

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El tomate es una de las hortalizas de mayor importancia económica y una de las más consumidas en el mundo, tanto en forma fresca como industrializada. El arte culinario la ha consagrado a nivel internacional, y la cocina tradicional, especialmente en Bolivia, la ha convertido en la principal hortaliza de consumo de los bolivianos (Villarroel et al. 2009).

En Bolivia según la Fundación PROINPA (2022), se distinguen tres zonas de producción de tomate: los valles meso térmicos de Cochabamba, Santa Cruz y Chuquisaca; los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca, Tarija, Potosí y La Paz, y las zonas bajas de Beni, Pando, Santa Cruz, Cochabamba (Chapare) y Norte de la Paz.

En el departamento de Tarija en el año 2013 se obtuvo una producción de 7560 toneladas de tomate, cuyas zonas productoras tienen su producción en las provincias Méndez 100 toneladas, Cercado 1360 toneladas, Arce 1240 toneladas y O'Connor 360 toneladas, aunque hay alguna producción en las provincias Gran Chaco con 1480 toneladas y Avilez 3020 toneladas (Baldiviezo, 2018).

Los alimentos, a diferencia de otros productos son materiales de naturaleza compleja, en base al número de componentes orgánicos estructurales y de inclusión que son causantes de la variabilidad de las propiedades termofísicas (Salamanca, 2012).

Las propiedades térmicas de alimentos y bebidas se deben de conocer para desarrollar los cálculos de transferencia de calor involucrados en el diseño del almacén y equipos de refrigeración; también son necesarios para estimar procesos de calentamiento, refrigeración, congelamiento o secado de alimentos y bebidas. Porque las propiedades térmicas de alimentos y bebidas dependen fuertemente de la composición química y la temperatura, también por la alta disponibilidad de los mismos es casi imposible determinarlas y tabularlas experimentalmente para todas las posibles condiciones y composiciones (Ferroice, 2016).

1.2 Justificación

- El calor específico es un aspecto muy importante dentro de los balances de energía; ya que son herramientas utilizadas para calcular y controlar la cantidad de energía térmica requerida en diferentes etapas de procesamiento como la cocción, escaldado, enfriamiento de alimentos, etc.
- La determinación del calor específico en los alimentos es fundamental desde un punto de vista tecnológico, lo que permitirá el desarrollo de procesos más eficientes en la producción, procesamiento y conservación de alimentos.
- La determinación del calor específico del tomate permitirá ampliar el conocimiento sobre sus propiedades térmicas, para su utilización en otros trabajos de investigación que requieran de esta información.
- Los alimentos, incluso dentro de una misma especie, presentan variaciones en su composición química según la variedad, el grado de madurez, el contenido de agua, y las condiciones de cultivo. Estas diferencias influyen directamente en sus propiedades térmicas, como el calor específico.

1.3 Objetivos

Los objetivos planteados en la realización del presente trabajo de investigación se detallan a continuación:

1.3.1 Objetivo general

Aplicar la metodología de mezclas mediante calorimetría en tomate (*Platense* y *Perita*) con la finalidad de determinar su calor específico.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las dos variedades de tomate con el fin de obtener información sobre su composición nutricional.
- Determinar la constante de ambos calorímetros con el objetivo de compensar las pérdidas de calor que se producen durante la medición del calor específico.

- Aplicar modelos teóricos para estimar el calor específico, con el propósito de respaldar y validar los resultados experimentales en función de la fundamentación teórica aplicada.
- Aplicar un diseño experimental con el objetivo de identificar los factores que ejercen mayor influencia en la determinación del calor específico.
- Comparar los métodos experimentales con los modelos teóricos para analizar las diferencias en la determinación del calor específico.

1.4 Planteamiento del problema

El tomate es uno de los productos agrícolas más utilizados en la industria alimentaria, tanto en su estado fresco como procesado. Sin embargo, su composición física y química puede variar considerablemente entre diferentes variedades, como el tomate *Perita* y el *Platense*, afectando propiedades fundamentales como el calor específico. Esta propiedad térmica es crucial en el diseño y control de procesos tecnológicos que implican transferencia de calor, como la cocción, pasteurización, escaldado o deshidratación, etc. Por tanto, se vuelve necesario estudiar y comparar el calor específico de diferentes variedades de tomate, utilizando técnicas experimentales accesibles como la calorimetría de mezclas.

1.5 Formulación del problema

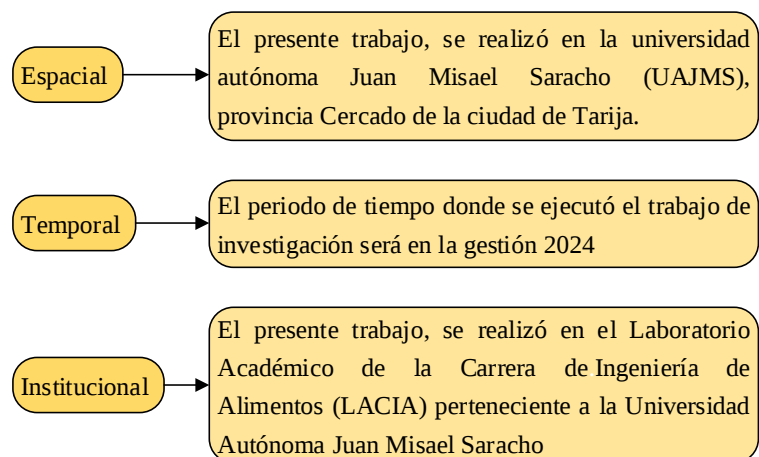
¿La aplicación de la metodología de mezclas en calorimetría a nivel experimental permitirá determinar el calor específico en las dos variedades de tomate?

1.6 Objeto de estudio

Determinación del calor específico de dos variedades de tomate (*Platense* y *Perita*).

1.7 Campo de acción

El campo de acción propuesto para el siguiente trabajo de investigación, se muestra en la Figura 1.1:



Fuente: Elaboración propia

Figura 1.1: Campo de acción

1.8 Hipótesis

La aplicación de la metodología de mezclas en calorimetría a nivel experimental si permitirá determinar el calor específico en las dos variedades de tomate

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Calor

Calor se define en termodinámica como la cantidad de energía que fluye a través de los límites entre el sistema y el medio, como consecuencia de una diferencia de temperatura (Engel & Reid, 2007, p. 16). Según Rodríguez, (2004) el calor es una forma de transferir energía. Esa transferencia ocurre cuando hay desequilibrio térmico, es decir cuando una de las partes entre las que tiene lugar esa transferencia “está más caliente” (tiene mayor temperatura) que otras.

2.2 Calorimetría

La calorimetría 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). Sin embargo, para Jiménez, (2018) es la técnica de medición cuantitativa de intercambio de calor, donde dichas mediciones se realizan con la ayuda de un instrumento llamado calorímetro, que por lo general es un recipiente aislado que permite una pérdida de calor mínima al entorno (idealmente, ninguna). Los cálculos calorimétricos se basan en un principio básico el cual es sencillo y dice: si fluye calor entre dos cuerpos aislados de sus alrededores, el calor perdido por un cuerpo debe ser igual al ganado por el otro. El calor es transferencia de energía, así que este principio es realmente la conservación de la energía. Lo anterior significa que para un sistema aislado la suma de todos los calores ganados o perdidos en una mezcla por las sustancias involucradas debe ser cero, en otras palabras, como se muestra en la ecuación 2.1:

$$\sum Q = Q_{ganado} + Q_{perdido} = Q_1 + Q_2 \dots + Q_N = 0 \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

2.2.1 Calorímetros para la medición del calor específico

En la Figura 2.1, se muestran los calorímetros utilizados comúnmente para la medición del calor específico en alimentos y gases.

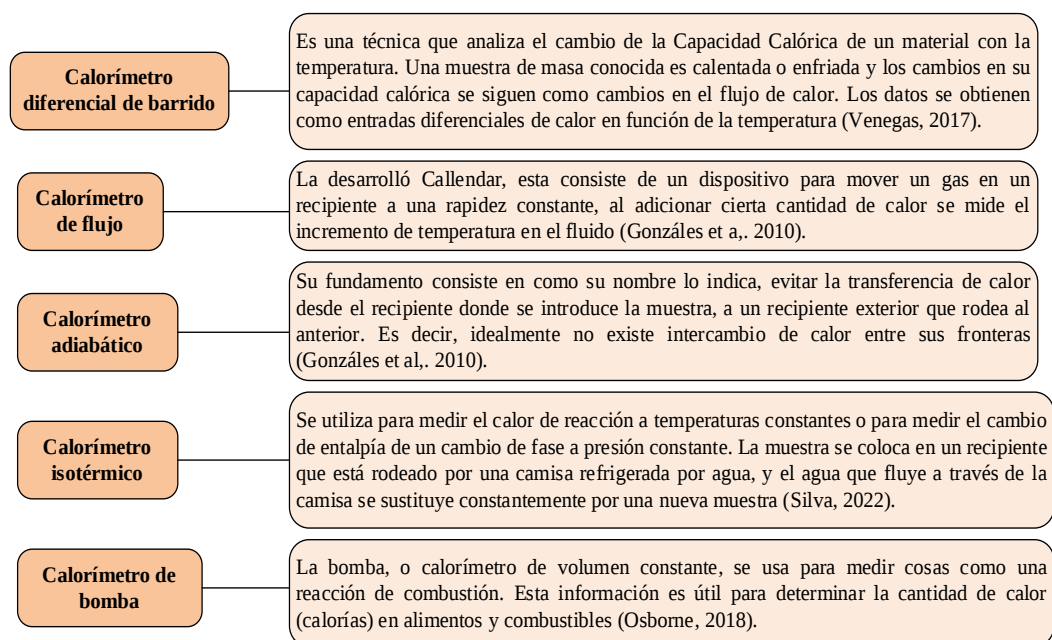


Figura 2.1: Calorímetros para la medición del calor específico

2.2.2 Calorímetro de mezclas (adiabático)

Un calorímetro de mezclas es un instrumento que se utiliza para determinar el calor específico de una sustancia, mediante la mezcla de esta sustancia con otra a diferente temperatura. El principio subyacente es la conservación de la energía: el calor perdido por la sustancia caliente es igual al calor ganado por la sustancia fría y el calorímetro (Critchley, 2017). En la Figura 2.2, se muestra la estructura del calorímetro de mezclas.

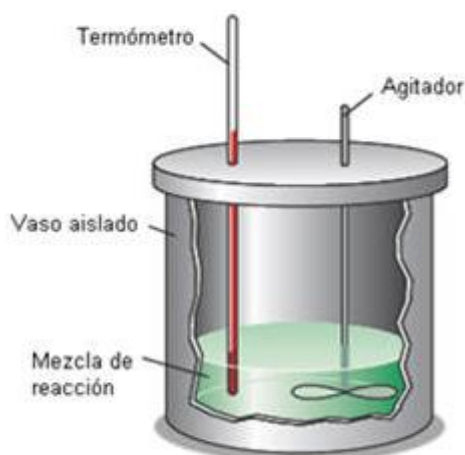


Figura 2.2: Estructura del calorímetro de mezclas

Fuente: Marcano, (2022)

2.3 Definición de calor específico

La cantidad de calor (Q) necesaria para variar la temperatura de una masa(m) de una sustancia es proporcional al cambio en su temperatura (ΔT) y a dicha masa, como se muestra en la ecuación 2.2:

$$Q = m * c * \Delta T \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Donde (c) es un coeficiente de proporcionalidad el cual se conoce como calor específico y representa la cantidad de calor necesaria para elevar en 1°C la temperatura de 1 kg de una sustancia. Las unidades del calor específico en el sistema internacional son (J/kg*K o J/kg*°C) (Jiménez. 2018). En general, esta energía depende de cómo se ejecute el proceso y es característico del tipo de sustancia. Es una propiedad intensiva pues no depende de la cantidad o el tamaño de la sustancia (Çengel y Boles, 2012, p. 178). En los alimentos el calor específico es una magnitud física que indica la capacidad de almacenar energía interna en forma de calor (Lata, 2011, p. 101).

2.3.1 Predicción del calor específico en los alimentos

Existen diferentes modelos matemáticos para la predicción del calor específico en los alimentos, algunos de estos citados por Sweat (1985), como se muestra en la Tabla 2.1.

