de 10 mediciones de datos extraídos de la tabla 4.6.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.20: Control de temperatura del calorímetro C_A de 10 mediciones

Según la figura 4.19, se puede observar el control de la temperatura de equilibrio del calorímetro C_A , donde la temperatura inicial se encuentra entre (18,00-21,00) °C y temperatura de equilibrio entre (44,20-44,90) °C que alcanzaron las 10 mediciones para la determinación de las constantes K_A .

En la tabla 4.8, se muestran los datos para la determinación de constante K_B del calorímetro C_B .

Tabla 4.8
Datos para la determinación de la constante K_B del calorímetro C_B

Replicas	Masa de agua fría en g m_1	Temperatura °C T_1	Masa de agua caliente en g m_2	Temperatura °C T_2	Temperatura de equilibrio °C T_e	Calor específico del agua Cal/g °C C_p
1	100,87	21,00	90,50	70,00	45,30	1,00
2	100,65	21,00	90,45	70,00	45,10	1,00
3	100,40	21,00	90,02	70,30	45,00	1,00
4	100,10	21,00	90,20	70,20	45,80	1,00
5	100,18	20,00	90,62	70,50	45,70	1,00
6	100,68	20,00	90,15	70,80	45,40	1,00
7	100,20	22,00	90,80	70,00	45,50	1,00
8	100,50	22,00	90,50	70,80	45,90	1,00
9	100,40	18,00	90,10	70,00	45,00	1,00
10	100,00	18,00	90,00	70,00	44,91	1,00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.9, se muestran los valores de la constante K_B del calorímetro C_B y el error porcentual en la medición.

Tabla 4.9

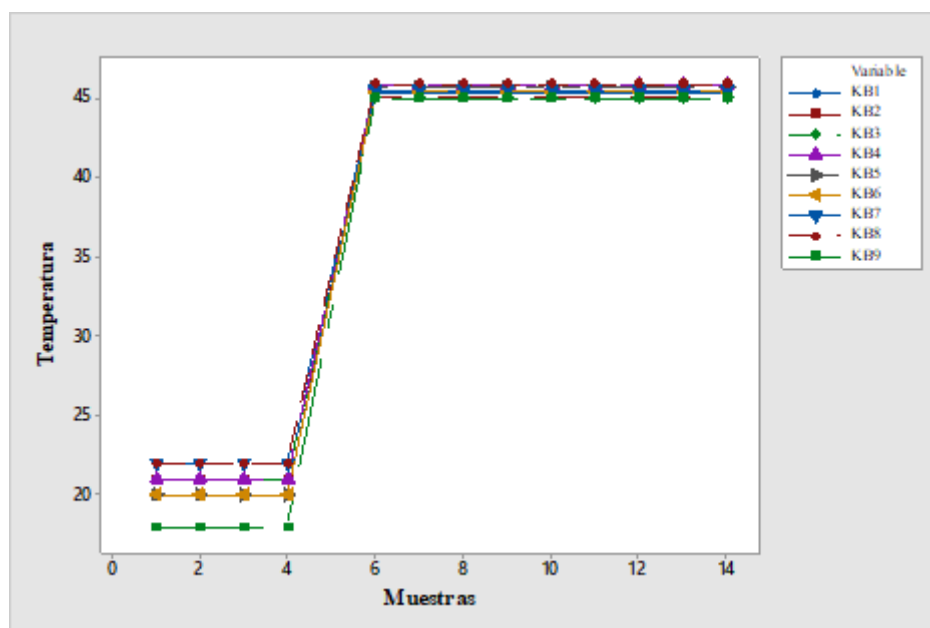
Constante K_B del calorímetro C_B

Medición	Constante del calorímetro K_B	Error absoluto e	Error relativo	Error porcentual
1	8,28	0,85	0,02	2,29
2	7,20	0,23	0,02	2,29
3	5,50	1,93	0,02	2,29
4	6,34	1,09	0,02	2,29
5	7,28	0,15	0,02	2,29
6	6,98	0,45	0,02	2,29
7	8,34	0,91	0,02	2,29
8	6,56	0,87	0,02	2,29
9	9,97	2,54	0,02	2,29
10	7,83	0,40	0,02	2,29
Promedio	7,42	0,17	0,02	2,29

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.9, se puede observar el promedio de los resultados obtenidos de los valores de la constante K_B del calorímetro C_B : constante 7,42 cal; error absoluto 0,17; error relativo 0,02 y el error porcentual 2,29%.