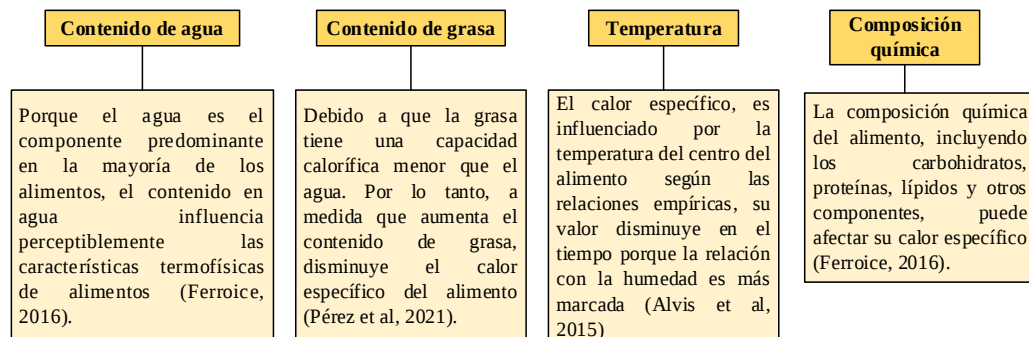
Tabla 2.1

Modelos matemáticos para predecir el calor específico en los alimentos

Modelo	Autor	Nomenclatura
$C_p = 0.837 + 3.349 * X_H$	Siebel, 1982	X _F = Fracción peso de grasa. X _S = Fracción peso de sólidos. X _H = Fracción peso de agua. T= Temperatura, °C.
$C_p = 1.200 + 3.990 * X_H$	Backstrom y Emblik, 1965	
$C_p = 1.256 + 2.931 * X_H$	Comini y Col, 1974	
$C_p = 1.381 + 2.931 * X_H$	Fikin, 1974	
$C_p = 1.382 + 2.805 * X_H$	Dominguez y Col, 1974	
$C_p = 1.400 + 3.220 * X_H$	Sharma y Thompson, 1973	
$C_p = 1.470 + 2.720 * X_H$	Lamb, 1976	
$C_p = 1.672 + 2.508 * X_H$	Riedel, 1956	
$C_p = 1.675 + 2.512 * X_H$	Dickerson, 1968	
$C_p = 2.093 * X_F + 1.256 * X_S + 4.187 * X_H$	Charman, 1971	
$C_p = 1.465 + 2.721 * X_H$	Lamb, 1976	X _W = Fracción de peso de agua X _F = Fracción peso de grasa X _P = Fracción peso de proteína X _C = Fracción peso de carbohidratos X _S = Fracción peso de solidos X _A = Fracción peso de ceniza T= Temperatura °C
$C_p = (0.5 * X_F + 0.3 * X_S + X_W) * 4.188$	Lenninger y Beverloo, 1975	
$C_p = 1.424 * X_C + 1.549 * X_P + 1.675 * X_F + 0.837 * X_A + 4.187 * X_W$	Heldman y Singh, 1981	
$C_p = 4.18 * X_W + 1.711 * X_P + 1.928 * X_F + 1.547 * X_C + 0.908 * X_A$	Choi y Okos, 1983	
$C_p = 4.190 * X_W + (1.370 + 0.0113 * T)(1 - X_W)$	Fernandez y Montes, 1972	

2.3.1 Factores que pueden afectar el calor específico en alimentos

En la Figura 2.3, se muestran los factores que pueden afectar el calor específico en los alimentos.

**Figura 2.3:** Factores que pueden afectar el calor específico en alimentos

2.3.2 Importancia de la determinación del calor específico en los alimentos

La importancia de conocer el calor específico de una sustancia es para saber la cantidad de calor que se debe suministrar o eliminar para procesos de calentamiento o enfriamiento. 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 (Sulla, 2016). Según Sáenz y Tapia (2009), el calor específico es una propiedad térmica importante de los alimentos que permite entender y controlar los procesos térmicos en la cocción, el enfriamiento y la congelación. Además, el conocimiento del calor específico es útil para el diseño y la optimización de equipos y procesos térmicos. También se utiliza en la biología y la medicina para medir la energía necesaria para elevar la temperatura de los tejidos biológicos y evaluar los efectos térmicos en la salud.

2.4 Clasificación taxonómica de la planta de tomate

El tomate pertenece a la familia Solanaceae. Es una planta dicotiledónea y herbácea perenne, que se cultiva en forma anual para el consumo de sus frutos (Baudoin, 2017, p. 14). En la Tabla 2.2, se muestra la clasificación taxonómica de la planta de tomate.

Tabla 2.2

Clasificación taxonómica de la planta de tomate

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	Solanum
Subgénero	Potatoe
Sección	Petota
Especie	<i>S. lycopersicum L.</i>

Fuente: Baudoin, 2017

2.5 Composición fisicoquímica del fruto de la planta de tomate

El tomate es la fruta que brota de la planta *Solanum lycopersicum*, botánicamente clasificada como una baya. Puede ser redondo o alargado, según la variedad. También se consigue en color rojo o verde (Zaragoza, 2023).

El valor nutricional promedio del tomate hace de él un alimento de bajo contenido energético (19 kcal/100 g), ya que su componente mayoritario es agua (93,9%). Aporta hidratos de carbono (3,5%) y unas cantidades apenas destacables de grasa (0,1%) y proteína (0,9%). Además, es rico en fibra (1,1%), que se encuentra principalmente en la piel; y aporta minerales como el potasio y el selenio, además de vitaminas, siendo mayoritarias la C (unos 10 mg/100 g), vitaminas del grupo B, mayoritariamente folato (29 microgramos/100 g) y provitamina A o carotenos (82 microgramos/100 g) (Nieto, 2021). No obstante, según National Geographic (2023), un tomate crudo, tiene un 95% de agua, 4% de carbohidratos y menos de un 1% de grasa y proteína comestible. De tal modo que los tomates crudos aportan un total de 18 kilocalorías (Kcal), son fuente moderada de vitamina C (17 % del valor diario) y se destacan por ser rico en antioxidantes.

Según el periódico El Español (2021), basado en su forma, los tomates se clasifican en: caroso, redondeado o semiesférico y con estrías; cereza o cherry, de pequeño tamaño, rojo y redondo; el de pera, alargado, con mucha proporción de carne, muy sabrosos, aromáticos y muy aptos para elaborar conservas, salsas y purés y el redondo, que por lo general son frutos de color rojo; aunque también los hay amarillos, redondos, de superficie lisa y gruesa, y sabor dulce.

2.6 Características fisiológicas del tomate variedad *Platense* y *Perita*

En el Cuadro 2.1, se puede observar las características fisiológicas del tomate variedad *Platense*.

Cuadro 2.1

Características del tomate variedad *Platense*

	Descripción
	• Gran resistencia, adaptación general excelente, buena coloración. • Madurez media tardía. • Fruto de forma globular achatada, de consistencia firme. • Tamaño medio a grande. • Excelente sabor. • Crecimiento indeterminado

Fuente: Arocena, (2020)

El tomate variedad *Perita* es de pulpa carnosa y poco ácida, se caracteriza por su piel fina y por tener pocas pepitas, además de por su forma ligeramente alargada y su intenso color rojo (Nieto, 2021). En el Cuadro 2.2, se muestra las características del tomate variedad *Perita*.

Cuadro 2.2

Características del tomate variedad *Perita*

	Descripción
	• Resistente al calor, la sequía, enfermedades y parásitos • Soporta el sol abierto • Variedad caracterizada por frutos alargados cilíndricos, de contextura firme con abundante pulpa y excelente sabor.

Fuente: Gonzáles y Berrueta, (2008)

Dado a la falta de información de composición fisicoquímica del tomate variedad *Platense* y variedad *Perita* se tomó en cuenta la composición fisicoquímica del tomate según su forma. En la Tabla 2.3, se muestra la composición fisicoquímica del tomate redondo.

Tabla 2.3

Composición fisicoquímica del tomate redondo

Parámetros	Cantidad	Unidades
Agua	93,90	g
Energía	23,00	Kcal/100 g
Grasas	0,30	g
Proteínas	1,01	g
Carbohidratos	4,18	g
Fibra	0,81	g
Ceniza	0,61	g
Calcio	15,00	mg
Hierro	1,00	mg
Fósforo	28,00	mg
Tiamina (B1)	0,06	mg
Riboflavina (B12)	0,07	mg
Ácido ascórbico	20,00	mg
Niacina	0,56	mg
Vitamina A	86,00	mg

Fuente: Mejía et al, 2005

En la Tabla 2.4, se muestra la composición fisicoquímica del tomate ovalado.

Tabla 2.4

Composición fisicoquímica del tomate ovalado

Parámetros	Cantidad	Unidades
Agua	93,56	g
Energía	26,00	Kcal/100 g
Grasas	0,36	g
Proteínas	0,90	g
Carbohidratos	4,68	g
Fibra	0,90	g
Ceniza	0,46	g
Calcio	15,00	mg
Hierro	1,10	mg
Fósforo	26,00	mg
Tiamina (B1)	0,06	mg
Riboflavina (B12)	0,08	mg
Ácido ascórbico	16,00	mg
Niacina	0,55	mg
Vitamina A	89,00	mg

Fuente: Mejía et al, 2005

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 tomate (*Platense* y *Perita*) mediante calorimetría”, se realizó en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería Alimentos (LACIA), perteneciente a la Carrera de Ingeniería de Alimentos 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 detalla a continuación:

- Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las dos variedades de tomate.
- Análisis del valor de la capacidad calorífica de las dos variedades de tomate.
- Análisis diseño por bloques completamente al azar (DBCA) en la determinación del calor específico en tomate.
- Operacionalización de las variables en la determinación del calor específico de las dos variedades de tomate mediante calorimetría.

3.3 Paradigma investigativo

Según Hermoza (2007), un paradigma es una estructura cultural que está constituida por una teoría científica, como núcleo, junto con sus metodologías, instrumentos, autoridades, creencias no necesariamente racionales y libros clásicos, elementos que en conjunto son dominantes durante un período histórico (p. 186). Sin embargo, para Behar (2008), un paradigma implica conjunto de ideas preconcebidas, tendencias de pensamiento y/o patrones de investigación compartidos. En el sentido el paradigma es algo implícito, oculto, penetrante, tácito, sin habla, que impregna al trabajo conceptual y metodológico de una investigación. (p. 34).

3.3.1 Paradigma positivista

Este paradigma es conocido también como cuantitativo o empírico-analítico, desde el punto de vista metodológico se destacan, significativamente, la utilización de métodos y técnicas válidos y confiables, el procesamiento estadístico para un análisis objetivo y riguroso de los datos, la posibilidad de generalizar los resultados y el distanciamiento del investigador en la relación sujeto-objeto (Hernández et al, 2018). La unidad de método o método positivista lo constituye en esencia el modelo físico-matemático, y por éste se mide la cientificidad de todo conocimiento que quiera llamarse científico (Bernal, 2010, p. 37).

3.4 Tipo de investigación

La investigación experimental se ha ideado con el propósito de determinar, con la mayor confiabilidad posible, relaciones de causa-efecto, para lo cual uno o más grupos, llamados experimentales, se exponen a los estímulos experimentales y los comportamientos resultantes se comparan con los comportamientos de ese u otros grupos, llamados de control que no reciben el tratamiento o estímulo experimental (Monje, 2011). Para Briones (2002), en las investigaciones experimentales el investigador tiene el control de la variable independiente o variable estímulo, la cual puede hacer variar en la forma que sea más apropiada a sus objetivos. De igual manera, puede controlar la conformación de los grupos que necesita para su estudio.

3.4.1 Enfoque de investigación

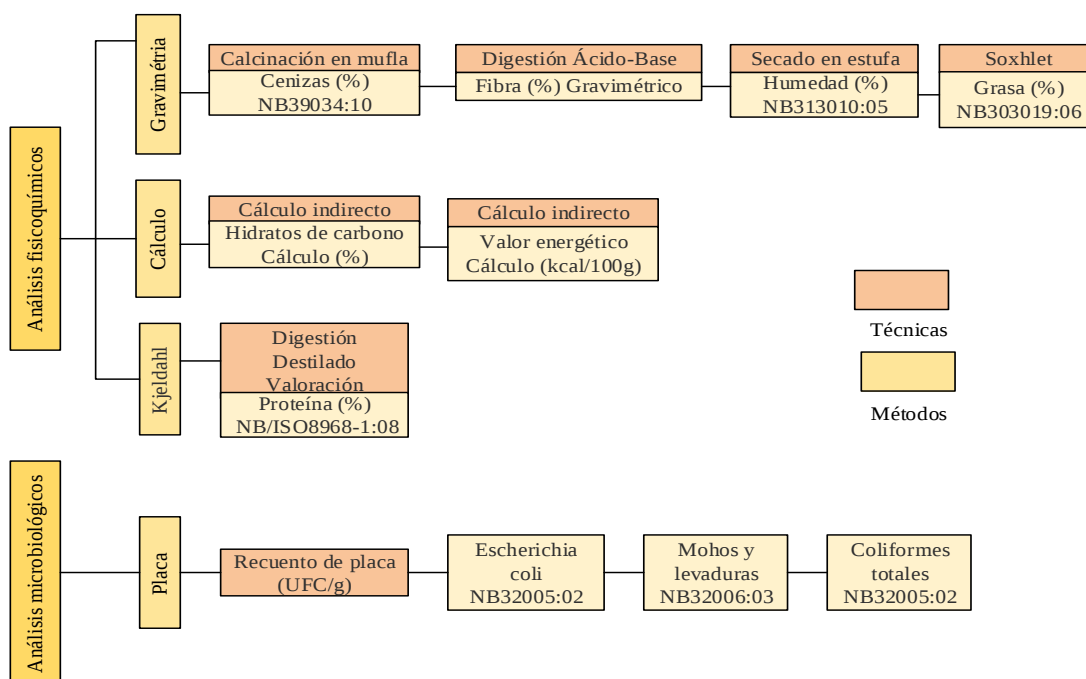
La investigación cuantitativa se inspira en el positivismo. Este enfoque investigativo plantea la unidad de la ciencia, es decir, la utilización de una metodología única que es la misma de las ciencias exactas y naturales (Monje, 2011, p. 11). Sin embargo, para Muñoz (2017), las investigaciones cuantitativas, por un lado, se basan en medidas numéricas para explicar la realidad. En este sentido, la tradición cuantitativa tiende a ser variable orientada, buscando determinar el efecto promedio de una variable independiente sobre la dependiente (p. 36).