En la gráfica 4.21, se muestra el control de la temperatura de equilibrio del calorímetro C_B de las 10 mediciones en base a los datos 4.8.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21: Control de temperatura del calorímetro C_B de las 10 mediciones

Según la figura 4.21, se puede observar el control de la temperatura de equilibrio del calorímetro C_B , donde la temperatura inicial se encuentra entre (18,00-21,00) °C y temperatura de equilibrio entre (44,91-45,90) °C que alcanzaron las 10 mediciones para la determinación de las constantes K_B .

4.7 Determinación del calor específico de las dos variedades de frutilla

Para la determinación del calor específico de las dos variedades de frutilla se tomó en cuenta la constante de los calorímetros A y B.

4.7.1 Determinación del calor específico de la frutilla variedad *San Andrea* en el calorímetro C_A y C_B

En la tabla 4.10, se muestran los valores del calor específico de la frutilla variedad *San Andrea* en el calorímetro C_A .

Tabla 4.10

Calor específico de la frutilla variedad *San Andrea* Calorímetro C_A

Variedad <i>San Andrea</i>	
Medición	Calor específico
1	0,83
2	0,91
3	0,94
4	0,82
5	0,99
6	0,82
7	0,86
8	0,92
9	0,89
10	0,87
11	0,92
12	0,90
Promedio	0,89

Fuente: Elaboración propia

En tabla 4.10, se puede observar una variación en la medición del calor específico de la frutilla variedad *San Andrea* y su valor promedio es de 0,89 cal/g°C.

En la tabla 4.11, se muestran los valores del calor específico de la frutilla variedad *San Andrea* en el calorímetro C_B .

Tabla 4.11

Calor específico de la frutilla variedad *San Andrea* Calorímetro C_B

Variedad <i>San Andrea</i>	
Medición	Calor específico Cp
1	0,88
2	0,82
3	0,90
4	0,94
5	0,70
6	0,90
7	0,87
8	0,98
9	0,88
10	0,97
11	0,96
12	0,81
Promedio	0,88

Fuente: Elaboración propia

En tabla 4.11, se puede observar una variación en la medición del calor específico de la frutilla variedad *San Andrea* y su valor promedio es de 0,88 cal/g°C.

4.7.2 Determinación del calor específico de la frutilla variedad *Macarena* en el calorímetro C_A y C_B

En la tabla 4.12, se muestran los valores del calor específico de la frutilla variedad *Macarena* en el calorímetro C_A.

Tabla 4.12

Calor específico de la frutilla variedad *Macarena* Calorímetro C_A

Variedad <i>Macarena</i>	
Medición	Calor específico Cp
1	0,98
2	0,97
3	0,99
4	0,99
5	0,99
6	0,87
7	0,78
8	0,98
9	0,90
10	0,84
11	0,96
12	0,99
Promedio	0,94

Fuente: Elaboración propia

En tabla 4.12, se puede observar una variación en la medición del calor específico de la frutilla variedad *Macarena* y su valor promedio es de 0,94 cal/g°C.

En la tabla 4.13, se muestran los valores del calor específico de la frutilla variedad *Macarena* en el calorímetro C_B.

Tabla 4.13

Calor específico de la frutilla variedad *Macarena* Calorímetro C_B

Variedad <i>Macarena</i>	
Medición	Calor específico Cp
1	0,99
2	0,92
3	0,99
4	0,98
5	0,85
6	0,71
7	0,89
8	0,95
9	0,95
10	0,98
11	0,99
12	0,99
Promedio	0,93

Fuente: Elaboración propia

En tabla 4.13, se puede observar una variación en la medición del calor específico de la frutilla variedad *Macarena* y su valor promedio es de 0,93 cal/g°C.

4.8 Determinación del calor específico mediante ecuaciones matemáticas

Según (Lewis, 1993), manifiesta que: si se conoce la composición fisicoquímica del alimento se puede utilizar para calcular las capacidades caloríficas, como se detalla en la ecuación 4.1 de la tal forma en el presente trabajo se determinó el Cp de de la frutilla:

$$C_p = X_w C_w + X_c C_c + X_p C_p + X_A C_A + X_F C_F \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Donde:

X_w = Fracción en peso del agua

X_c = Fracción en peso de carbohidratos

X_P = Fracción en peso de proteína

X_F = Fracción en peso de grasa

X_A = Fracción en peso de cenizas

Las capacidades caloríficas en función a la composición fisicoquímica de los alimentos se detallan en la tabla 4.14.

Tabla 4.14

Capacidades caloríficas en función a la composición de los alimentos

Calor específico	Valor 1 KJ/Kg°C	Valor 2 KJ/Kg°C
C_W (agua)	4,18	4,18
C_C (carbohidratos)	1,40	1,22
C_P (proteína)	1,60	1,90
C_F (grasa)	1,70	1,90
C_A (ceniza)	0,80	-

Fuente: Lewis, 1993

En la tabla 4.15, se observa los resultados de la composición fisicoquímica de la frutilla variedad *San Andrea* de datos extraídos de Anexo A.

Tabla 4.15

Resultados de la composición fisicoquímica de frutilla (*San Andrea*)

Composición	Unidad	Valor
Cenizas	%	0,48
Materia grasa	%	0,06
Hidratos de carbono	%	8,17
Humedad	%	90,03
Proteína total	%	0,76

Fuente: CEANID, 2023

Para la determinación del calor específico de la frutilla C_p , se tomó en cuenta la ecuación 4.23, citado por (Lewis, 1993):

Según el S.I (Sistema Internacional de Unidades) el valor de 1 KJ = 0,23884 Kcal mencionado por (Marques & Marcal, 1991).

$$C_p = X_W C_W + X_C C_C + X_P C_P + X_F C_F + X_A C_A$$

$$C_p = 0,9003*0,9983512 + 0,0817*0,334376 + 0,0076*0,382144 + 0,006*0,406028 + 0,0048*0,191072$$

$C_p = 0,96$ Kcal/Kg°C calor específico de la frutilla (*San Andrea*)

En la tabla 4.16, se observa los resultados de la composición fisicoquímica de la frutilla variedad *Macarena* de datos extraídos de Anexo A.

Tabla 4.16

Resultados de la composición fisicoquímica de frutilla (*Macarena*)

Composición	Unidad	Valor
Cenizas	%	0,27
Materia grasa	%	0,09
Hidratos de carbono	%	7,38
Humedad	%	90,48
Proteína total	%	0,84

Fuente: CEANID, 2023

Para la determinación del calor específico de la frutilla C_p , se tomó en cuenta la ecuación 4.23, citado por (Lewis, 1993):

Según el S.I (Sistema Internacional de Unidades) el valor de 1 KJ = 0,23884 Kcal mencionado por (Marques & Marcal, 1991).

$$C_p = X_W C_W + X_C C_C + X_P C_P + X_F C_F + X_A C_A$$

$$C_p = 0,9048*0,9983512 + 0,0738*0,334376 + 0,0084*0,382144 + 0,009*0,406028 + 0,0027*0,191072$$

$C_p = 0,99$ Kcal/Kg°C calor específico de la frutilla (*Macarena*)

4.9 Diseño de bloque completamente al azar aplicado durante las mediciones para el factor calor específico de las dos variedades de frutillas en los calorímetros C_A y C_B

Observando la variabilidad de las diferentes mediciones del calor específico de las frutillas, se desea conocer estadísticamente la variabilidad producida por las dos variedades de frutilla en esta etapa, para lo cual se aplica un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), donde se consideran dos fuentes de variabilidad: el factor de tratamientos (variedad) y el factor bloque (mediciones), es decir se tienen dos

posibles culpables de la variabilidad presente en el factor de interés; con objeto de saber si el calor específico medido de ambas variedades son iguales o tienen diferencia.