3.5 Métodos, técnicas e instrumentos

Se entiende por método científico la cadena ordenada de pasos (o acciones) basadas en un aparato conceptual determinado y en reglas que permiten avanzar en el proceso de conocimiento de lo conocido a lo desconocido. En tanto la técnica, entendida como el conjunto de reglas y procedimientos que le permiten al investigador establecer relación con el objeto o sujeto de la investigación; así mismo el instrumento es el mecanismo que utiliza el investigador para recolectar y registrar la información (Hernández et al, 2018).

3.6 Análisis fisicoquímico y microbiológico del tomate variedad *Platense* y *Perita*.

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras de tomate se realizaron en el centro de análisis, investigación y desarrollo (CEANID). En la Figura 3.1, se muestran los métodos y técnicas que se utilizaron para determinar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las dos variedades de tomate.



Fuente: CEANID, 2024

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

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

Los instrumentos de laboratorio, material de laboratorio y utensilios de cocina que se utilizaron en el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo de investigación se detallan a continuación:

3.7.1 Instrumentos de laboratorio

En la Figura 3.2 se detallan los instrumentos de laboratorio que se utilizaron en el presente trabajo de investigación, los cuales se encuentran en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA).

Balanza de precisión  • Marca Edhis • Capacidad de peso máximo 4500 g • Capacidad de peso mínimo 0,5 g • Error de 0,1 g	Termómetro digital  • 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°) $\pm 2^\circ$ (otro rango)
Agitador magnético con calentador  • Marca: DLAB • Modelo: MS7-H550- Pro • Poder: 1050W • Poder de calefacción: 1000W • Voltaje: 100-120/200-240 V • Rango de temperatura de calentamiento: Temperatura ambiente – 550° C • Peso: 5.3 kg	Termómetro análogo punzón  • Marca: TYLOR • Modelo: 5989N • Escala: 0 a 220 °F • Tipo de pantalla: Analógico • Longitud: 14,5 cm

Fuente: LACIA, 2024

Figura 3.2: Instrumentos de laboratorio

3.7.2 Material de laboratorio

Los materiales de laboratorio que se utilizaron para el presente trabajo de investigación se detallan a continuación:

- Vasos de precipitación: Capacidad de 250 ml de vidrio
- Probeta: capacidad de 100 ml de vidrio
- Pisseta: tamaño mediano de plástico

- Mortero: tamaño pequeño de porcelana

3.7.3 Utensilios de cocina

Los utensilios de cocina que se usaron para la realización del presente trabajo de investigación, se detallan a continuación:

- Cuchillos: tamaño mediano de acero inoxidable
- Fuentes: tamaño mediano de acero inoxidable y de plástico
- Tabla de picar: tamaño mediano de plástico (PVC)
- Jarra graduada: volumen de 1 litro de plástico

3.8 Construcción del calorímetro y del sistema de agitación

Para la determinación del presente trabajo de investigación se consideró la construcción de dos calorímetros (1 y 2). Los materiales utilizados para la construcción de ambos calorímetros y del sistema de agitación se muestran en la Figura 3.3.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.3: Material para la construcción del calorímetro y del sistema de agitación

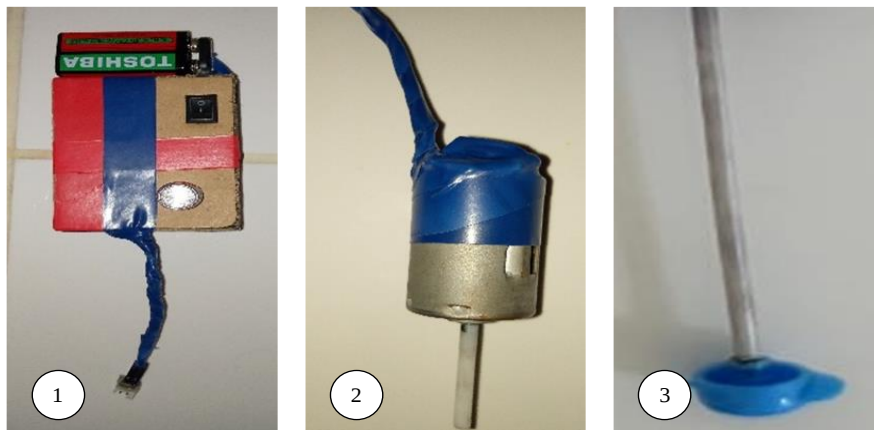
Para la construcción de los calorímetros se utilizó como base un portabotellas térmico, al cual se le incorporó fibra de vidrio en sus paredes internas como material aislante. Luego, se colocó en su interior un vaso Dewar de 250 ml. Posteriormente, se añadió una tapa al portabotellas, a la que se le aplicó poxilina con el objetivo de impermeabilizar la estructura y evitar que la humedad se filtre al material construido.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4: Construcción de los calorímetros

Para el armado del sistema de agitación se realizó la conexión del conector al interruptor, al potenciómetro y a su respectivo conector hembra (paso 1). Luego, se soldó el conector macho al motor de 9 voltios (paso 2). La hélice utilizada, de dos palas, fue adaptada mediante una varilla metálica recubierta con plástico, que permitió su acople al eje del motor (paso 3).

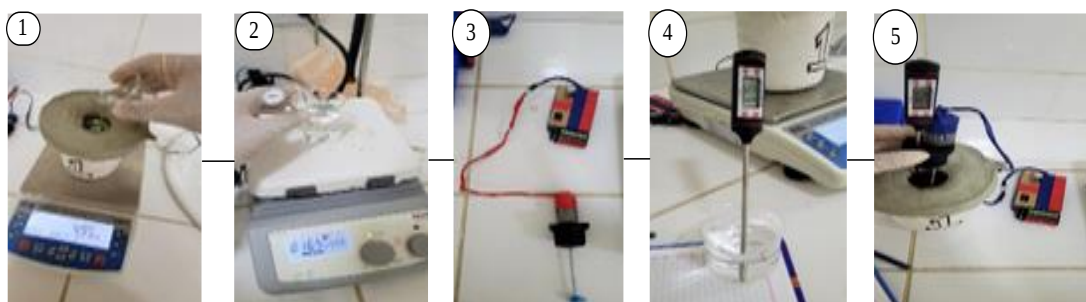


Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5: Armado del sistema de agitación

3.9 Determinación de la constante del calorímetro 1 y el calorímetro 2

Para la determinación de la constante de ambos calorímetros a nivel experimental se pesaron 75 gramos de agua a temperatura ambiente y se colocaron en el calorímetro (paso 1). Después, se calentaron 100 gramos de agua en un vaso de precipitado de 150 ml (paso 2). Una vez preparado el sistema de agitación (paso 3), se pesaron 75 gramos del agua caliente, cuya temperatura se registró entre (50 y 55) °C (paso 4). Posteriormente, se vertió el agua caliente en el calorímetro y, manteniendo una agitación constante (paso 5), se registró el cambio de temperatura generado en el interior del dispositivo.

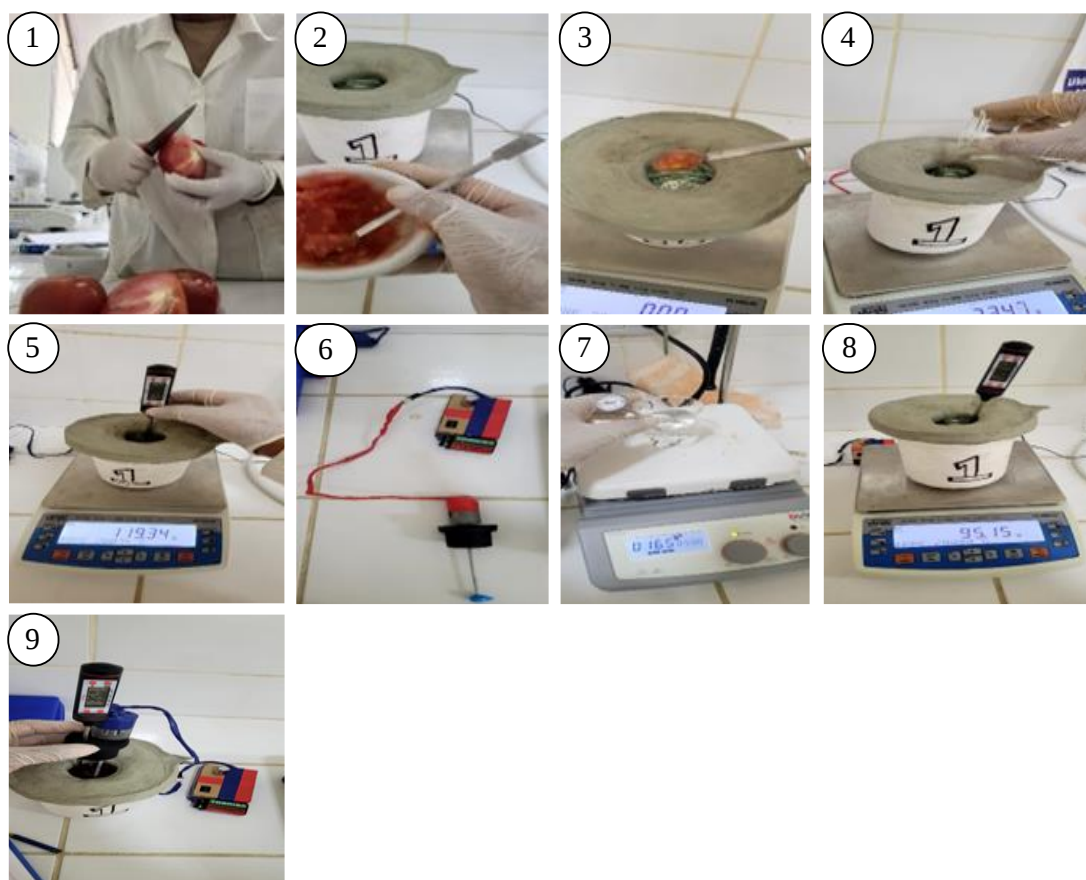


Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6: Proceso para determinación de la constante de los calorímetros

3.10 Determinación del calor específico en las dos variedades de tomate

Para la determinación del calor específico de las dos variedades de tomate a nivel experimental se colocaron 30 gramos de tomate pelado y triturado en el calorímetro (paso 1, 2 y 3), junto con 75 gramos de agua a temperatura ambiente (paso 4), registrando previamente su temperatura. Paralelamente, se calentaron 100 gramos de agua en un vaso de precipitado de 150 ml (paso 5). Tras preparar el sistema de agitación (paso 6), se pesaron 75 gramos de esta agua caliente (paso 7), cuya temperatura se encontraba entre 50 y 55 °C. Finalmente, se añadió el agua caliente al calorímetro, manteniendo una agitación constante (paso 8 y 9), mientras se controla el cambio de temperatura en su interior hasta que esta se mantiene constante.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7: Proceso para determinación del calor específico del tomate

3.10.1 Cálculo del calor específico con los modelos matemáticos teóricos de Riedel y Heldman

Con base en la Tabla 2.1, se emplearon los modelos matemáticos teóricos propuestos por Riedel (1956) y Heldman (1981) como una herramienta de estimación rápida del calor específico en las variedades de tomate (*Perita* y *Platense*), con el propósito de evaluar la precisión de dichos modelos frente a los datos experimentales obtenidos.

3.11 Diseño experimental

El objetivo fundamental de los diseños experimentales radica en determinar si existe una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos del experimento y en caso que la respuesta es afirmativa, cuál sería la magnitud de esta diferencia (Badii et al, 2007). Según Montoya et al, (2011) el diseño experimental se utiliza cuando nuestra investigación

involucra un experimento; es decir, cuando al menos se controla un factor (variable) en el estudio.

3.11.1 Diseño por bloques completamente al azar (DBCA)

En un diseño en bloques completos al azar (DBCA) se consideran tres fuentes de variabilidad: el factor de tratamientos, el factor de bloque y el error aleatorio, es decir, se tienen tres posibles “culpables” de la variabilidad presente en los datos. La palabra completo en el nombre del diseño se debe a que en cada bloque se prueban todos los tratamientos, o sea, los bloques están completos. La aleatorización se hace dentro de cada bloque; por lo tanto, no se realiza de manera total como en el diseño completamente al azar (Pulido y Salazar, 2008).