4.9.1 Diseño DBCA aplicado durante las mediciones de las dos variedades de frutilla en el calorímetro C_A

En la tabla 4.17, se muestran los resultados del análisis de varianza de la variable respuesta es el calor específico de las variedades de frutilla (*San Andrea* y *Macarena*) con ocho mediciones para cada una en el calorímetro C_A , en total se tienen dieciséis datos de calor específico.

Tabla 4.17

Diseño de bloques completamente al azar aplicado durante las mediciones para el factor calor específico en el calorímetro C_A

CA	Mediciones								
Variedad	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
A	0,99	0,85	0,97	0,89	0,92	0,89	0,97	0,89	7,37
B	0,95	0,93	0,87	0,89	0,97	0,99	0,95	0,88	7,43
Total	1,94	1,78	1,84	1,78	1,89	1,88	1,92	1,77	14,8

Fuente: Elaboración propia

4.9.1.1 Análisis de varianza para el factor calor específico aplicado durante las mediciones en el calorímetro C_A

En la tabla 4.18, se muestran los resultados del análisis de varianza de la variable respuesta calor específico durante las mediciones, de acuerdo a los datos obtenidos de la tabla 4.17.

Tabla 4.18

Análisis de varianza de la variable respuesta calor específico durante las mediciones en el calorímetro C_A

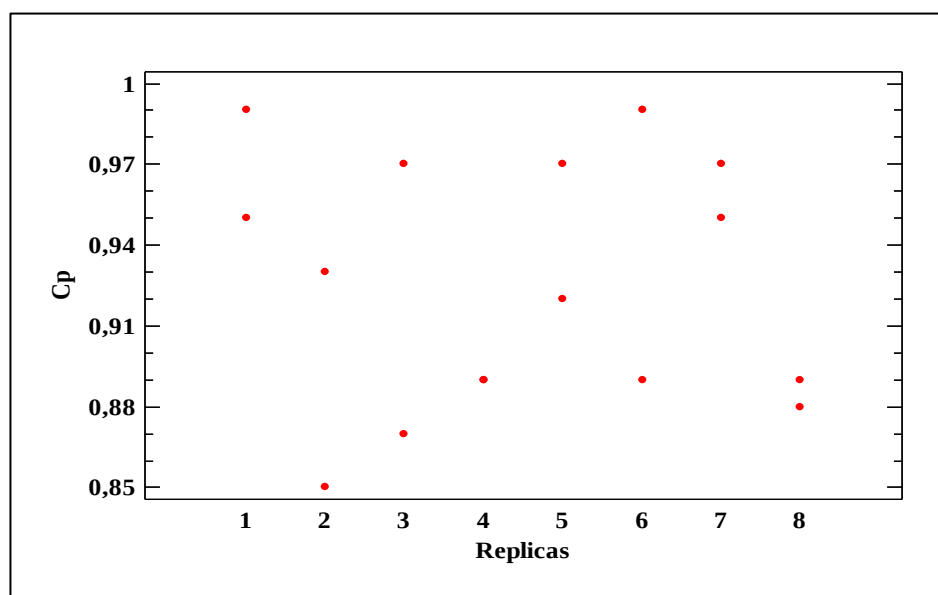
Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Mediciones	0,015900	7	0,00227143	1,04	0,4796
B: Variedad	0,000225	1	0,00022500	0,10	0,7575
Residuo	0,015275	7	0,00218214		
Total (corregido)	0,031400	15			

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.18, presenta el análisis de varianza de DBCA para el factor calor específico en las dos variedades de frutilla, aplicado durante las mediciones; utilizando un nivel

de significancia ($\alpha=0,05$), el valor crítico de la distribución de Fisher es $F=0,7575$. Puesto que ($F_{cal}=0,10 < F_{tab}=0,75$) se acepta la hipótesis planteada para el factor B y se acepta que ningún bloque es diferente y no se ve afectado en relación a la variable respuesta para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$. Sin embargo, para ($F_{cal}=1,04 > F_{tab}=0,4794$) se rechaza la hipótesis planteada por el factor A y se acepta que al menos un par de mediciones son diferentes para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

En la figura 4.22, se muestra la gráfica de dispersión por código de nivel.

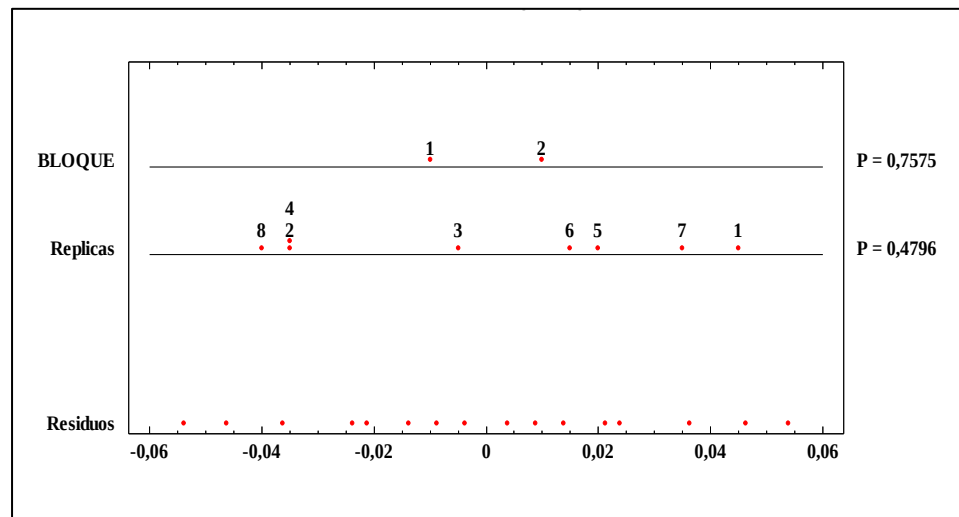


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.22: Gráfico de dispersión por código de nivel

Según la figura 4.22, se observa la dispersión de las dieciséis réplicas de mediciones del calor específico de las dos variedades de frutilla en calorímetro C_A se encuentran entre los valores (0,85 – 0,99) Cal/g °C.

En la gráfica 4.25, se muestra el gráfico de ANOVA para el factor calor específico.

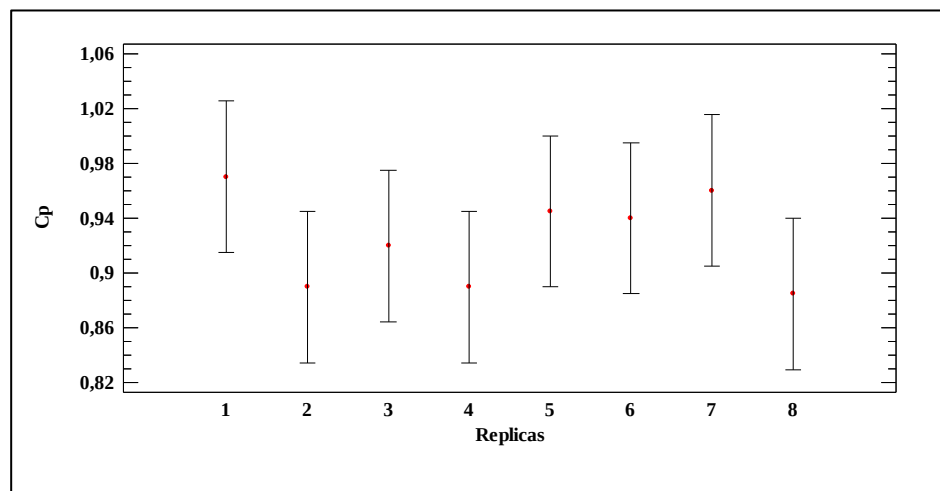


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23: Gráfico de ANOVA para el factor calor específico

Según la figura 4.23, se observa los bloques y réplicas del calor específico de las dos variedades de frutilla en calorímetro C_A se cumple al caer los puntos más o menos en la línea recta.