Se utilizará el método de diseño por bloques completamente al azar (DBCA) para establecer qué factores intervienen en la determinación del calor específico en las dos variedades de tomate. En la Tabla 3.1, se muestra el diseño que será aplicado en la realización del presente trabajo:

Tabla 3.1

Matriz experimental para determinar el calor específico

Bloques	Tratamientos				Total	Medias
	1	2	3	4		
1	Z_{11}	Z_{12}	Z_{13}	Z_{14}	$Z1.$	$\bar{Z}1.$
2	Z_{21}	Z_{22}	Z_{23}	Z_{24}	$Z2.$	$\bar{Z}2.$
3	Z_{31}	Z_{32}	Z_{33}	Z_{34}	$Z3.$	$\bar{Z}3.$
4	Z_{41}	Z_{42}	Z_{43}	Z_{44}	$Z4.$	$\bar{Z}4.$
Total	$Z.1$	$Z.2$	$Z.3$	$Z.4$	-	-
Medias	$\bar{Z}.1$	$\bar{Z}.2$	$\bar{Z}.3$	$\bar{Z}.4$	-	-

Fuente: Elaboración propia

3.12 Operacionalización de las variables para la determinación del calor específico

Según Morán y Alvarado (2010), la operacionalización de variables consiste en un conjunto de técnicas y métodos que permiten medir la variable en una investigación, es un proceso de separación y análisis de la variable en sus componentes que permiten medirla (p. 42). En el Cuadro 3.1, se muestra la operacionalización de variables para determinar el calor específico del tomate.

Cuadro 3.1

Operacionalización de variables para la determinación del calor específico en tomates

Hipótesis	Variable		Descripción	Subvariables	Indicador
La metodología de mezclas (calorimetría) permite determinar el calor específico en las dos variedades de tomate a nivel experimental	Variable independiente	Variedad de tomate	Son frutos de forma ovoide, con corteza lisa y lustrosa, de color rojo-anaranjado (Baudoin, 2017). Son bayas de color rojizo que se caracterizan por su pulpa con múltiples semillas y por su jugo (Pérez y Gardey, 2022)	Sólidos totales	%
				Carbohidratos	%
				Cenizas	%
				Fibra	%
				Valor energético	Kcal/100 g
				Grasa	%
				Humedad	%
				Proteína total (Nx5,70)	%
	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	Segundos
				Masa de muestra	gramos
				Tipo de corte	cm
				Cp	J/g°C

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Características de las dos variedades de tomate (*Perita* y *Platense*)

La caracterización del tomate obtenido del Mercado Campesino de la ciudad de Tarija, se realizaron mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos de tomate como se detalla a continuación:

4.1.1 Análisis fisicoquímico del tomate variedad *Perita*

En la Tabla 4.1, se muestran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del tomate variedad *Perita*, de datos extraídos del Anexo A.

Tabla 4.1

Análisis fisicoquímico del tomate variedad *Perita*

Parámetros	Valores	Unidades
Grasa	0,03	%
Fibra	0,59	%
Cenizas	0,34	%
Proteína total (Nx5,70)	0,77	%
Hidratos de carbono	4,04	%
Humedad	94,82	%
Valor energético	20,00	Kcal/100 g

Fuente: CEANID, 2024

Según la Tabla 4.1, muestra que el tomate variedad *Perita* tiene: Grasa 0,03 %, Fibra 0,59 %, Cenizas 0,34 %, Proteína total (Nx6,25) 0,77 %, Hidratos de carbono 4,04 %, Humedad 94,82 % y Valor energético 20 Kcal/100g.

4.1.2 Análisis microbiológico del tomate variedad *Perita*

La Tabla 4.2, muestra los resultados obtenidos del análisis microbiológico del tomate variedad *Perita* obtenidos de la ciudad de Tarija, de datos extraídos del Anexo A.

Tabla 4.2

Análisis microbiológico del tomate variedad *Perita*

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

Fuente: CEANID, 2024

En la tabla 4.2, se muestra que el tomate de variedad *Perita* presenta: Mohos y levaduras $4,0 \times 10^1$ UFC/g y bacterias aerobias mesófilas $1,3 \times 10^3$ UFC/g.

4.1.3 Análisis fisicoquímico del tomate variedad *Platense*

La Tabla 4.3, muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del tomate variedad *Platense* obtenidos del Mercado Campesino de la ciudad de Tarija, de datos extraídos del Anexo A.

Tabla 4.3

Análisis fisicoquímico del tomate variedad *Platense*

Parámetros	Valores	Unidades
Grasa	0,02	%
Fibra	0,41	%
Cenizas	0,38	%
Proteína total (Nx5,70)	0,90	%
Hidratos de carbono	4,54	%
Humedad	94,16	%
Valor energético	22,00	Kcal/100 g

Fuente: CEANID, 2024

Según la Tabla 4.3, muestra que el tomate variedad *Platense* presenta: Grasa 0,02 %, Fibra 0,41 %, Cenizas 0,38 %, Proteína total (Nx6,25) 0,90%, Hidratos de carbono 4,54 %, Humedad 94,16 % y Valor energético 22 Kcal/100g.

4.1.4 Análisis microbiológico del tomate variedad *Platense*

La Tabla 4.4, muestra los resultados obtenidos del análisis microbiológico del tomate variedad *Platense* obtenidos de la ciudad de Tarija, de datos extraídos del Anexo A.

Tabla 4.4

Análisis microbiológico del tomate variedad *Platense*

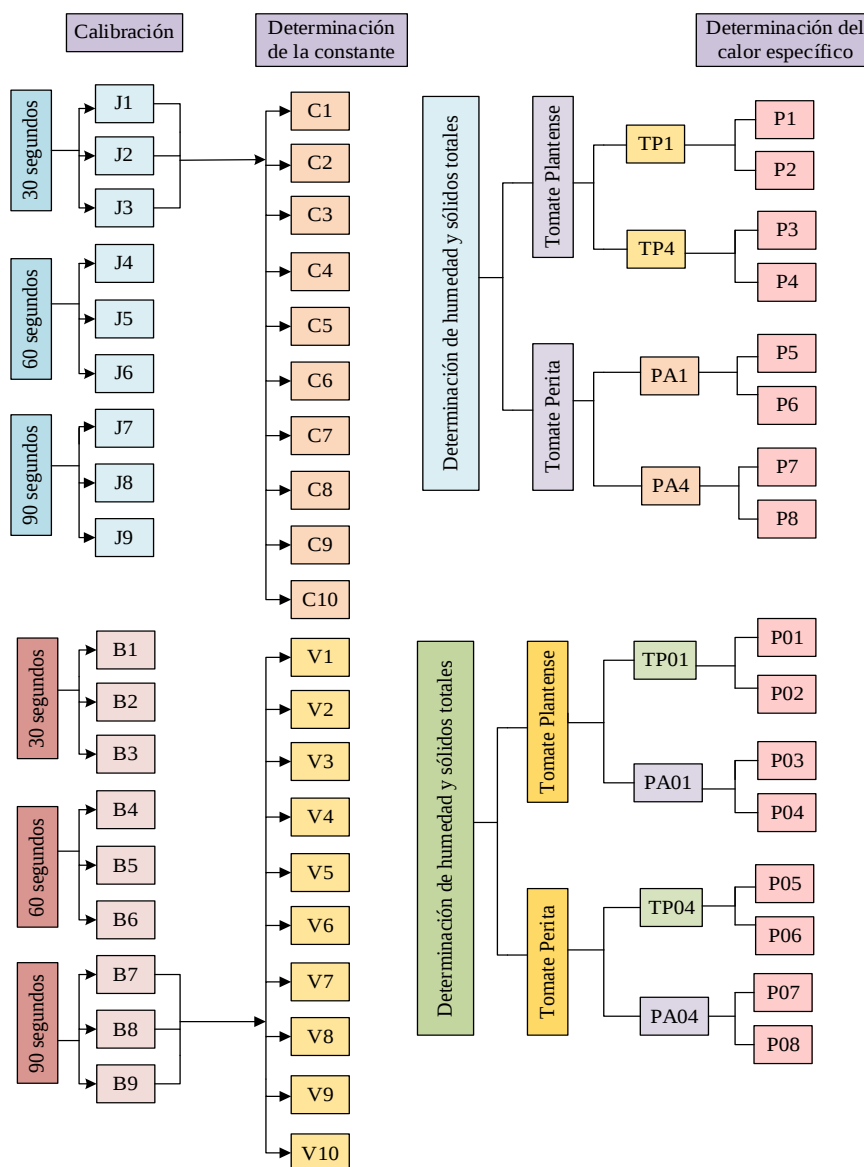
Microorganismos	Valores	Unidades
<i>Mohos y levaduras</i>	$3,0 \times 10^1$	UFC/g
<i>Bacterias aerobias mesófilas</i>	$1,6 \times 10^3$	UFC/g

Fuente: CEANID, 2024

En la Tabla 4.4, se muestra que el tomate variedad *Platense* presenta: Mohos y levaduras $3,0 \times 10^1$ UFC/g y bacterias aerobias mesófilas $1,6 \times 10^3$ UFC/g.

4.2 Caracterización de variables para determinar el calor específico en tomates (*Perita* y *Platense*)

Para realizar la parte experimental del presente trabajo de investigación, se tomaron en cuenta de acuerdo la Figura 4.1, en donde se muestra el procedimiento para la determinación del calor específico en muestras de tomate (*Perita* y *Platense*).

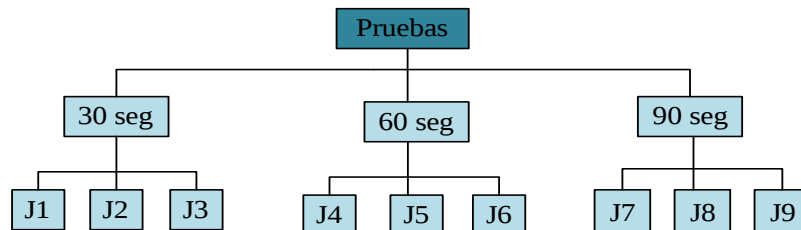


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1: Procedimiento para la determinación del calor específico en tomate

4.2.1 Procedimiento de calibración del calorímetro 1

Para la calibración del calorímetro 1 se tomó en cuenta la variación del tiempo en función de la temperatura del agua caliente (50 °C), para lo cual se utilizaron nueve pruebas comprendidas entre tiempos (30, 60 y 90) segundos; como se muestra en la Figura 4.2.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2: Tiempos de calibración para el calorímetro 1

4.2.1.1 Control de temperatura para calibración del calorímetro 1 en función de tiempo de 30 segundos

En la Tabla 4.5, se muestra los resultados de la medición para las tres pruebas (J1, J2 y J3) de la variación de la temperatura en el calorímetro 1 para tiempo de 30 segundos, en donde se determinó los coeficientes de regresión lineal para el análisis de los datos de las pruebas de laboratorio hasta los 300 segundos de temperatura constante.

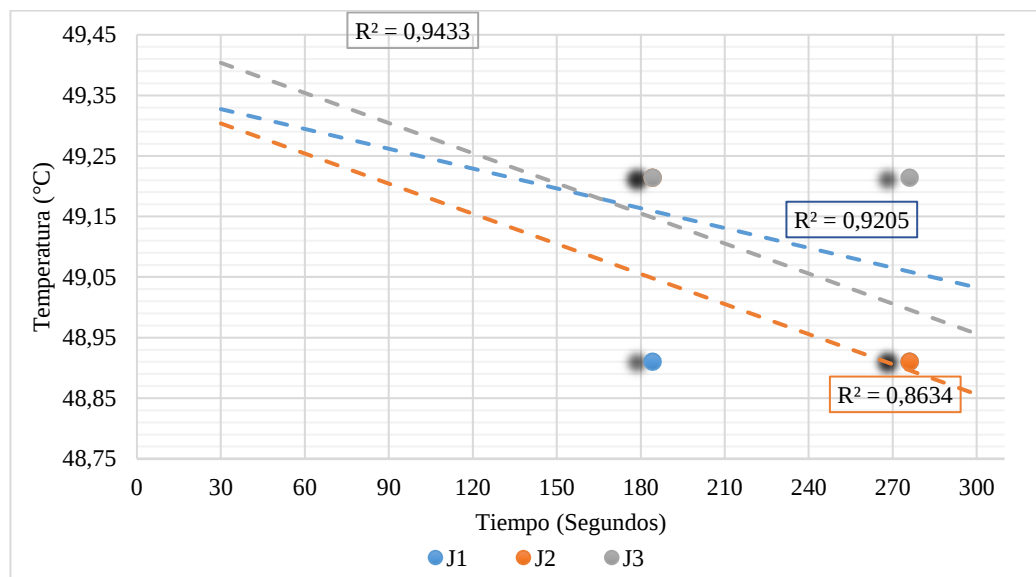
Tabla 4.5

Control de temperatura en el calorímetro 1 para 30 segundos

Tiempo (seg)	Temperatura (°C)		
	Pruebas		
	J1	J2	J3
30	49,3	49,4	49,4
60	49,3	49,3	49,4
90	49,3	49,1	49,3
120	49,2	49,1	49,2
150	49,2	49,1	49,2
180	49,2	49,0	49,2
210	49,1	49,0	49,1
240	49,1	49,0	49,0
270	49,1	48,9	49,0
300	49,0	48,9	49,0

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.3, se muestran los resultados de los coeficientes de regresión lineal tomando en cuenta 30 segundos del control de la variación de la temperatura en el calorímetro 1 en función de los datos de la Tabla 4.5, realizado en el software estadístico Microsoft Excel para Windows 10.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3: Coeficientes de regresión lineal para el calorímetro 1 para 30 segundos

En la figura 4.3 se puede observar que para la prueba J1, se obtuvo un coeficiente de regresión ($R=0,9205$), prueba J2 ($R=0,9433$) y prueba J3 ($R=0,8634$) lo que quiere decir que la prueba J2 con un valor de $R=0,9433$ es el dato de mayor aproximación y más preciso en la prueba de calibración de tiempo de 30 segundos.

4.2.1.2 Calibración del calorímetro 1 en función de la temperatura y tiempo de 60 segundos

En la Tabla 4.6, se muestra los resultados de la medición para las pruebas (J4, J5 y J6) de la variación de temperatura en el calorímetro 1 para tiempo de 60 segundos, en donde se determinó los coeficientes de regresión lineal para el análisis de los datos de las pruebas de laboratorio hasta los 600 segundos de temperatura constante.

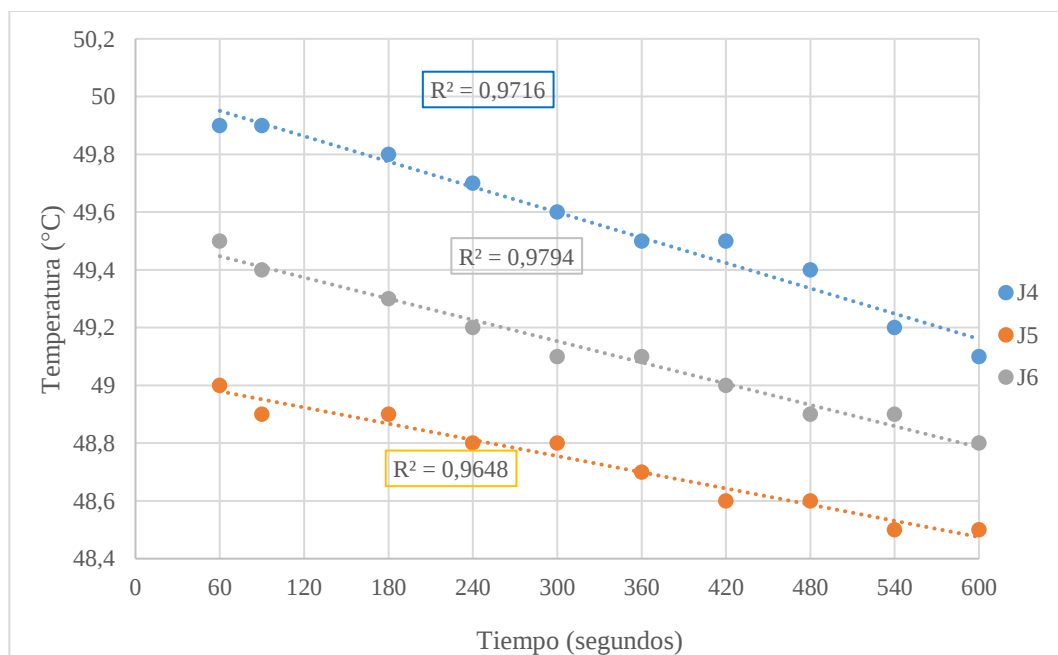
Tabla 4.6

Control de temperatura en el calorímetro 1 para 60 segundos

Tiempo (seg)	Temperatura (°C)		
	J4	J5	J6
60	49,9	49,0	49,5
90	49,9	48,9	49,4
180	49,8	48,9	49,3
240	49,7	48,8	49,2
300	49,6	48,8	49,1
360	49,5	48,7	49,1
420	49,5	48,6	49,0
480	49,4	48,6	48,9
540	49,2	48,5	48,9
600	49,1	48,5	48,8

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.4, se muestran los resultados de los coeficientes de regresión lineal tomando en cuenta 60 segundos del control de variación de temperatura en el calorímetro 1 en función de los datos de la Tabla 4.6, realizado en el software estadístico Microsoft Excel para Windows 10.

**Fuente:** Elaboración propia**Figura 4.4:** Coeficientes de regresión lineal en el calorímetro 1 para 60 segundos

En la Figura 4.4 se puede observar que para la prueba J4, se obtuvo un coeficiente de regresión ($R=0,9704$), prueba J5 ($R=0,9733$) y prueba J6 ($R=0,9789$), lo que quiere decir que la prueba J6 es el dato de mayor aproximación y más preciso en la prueba de calibración de tiempo de 60 segundos.

4.2.1.3 Calibración del calorímetro 1 para un tiempo de 90 segundos

En la Tabla 4.7, se muestran los resultados de la medición de la variación de temperatura en el calorímetro 1 para tiempo de 90 segundos para las pruebas (J7, J8 y J9), en donde se determinó los coeficientes de regresión lineal para el análisis de los datos de las pruebas de laboratorio hasta los 900 segundos de temperatura constante.

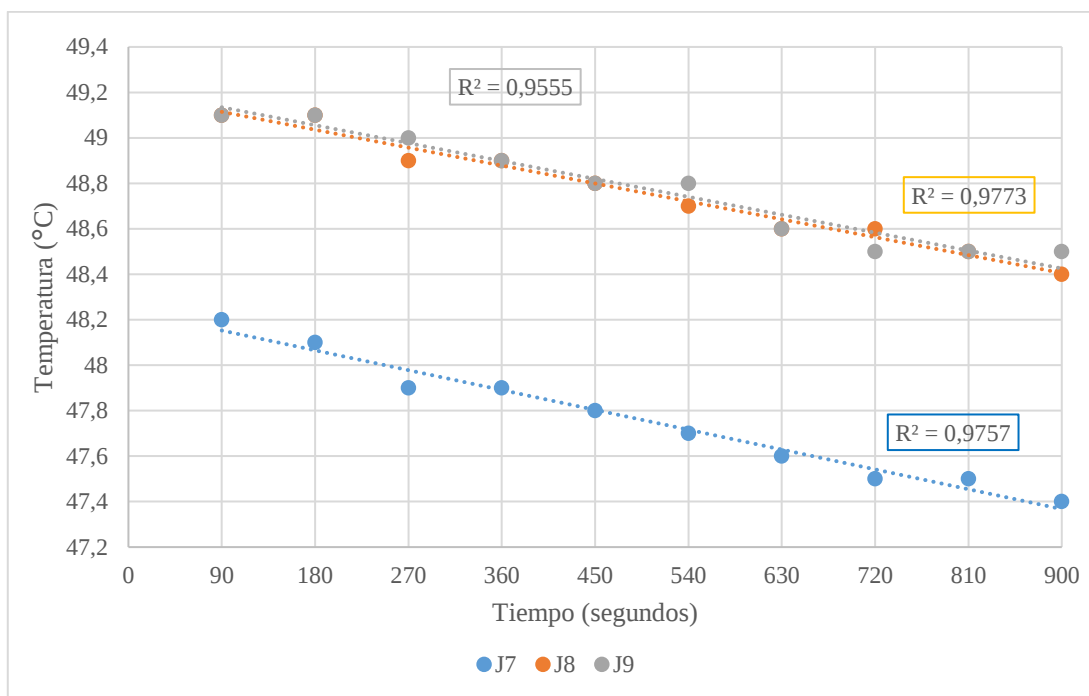
Tabla 4.7

Control de temperatura en el calorímetro 1 para 90 segundos

Tiempo (90 seg)	Temperatura (°C)		
	Pruebas		
	J7	J8	J9
90	48,2	49,1	49,1
180	48,1	49,1	49,1
270	47,9	48,9	49,0
360	47,9	48,9	48,9
450	47,8	48,8	48,8
540	47,7	48,7	48,8
630	47,6	48,6	48,6
720	47,5	48,6	48,5
810	47,5	48,5	48,5
900	47,4	48,4	48,5

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.5, se muestran los resultados de los coeficientes de correlación lineal para el calorímetro 1, tomando en cuenta 90 segundos del control de la variación de temperatura en función de los datos de la Tabla 4.7, realizado en el software estadístico Microsoft Excel para Windows 10.



Fuente: Elaboración propia

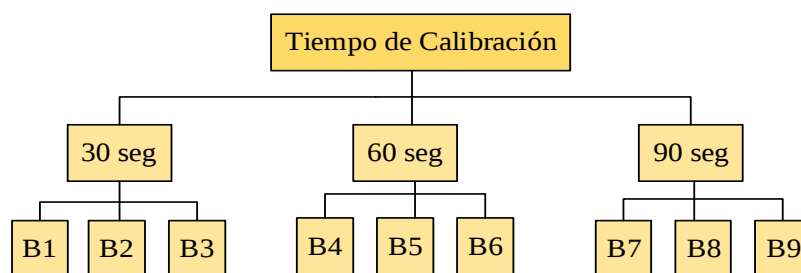
Figura 4.5: Coeficientes de regresión lineal en el calorímetro 1 para 90 segundos

En la Figura 4.5 se puede observar que para la prueba J7, se obtuvo un coeficiente de regresión ($R=0,9757$), prueba J8 ($R=0,9773$) y prueba J9 ($R=0,9555$).

En base a los resultados obtenidos de los coeficientes de regresión lineal para los diferentes tiempos (30, 60 y 90 segundos), se puede establecer que el mejor corresponde para un tiempo de 60 segundos ($R=0,9789$) en la lectura de variación de temperatura dentro del calorímetro 1.

4.2.2 Procedimiento de calibración del calorímetro 2

Para la calibración del calorímetro 2 se tomó en cuenta la variación del tiempo en función de la temperatura del agua caliente ($50\text{ }^{\circ}\text{C}$), para lo cual se realizaron nueve pruebas comprendidas entre tiempos (30, 60 y 90) segundos; como se muestra en la Figura 4.6.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6: Tiempo de calibración para el calorímetro 1

4.2.2.1 Control de temperatura para calibración del calorímetro 2 en función de tiempo de 30 segundos

En la Tabla 4.8, se muestra los resultados obtenidos de la medición para las tres pruebas de la variación de la temperatura en el calorímetro 2 para un tiempo de 30 segundos, en donde se determinó los coeficientes de regresión lineal para el análisis de los datos.

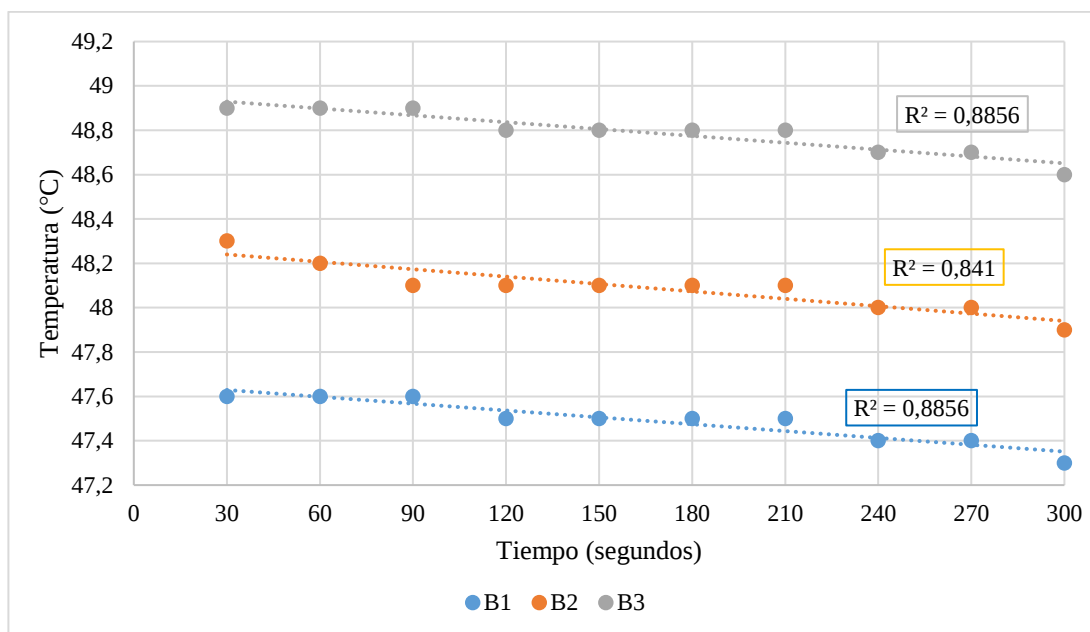
Tabla 4.8

Control de temperatura en el calorímetro 2 para 30 segundos

Tiempo (seg)	Temperatura		
	Pruebas		
	B1	B2	B3
30	47,6	48,3	48,9
60	47,6	48,2	48,9
90	47,6	48,1	48,9
120	47,5	48,1	48,8
150	47,5	48,1	48,8
180	47,5	48,1	48,8
210	47,5	48,1	48,8
240	47,4	48,0	48,7
270	47,4	48,0	48,7
300	47,3	47,9	48,6

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.7 se puede observar los resultados de los coeficientes de regresión lineal tomando en cuenta 30 segundos del control de variación de la temperatura en función de los datos de la Tabla 4.8, realizado en el software estadístico Microsoft Excel para Windows 10.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7: Coeficientes de regresión lineal en el calorímetro 2 para 30 segundos.

En la Figura 4.7 se puede observar que la prueba B1, obtuvo un valor del coeficiente de regresión de ($R=0.8856$), para el B2 ($R=0.841$) y para el B3 un valor de ($R=0.8856$).

4.2.2.2 Calibración del calorímetro 2 en función de la temperatura y tiempo de 60 segundos

En la Tabla 4.9, se muestra los resultados obtenidos de la medición de la variación de temperatura en el calorímetro 2 para un tiempo de 60 segundos en donde se determinó los coeficientes de regresión lineal para el análisis de los datos de las pruebas de laboratorio hasta los 600 segundos de temperatura constante.