En la figura 4.24, se muestra el grafico de medias de Fisher para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ para el factor calor específico.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.24: Gráfico de medias de Fisher para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$

Según la figura 4.24, se observa las medias de Fisher para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ donde los intervalos de confianza no se traslapan por lo cual las respuestas medias los tratamientos no son iguales estadísticamente para las réplicas.

4.9.2 Diseño DBCA durante las mediciones de las dos variedades de frutilla en el calorímetro C_B

En la tabla 4.19, se muestran los resultados del análisis de varianza de la variable respuesta es el calor específico de las variedades de frutilla (*San Andrea* y *Macarena*) con ocho mediciones para cada una en el calorímetro C_B, en total se tienen dieciséis datos de calor específico.

Tabla 4.19

Diseño de bloques completamente al azar aplicado durante las mediciones para el factor calor específico en el calorímetro C_B

CB	Mediciones								
Variedad	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
A	0,96	0,99	0,99	0,89	0,88	0,97	0,98	0,99	7,65
B	0,89	0,94	0,78	0,90	0,84	0,98	0,88	0,97	7,18
Total	1,85	1,93	1,77	1,79	1,72	1,95	1,86	1,96	14,83

Fuente: Elaboración propia

4.9.2.1 Análisis de varianza para el factor calor específico durante las mediciones en el calorímetro C_B

En la tabla 4.20 se muestran los resultados del análisis de varianza de la variable respuesta calor específico durante las mediciones, de acuerdo a los datos obtenidos de la tabla 4.19.

Tabla 4.20

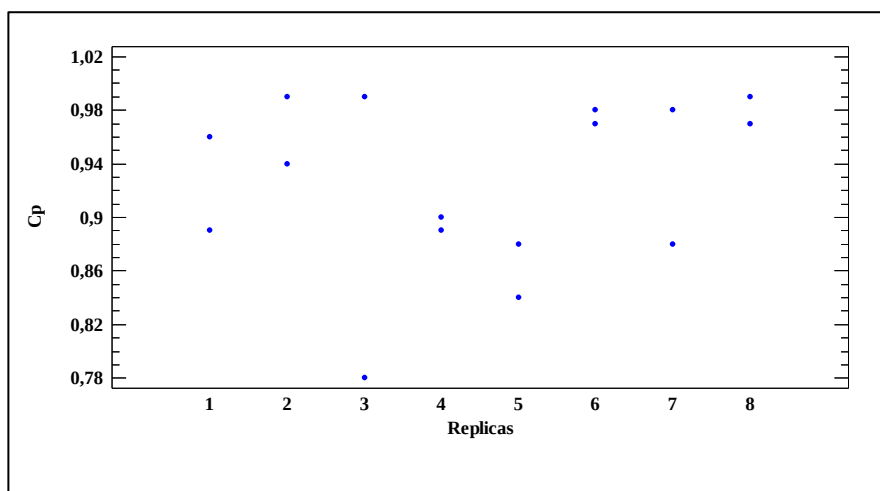
Análisis de varianza de la variable respuesta calor específico durante las mediciones en el calorímetro C_B

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Mediciones	0,0276937	7	0,00395625	1,53	1,9229
B: Variedad	0,0138062	1	0,01380620	5,36	0,0538
Residuos	0,0180437	7	0,00257768		
Total (corregido)	0,0595437	15			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.20, presenta el análisis de varianza de DBCA para el factor calor específico en las dos variedades de frutilla, aplicado durante las mediciones; utilizando un nivel de significancia ($\alpha=0,05$), el valor crítico de la distribución de Fisher es $F=0,0538$. Puesto que ($F_{cal}=1,53 < F_{tab}=1,9229$) se acepta la hipótesis planteada por el factor B y se acepta que ningún bloque es diferente en cuanto al factor calor específico. Así mismo, para el factor A ($F_{cal}=5,36 > F_{tab}=0,0538$) se rechaza la hipótesis planteada por el factor A y se acepta que al menos un par de mediciones son diferentes para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

En la figura 4.25, se muestra la gráfica de dispersión por código del nivel.