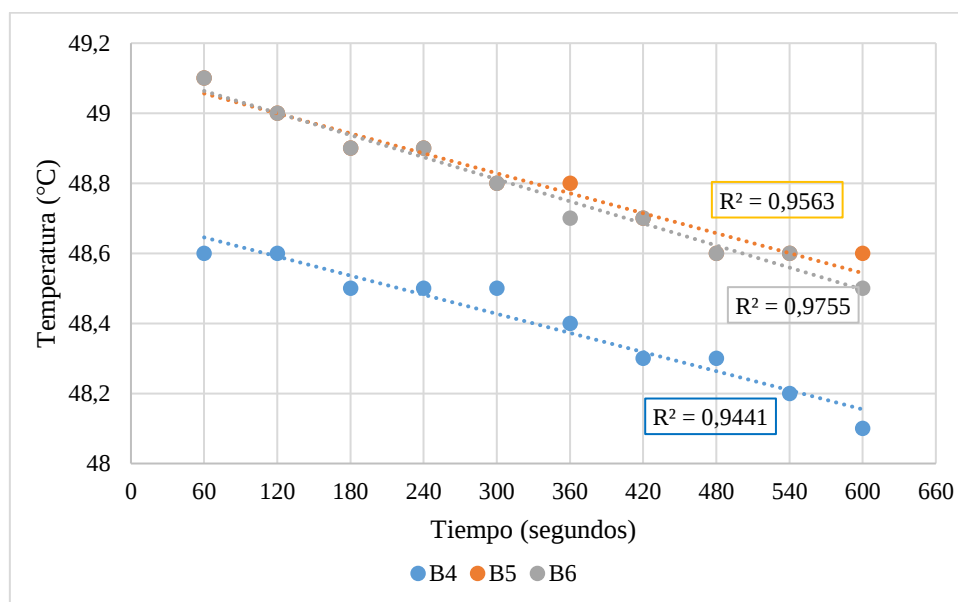
Tabla 4.9

Control de temperatura en el colorímetro 2 para 60 segundos

Tiempo (seg)	Temperatura (°C)		
	Pruebas		
	B4	B5	B6
60	48,6	49,1	49,1
120	48,6	49,0	49,0
180	48,5	48,9	48,9
240	48,5	48,9	48,9
300	48,5	48,8	48,8
360	48,4	48,8	48,7
420	48,3	48,7	48,7
480	48,3	48,6	48,6
540	48,2	48,6	48,6
600	48,1	48,6	48,5

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.8 se muestran los resultados de los coeficientes de regresión lineal tomando en cuenta 60 segundos de control de la variación de la temperatura para el colorímetro 2 en función de los datos de la Tabla 4.9, realizado en el software estadístico Microsoft Excel para Windows 10.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8: Coeficiente de regresión lineal en el calorímetro 2 para 60 segundos

En la Figura 4.8 se puede observar que para la prueba B4 se obtuvo un valor de coeficiente de regresión de ($R=0,9491$), prueba B5($R=0,9563$) y para B6 ($R=0,9755$).

4.2.2.3 Calibración del calorímetro 2 en función de la temperatura y tiempo de 90 segundos

En la Tabla 4.10, se muestran los resultados de la medición de la variación de temperatura en el calorímetro 2 para tiempo de 90 segundos en donde se determinó los coeficientes de regresión lineal para el análisis de los datos de las pruebas de laboratorio hasta 900 segundos de temperatura constante.

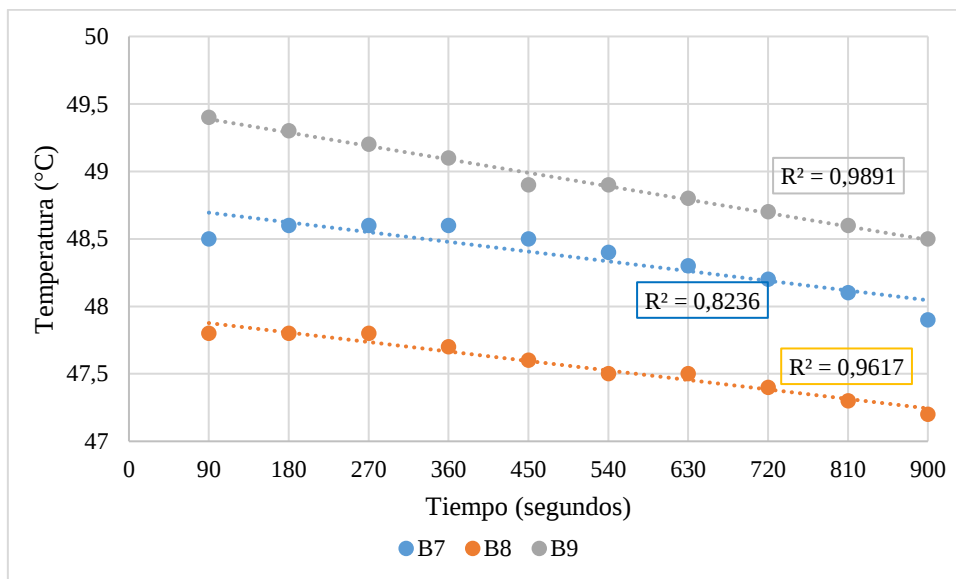
Tabla 4.10

Control de temperatura en el calorímetro 2 para 90 segundos

Tiempo (seg)	Temperatura		
	Pruebas		
	B7	B8	B9
90	48,5	47,8	49,4
180	48,6	47,8	49,3
270	48,6	47,8	49,2
360	48,6	47,7	49,1
450	48,5	47,6	48,9
540	48,4	47,5	48,9
630	48,3	47,5	48,8
720	48,2	47,4	48,7
810	48,1	47,3	48,6
900	47,9	47,2	48,5

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.9, se muestran los resultados de los coeficientes de regresión lineal tomando en cuenta 90 segundos en el control de variación de la temperatura para el calorímetro 2 en función de los datos de la Tabla 4.10, realizados en el software estadístico Microsoft Excel para Windows 10.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9: Coeficientes de regresión lineal para el calorímetro 2 en tiempo de 90 segundos

En la Figura 4.9 se puede observar los valores obtenidos para la prueba B6($R=0.9617$), prueba B7($R=0.8236$) y para la prueba B9($R=0.9891$).

En base a los resultados obtenidos de los coeficientes de regresión lineal para los diferentes tiempos (30, 60 y 90 segundos), se puede establecer que el mejor corresponde para un tiempo de 90 segundos ($R=0,9891$) en la lectura de variación de temperatura dentro del calorímetro 2 y es la aceptada mediante regresión lineal.

4.2.3 Determinación de la constante del calorímetro 1

Para determinar la constante del calorímetro 1 se tomó en cuenta un tiempo de 60 segundos en el control de temperatura de la mezcla del agua a temperatura ambiente con el agua caliente. En la Tabla 4.11, se muestran los resultados del control de temperatura para la determinación de la constante del calorímetro 1 en función del tiempo.

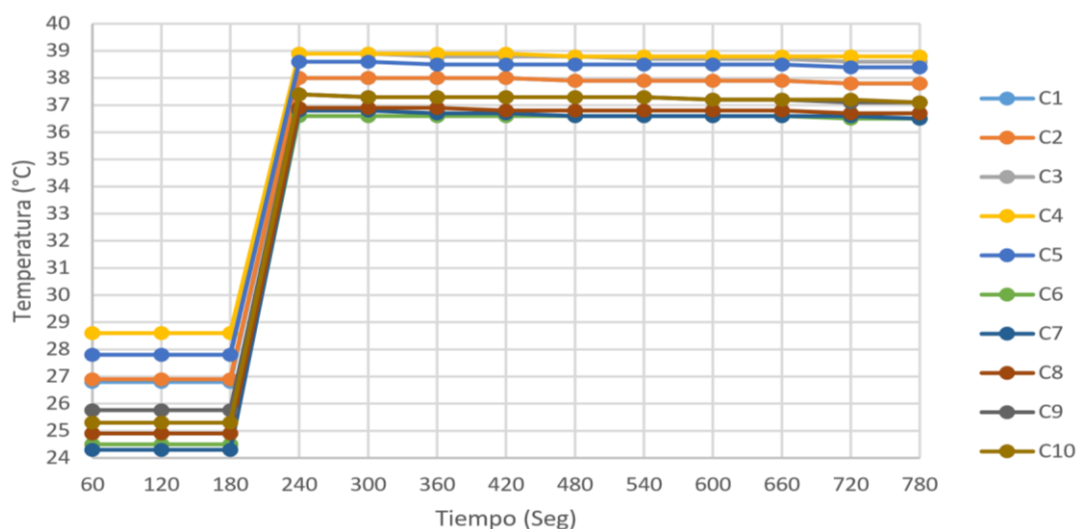
Tabla 4.11

Control de temperatura para la constante del calorímetro 1

Tiempo (seg)	Temperatura (°C)									
	Pruebas									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
60	26,8	26,9	27,8	28,6	27,8	24,5	24,3	24,9	25,76	25,3
120	26,8	26,9	27,8	28,6	27,8	24,5	24,3	24,9	25,76	25,3
180	26,8	26,9	27,8	28,6	27,8	24,5	24,3	24,9	25,76	25,3
240	38,1	38,0	38,9	38,9	38,6	36,6	36,8	36,9	37,4	37,4
300	38,1	38,0	38,9	38,9	38,6	36,6	36,8	36,9	37,3	37,3
360	38,1	38,0	38,8	38,9	38,5	36,6	36,7	36,9	37,3	37,3
420	38,1	38,0	38,8	38,9	38,5	36,6	36,7	36,8	37,3	37,3
480	38,1	37,9	38,8	38,8	38,5	36,6	36,6	36,8	37,3	37,3
540	38,1	37,9	38,7	38,8	38,5	36,6	36,6	36,8	37,3	37,3
600	38,1	37,9	38,7	38,8	38,5	36,6	36,6	36,8	37,2	37,2
660	38,1	37,9	38,7	38,8	38,5	36,6	36,6	36,8	37,2	37,2
720	38,0	37,8	38,6	38,8	38,4	36,5	36,6	36,7	37,1	37,2
780	38,0	37,8	38,6	38,8	38,4	36,5	36,5	36,7	37,1	37,1

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.10, se muestra la variación de temperatura en función del tiempo de las pruebas realizadas para la determinación de la constante del calorímetro 1.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10: Variación de temperatura en el calorímetro 1

En la Figura 4.10, se puede observar entre (60 a 180) segundos existe estabilidad en la temperatura en todas las pruebas, dentro de los 240 segundos, hay un incremento de temperatura al momento de agregar el agua caliente. Durante los (240 a 780) segundos no hay variación de temperatura en el calorímetro 1 manteniéndose constante hasta los (780) segundos, finalizando el proceso.

4.2.3.1 Cálculo de la constante para el calorímetro 1

Para la determinación de la constante del calorímetro 1 se tomaron en cuenta diez pruebas realizadas, cuyos resultados se muestran en la Tabla 4.12.

Tabla 4.12

Determinación de la constante del calorímetro 1

Pruebas	Masa de agua (g)	Masa de agua caliente (g)	Temperatura de agua (°C)	Temperatura de agua caliente (°C)	Temperatura final de equilibrio (°C)	Ck (J/g°C)
C7	75,52	75,25	24,3	50,8	36,6	47,53
C2	75,65	75,35	26,9	50,6	37,9	47,49
C3	75,16	76,13	27,8	50,6	38,5	45,76
C9	75,62	75,14	25,76	50,8	37,4	45,55
C5	75,36	75,52	27,8	50,7	38,5	44,99
C4	75,56	75,58	28,6	50,4	38,8	43,51
C1	75,39	75,64	26,8	50,7	38,0	43,45
C8	75,53	75,09	24,9	50,4	36,8	43,06
C6	75,45	75,19	24,5	50,8	36,8	42,41
C10	75,33	75,59	25,8	50,7	37,5	41,65

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Determinación de la constante del calorímetro 2

Para determinar la constante del calorímetro 2 se tomó en cuenta un tiempo de 90 segundos en el control de temperatura de la mezcla del agua a temperatura ambiente con el agua caliente. En la Tabla 4.13, se muestran los resultados del control de temperatura para la determinación de la constante del calorímetro 2 en función del tiempo.

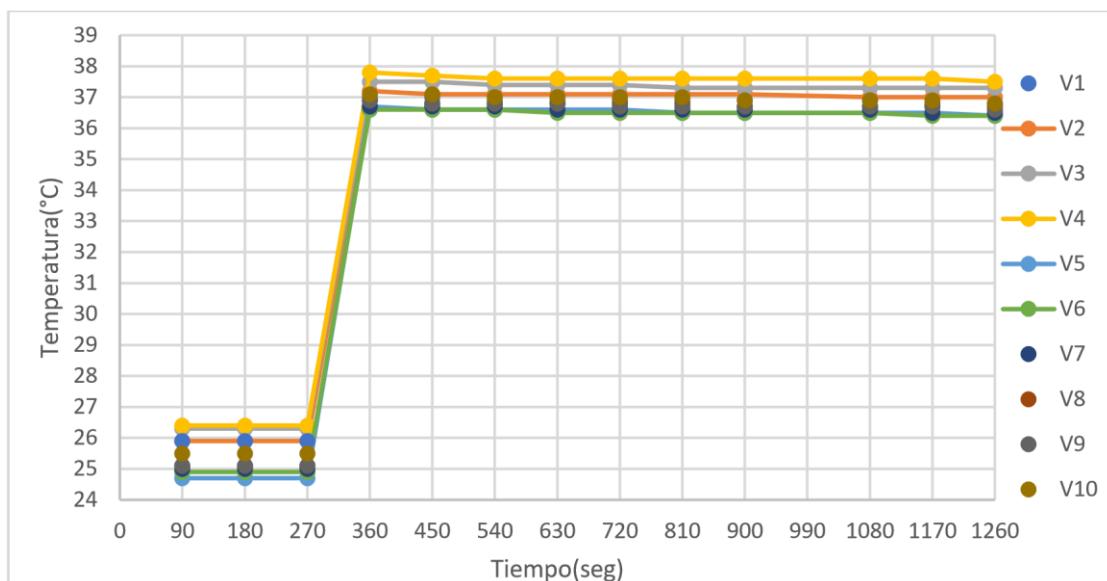
Tabla 4.13

Control de temperatura para la constante del calorímetro 2

Tiempo (seg)	Temperatura (°C)									
	Pruebas									
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
90	25,9	25,9	26,3	26,4	24,7	24,9	25,0	25,1	25,1	25,5
180	25,9	25,9	26,3	26,4	24,7	24,9	25,0	25,1	25,1	25,5
270	25,9	25,9	26,3	26,4	24,7	24,9	25,0	25,1	25,1	25,5
360	37,0	37,2	37,5	37,8	36,7	36,6	36,7	36,9	36,9	37,1
450	37,0	37,1	37,5	37,7	36,6	36,6	36,7	36,8	36,8	37,1
540	36,9	37,1	37,4	37,6	36,6	36,6	36,7	36,8	36,8	37,0
630	36,9	37,1	37,4	37,6	36,6	36,5	36,6	36,8	36,8	37,0
720	36,9	37,1	37,4	37,6	36,6	36,5	36,6	36,8	36,7	37,0
810	36,9	37,1	37,3	37,6	36,5	36,5	36,6	36,8	36,7	37,0
900	36,9	37,1	37,3	37,6	36,5	36,5	36,6	36,7	36,7	36,9
1080	36,9	37,0	37,3	37,6	36,5	36,5	36,6	36,7	36,7	36,9
1170	36,8	37,0	37,3	37,6	36,5	36,4	36,5	36,7	36,7	36,9
1260	36,8	37,0	37,3	37,5	36,4	36,4	36,5	36,7	36,6	36,8

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.11, se muestra la variación de temperatura en función del tiempo de las pruebas realizadas para la determinación de la constante del calorímetro 2.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11: Variación de temperatura en el calorímetro 2

En la Figura 4.11, se puede observar entre (90 a 270) segundos existe estabilidad en la temperatura en todas las pruebas, dentro de los 360 segundos, hay un incremento de temperatura al momento de agregar el agua caliente. Durante los (360 a 1260) segundos no hay variación de temperatura en el calorímetro 2 manteniéndose constante hasta los (1260) segundos, finalizando el proceso.

4.2.4.1 Cálculo de la constante para el calorímetro 2

Para la determinación de la constante del calorímetro 2 se tomaron en cuenta diez pruebas realizadas, cuyos resultados se muestran en la Tabla 4.14.

Tabla 4.14

Determinación de la constante del calorímetro 2

Pruebas	Masa de agua (g)	Masa de agua caliente (g)	Temperatura de agua (°C)	Temperatura de agua caliente (°C)	Temperatura final de equilibrio (°C)	Ck (J/g°C)
V10	75,15	76,32	25,5	50,7	37,1	59,98
V7	75,12	75,8	25,0	50,7	36,8	59,31
V1	75,54	75,05	25,9	50,6	37,2	56,33
V5	75,26	75,84	24,7	50,5	36,6	55,78
V2	75,07	74,96	25,9	50,5	37,2	55,08
V4	75,39	75,52	26,4	50,7	37,6	54,17
V3	75,75	74,99	26,3	50,7	37,5	52,87
V6	75,27	75,68	24,9	50,4	36,7	52,73
V9	75,28	77,43	25,1	50,7	37,1	52,22
V8	75,61	75,04	25,1	50,7	36,9	50,85

Fuente: Elaboración propia

4.2.5 Determinación del calor específico en las muestras de tomate (*Perita* y *Platense*)

En la determinación del calor específico en tomate variedad *Perita* y *Platense*, se tomaron en cuenta el porcentaje de sólidos totales y humedad en el análisis de los resultados. Para ello, se realizó un análisis del contenido de sólidos totales y humedad en las muestras de tomate, como se detalla en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15**Porcentaje de humedad y extracto seco en las muestras de tomate**

Muestras	Sólidos totales	Humedad
Platense A1	5,18	94,82
Perita A1	5,37	94,63
Platense A2	5,84	94,16
Perita A2	5,99	94,01

Fuente: CEANID, 2024**4.2.5.1 Determinación del calor específico en tomate (*Perita* y *Platense*) con el calorímetro 1**

Para la determinación del calor específico del tomate con el calorímetro 1 se utilizó agua a temperatura ambiente y agua caliente, realizando ocho pruebas tomando en cuenta cuatro muestras para la variedad *Perita* (P1, P2, P3 y P4) y cuatro para la variedad *Platense* (P5, P6, P7 y P8). En la Tabla 4.16, se muestran los resultados obtenidos de la determinación del calor específico en las muestras de tomate para el calorímetro 1

Tabla 4.16**Datos obtenidos del calor específico en tomate con el calorímetro 1**

Prueba	m ₁	m _t	m ₂	T ₁	T ₂	T _f	C _p	Promedio	σ (+-)	Error (%)
1	75,17	30,38	74,60	24,8	50,1	35,4	4,0449	4,0432	0,0025	0,2475
2	75,19	30,35	75,20	25,6	50,3	36,0	4,0414			
3	75,45	30,16	75,11	25,0	50,2	35,6	4,0354	4,0348	0,0008	0,0778
4	75,05	30,64	75,15	25,0	50,2	35,6	4,0343			
5	75,41	30,41	75,02	25,3	50,3	35,8	4,0291	4,0282	0,0013	0,1273
6	75,13	30,70	75,12	25,7	50,2	36,0	4,0273			
7	75,15	30,15	75,40	26,5	50,4	36,6	4,0258	4,0232	0,0038	0,3748
8	75,26	30,26	75,32	26,6	50,3	36,6	4,0205			

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

m₁= masa de agua a temperatura ambiente (g)m₂= masa de agua caliente (g)m_t= masa de la muestra (g)T₁= temperatura inicial (°C)

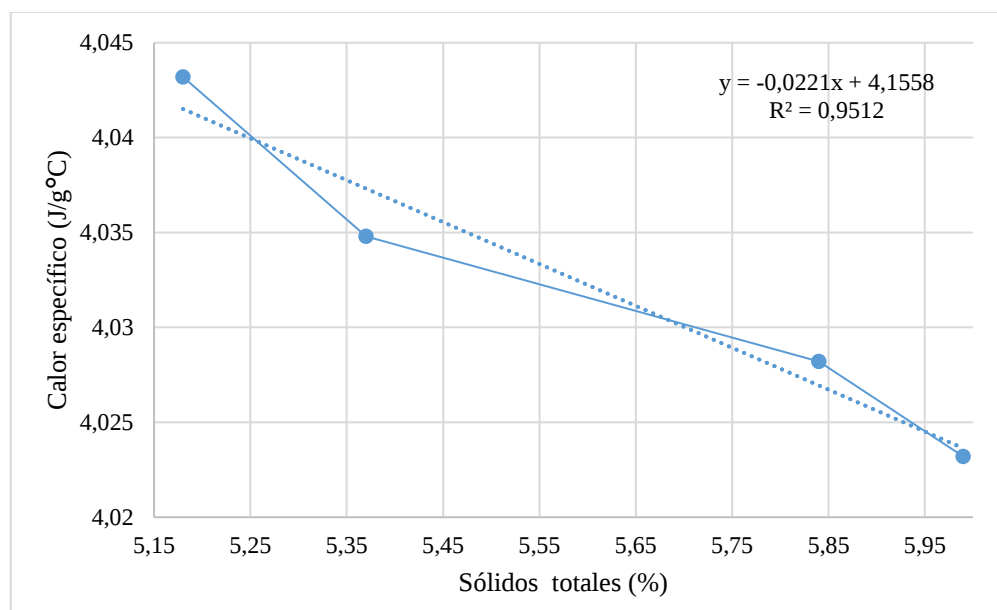
T_2 = temperatura del agua caliente ($^{\circ}\text{C}$)

T_f = temperatura de equilibrio ($^{\circ}\text{C}$)

C_p = calor específico ($\text{J/g}^{\circ}\text{C}$)

σ = desviación estándar

La Figura 4.12, muestra la variación del calor específico para el calorímetro 1, en función del porcentaje de sólidos totales (Tabla 4.15) en las muestras de tomate.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12: Variación del calor específico en tomate en función de sólidos totales

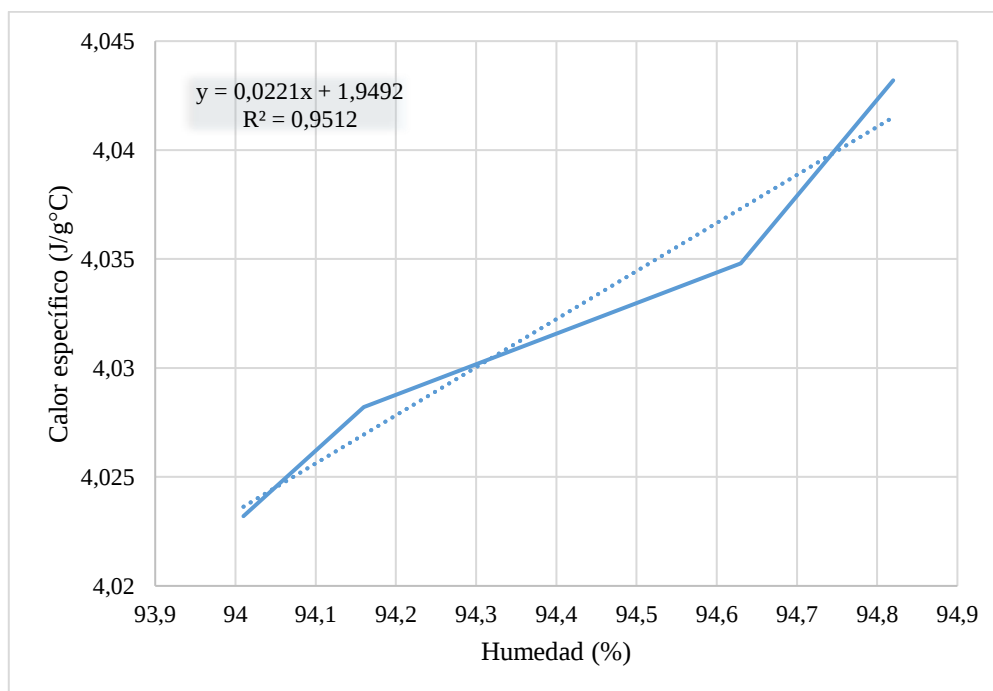
En la Figura 4.12, se puede observar que la determinación del calor específico con el calorímetro 1 se obtuvo un valor del coeficiente de regresión ($R=0,9512$) y una ecuación lineal (4.1):

$$y = -0,0221 * x + 4,1558 \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

Dónde:

X = Porcentaje de sólidos totales (%)

En la Figura 4.13, se muestra la variación del calor específico para el calorímetro 1, en función del porcentaje de humedad en las muestras de tomate.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13: Variación del calor específico en tomate en función de la humedad

En la Figura 4.13, se puede observar que la determinación del calor específico con el calorímetro 1 se obtuvo un valor del coeficiente de regresión ($R=0,9512$) y una ecuación lineal (4.2):

$$y = 0,0221 * x + 1,9492 \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

Dónde:

X = Porcentaje de humedad (%)

4.2.5.2 Determinación del calor específico en tomate (*Perita* y *Platense*) con el calorímetro 2

Para la determinación del calor específico del tomate con el calorímetro 2 se utilizó agua a temperatura ambiente y agua caliente, realizando ocho pruebas tomando en cuenta cuatro muestras para la variedad *Perita* (P01, P02, P03 y P04) y cuatro para la variedad *Platense* (P05, P06, P07 y P08).

En la Tabla 4.17, se muestran los resultados obtenidos de la determinación del calor específico en las muestras de tomate utilizando el calorímetro 2.