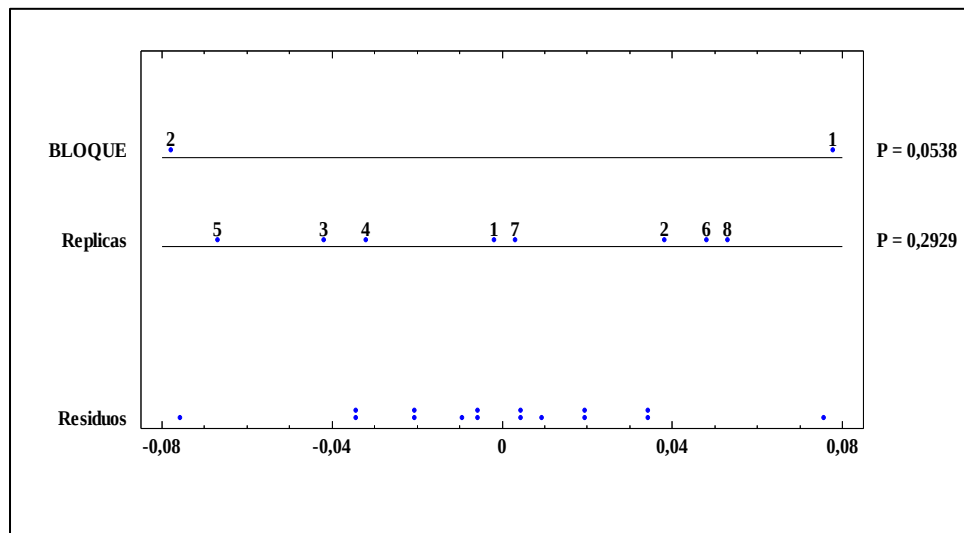


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.25: Gráfico de dispersión por código de nivel

Según la figura 4.25, se observa la dispersión de las dieciséis réplicas de mediciones del calor específico de las dos variedades de frutilla en calorímetro C_B se encuentran entre los valores (0,84 – 0,99) Cal/g °C.

En la figura 4.26, se muestra el gráfico de ANOVA para el factor calor específico

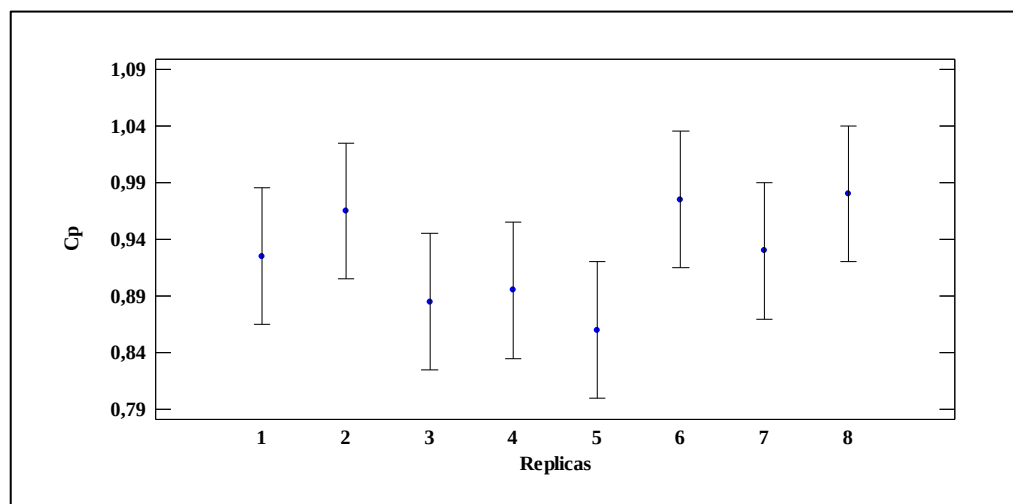


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.26: Gráfico de ANOVA para el factor calor específico

Según la figura 4.26, se observa los bloques y réplicas del calor específico de las dos variedades de frutilla en calorímetro C_B se cumple al caer los puntos más o menos en la línea recta.

En la figura 4.27, se muestra el gráfico de medias de Fisher para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ para el factor calor específico.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.27: Gráfico de medias de Fisher para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$

Según la figura 4.27, se observa las medias de Fisher para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ donde los intervalos de confianza no se traslapan por lo cual las respuestas medias los tratamientos no son iguales estadísticamente para las réplicas.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Realizado el análisis fisicoquímico de la frutilla variedad *Macarena* se observa que presenta: fibra 0,61%; ceniza 0,27%; grasa 0,09%; humedad 90,48%; proteína total 0,84%; carbohidratos 7,38% y valor energético 37,45 Kcal/100g.
- Realizado el análisis fisicoquímico de la frutilla variedad *San Andrea* que presenta: fibra 0,54%; ceniza 0,48%; grasa 0,06%; humedad 90,03%; proteína total 0,76%; carbohidratos 8,17% y valor energético 33,26 Kcal/100g.
- Realizado la construcción de los calorímetros A y B, se observó que la pérdida de calor en ambos es mínima; ya que los materiales que se utilizaron para su revestimiento son aislantes.
- Realizado el control de temperatura versus tiempo de un minuto, dos minutos, tres minutos y cuatro minutos, se puede establecer que el tiempo de un minuto es el óptimo para el control de pérdida de temperatura en función de tiempo para la determinación de calor específico.
- Realizado la determinación de la constante del calorímetro A y B se observa que las constantes son: K_A 3,461 Cal y K_B 7,428 Cal.
- Determinado el calor específico de las dos variedades de frutilla (*Macarena* y *San Andrea*) mediante el método de calorimetría se observó que presentan: *San Andrea* 0,89 Cal/g°C y *Macarena* 0,94 Cal/g°C. Así mismo, por el método de ecuaciones matemáticas se observó que: *San Andrea* 0,96 Cal/g°C y *Macarena* 0,99 Cal/g°C.
- Aplicado el diseño experimental en la etapa de medición del calor específico se puede establecer que en el análisis de varianza de DBCA para el factor calor específico en las dos variedades de frutilla, aplicado durante las mediciones; utilizando un nivel de significancia ($\alpha=0,05$), el valor crítico de la distribución de Fisher es $F=0,7575$ Puesto que ($F_{cal}=0,10 < F_{tab}=0,75$) se acepta la hipótesis planteada para el factor B y se acepta que ningún bloque es diferente y no se ve afectado en relación a la variable respuesta para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$. Sin embargo ($F_{cal}=1,04 > F_{tab}=0,4794$) se rechaza la hipótesis planteada

par el factor A y se acepta que al menos un par de replicas son diferentes en cuanto al factor calor especifico no se ve afectado en relación a la variable respuesta para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un trabajo de investigación experimental para la determinación del calor especifico de materias primas originarias como ser: durazno, uva, tuna, ciruelo, etc en la provincia Cercado y así tener procesos más efectivos.
- Realizar el control de diferentes parámetros como ser: grados Brix y temperatura de otras variedades de frutillas en la determinación del calor especifico, con el fin de observar si son significativos o no, en dicha determinación.
- Se recomienda gestionar la adquisición de calorímetros de mezclas para la determinación de calor especifico en el Laboratorio de la Carrera Ingeniería de alimentos, de tal manera realizar una comparación con los calorímetros contruidos.