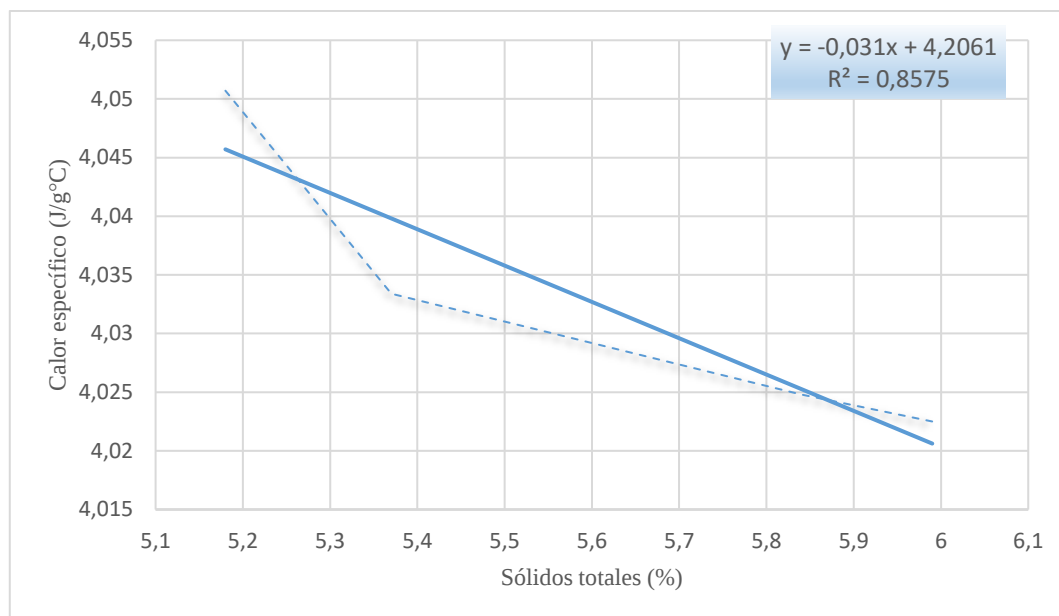
Tabla 4.17

Resultados del calor específico en tomate con el calorímetro 2

Ensayo	masa agua fría	masa muestra	masa agua caliente	T1	T2	Tf	Cp (J/g°C)	$\bar{x}$	σ (+-)	Error (%)
1	75,55	30,35	75,20	25,7	50,2	36,0	4,0547	4,0507	0,0056	0,5586
2	75,14	30,50	70,04	25,3	50,3	35,4	4,0468			
3	75,29	30,08	76,57	25,4	50,5	36,1	4,0335	4,0334	0,0001	0,0141
4	75,26	30,31	75,38	25,6	50,0	35,9	4,0333			
5	75,55	30,01	75,49	24,5	50,3	35,4	4,0237	4,0248	0,0016	0,1485
6	75,75	31,29	76,35	24,4	50,0	35,2	4,0258			
7	75,37	30,14	75,17	25,6	50,5	36,1	4,0235	4,0225	0,0013	0,1345
8	75,45	30,34	75,56	25,5	50,6	36,1	4,0216			

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.14, se muestra la variación del calor específico para el calorímetro 2, en función del porcentaje de sólidos totales en las muestras de tomate.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.14: Variación del calor específico en tomate en función de sólidos totales

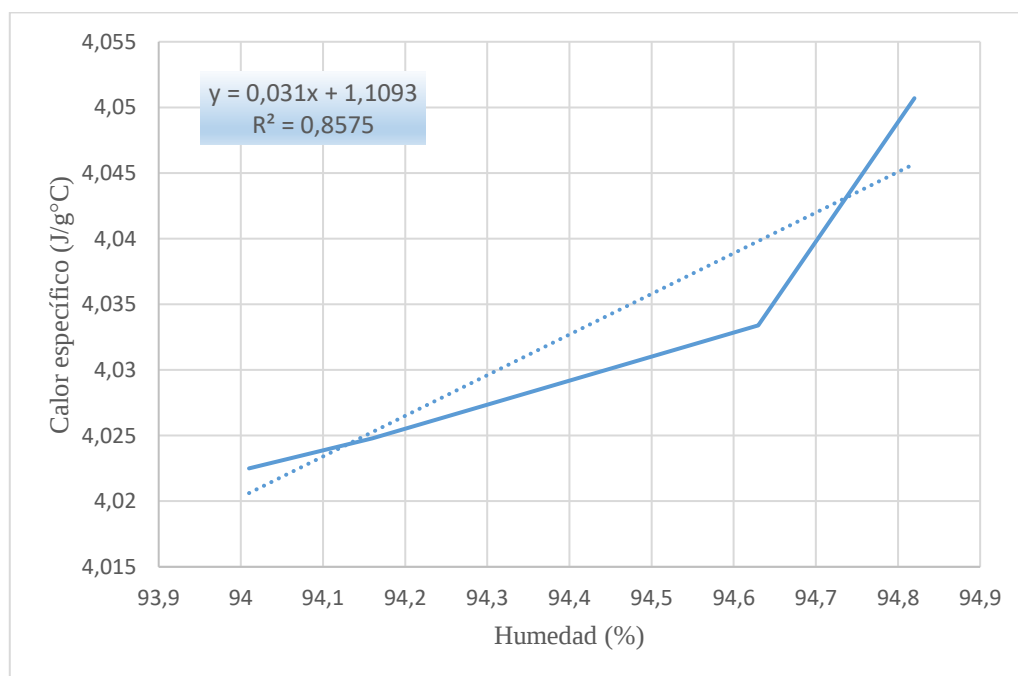
En la Figura 4.14, se puede observar que la determinación del calor específico con el calorímetro 2 se obtuvo un valor del coeficiente de regresión ($R=0,8575$) y una ecuación lineal (4.3):

$$y = -0,031 * x + 4,2061 \quad (\text{Ecuación 4.3})$$

Dónde:

X = Porcentaje de sólidos totales (%)

En la Figura 4.15, se muestra la variación del calor específico para el calorímetro 2, en función del porcentaje de humedad en las muestras de tomate.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15: Variación del calor específico en tomate en función de la humedad

En la Figura 4.15, se puede observar que la determinación del calor específico con el calorímetro 2 se obtuvo un valor del coeficiente de regresión ($R=0,8575$) y una ecuación lineal (4.4):

$$y = 0,031 * x + 1,1093 \quad (\text{Ecuación 4.4})$$

Dónde:

X = Porcentaje de humedad (%)

4.2.5.3 Determinación del calor específico mediante el método de Riedel y Heldman

Para realizar la determinación del calor específico en el tomate mediante el modelo teórico citado por Riedel (1956), donde se tomó en cuenta la fracción másica de humedad (X_w) y también el modelo citado por Heldman (1981), el cual toma en cuenta la fracción másica de agua (X_w), grasa (X_f), proteína (X_p), carbohidratos (X_c), sólidos (X_s) y ceniza (X_a).

En la Tabla 4.18, se muestran los resultados del calor específico según el modelo de Riedel y Heldman para las muestras de tomate, cuyo procedimiento y cálculo se detalla en el (Anexo D).

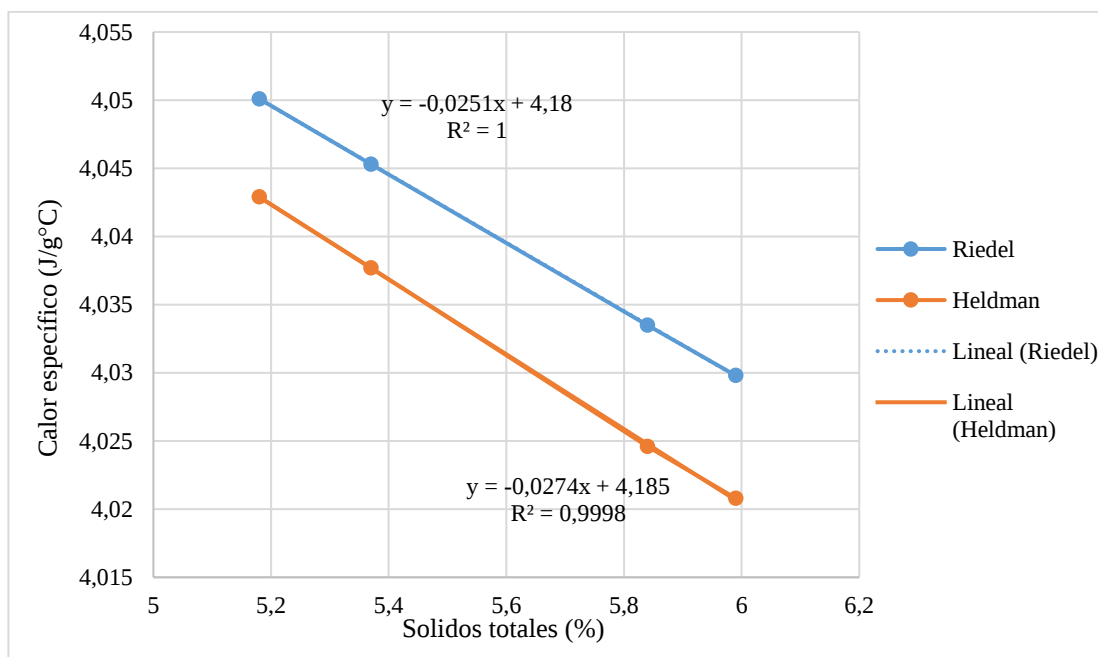
Tabla 4.18

Calor específico según el modelo de Riedel y Helmand

Muestra	X_a	X_f	X_c	X_w	X_p	X_s	Cp (J/g°C)	
							Riedel	Heldman y Singh
Platense A1	0,0053	0,0005	0,0312	0,9463	0,0167	0,0537	4,0453	4,0377
Perita A1	0,0036	0,0005	0,0440	0,9401	0,0117	0,0599	4,0298	4,0208
Platense A2	0,0038	0,0002	0,0454	0,9416	0,009	0,0584	4,0335	4,0246
Perita A2	0,0034	0,0003	0,0404	0,9482	0,0077	0,0518	4,0501	4,0429

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.16, se muestra la variación del calor específico aplicando el modelo de Riedel y Heldman en función del porcentaje de sólidos totales.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16: Calor específico con el modelo de Riedel y Heldman en función del porcentaje de sólidos totales

En la Figura 4.16, se puede observar que la determinación del calor específico con el modelo de Riedel se obtuvo un valor del coeficiente de regresión ($R=1$) y una ecuación lineal (4.5):

$$y = -0,0251 * x + 4,18 \quad (\text{Ecuación 4.5})$$

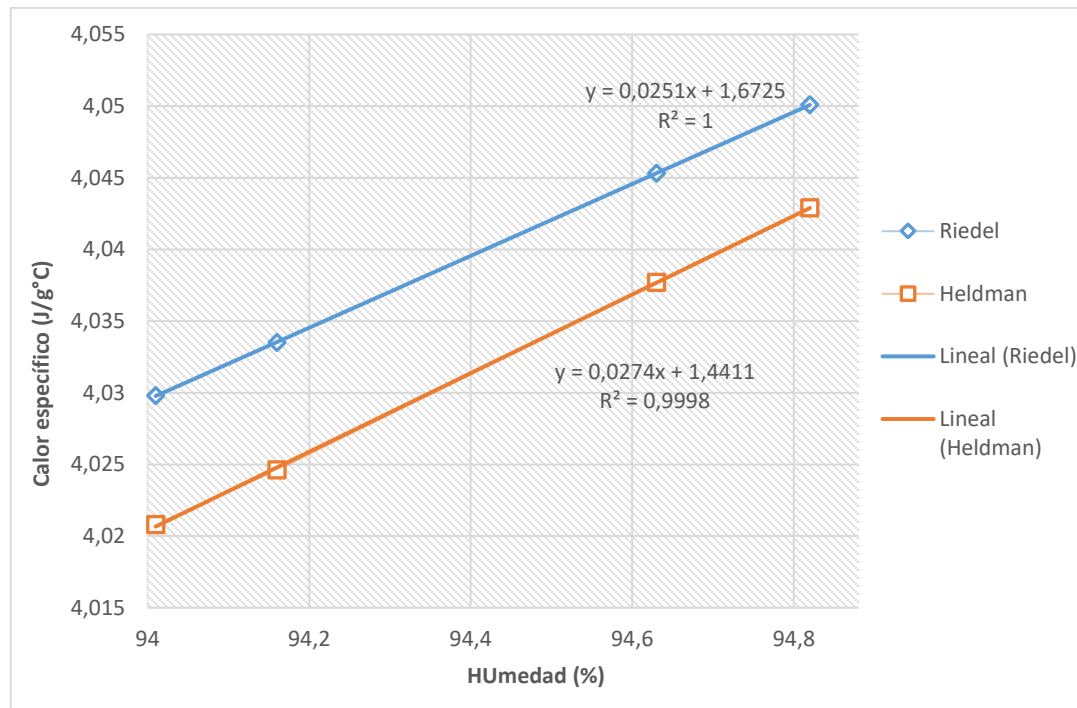
En cambio, para el modelo de Heldman se obtuvo un valor del coeficiente de regresión ($R=0,9998$) y una ecuación lineal (4.6):

$$y = -0,0274 * x + 4,185 \quad (\text{Ecuación 4.6})$$

Dónde:

X = Porcentaje de sólidos totales (%)

En la Figura 4.17, se muestra la variación del calor específico aplicando el modelo de Riedel y Heldman en función del porcentaje de sólidos totales.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17: Calor específico con el modelo de Riedel y Heldman en función del porcentaje de humedad

En la Figura 4.17, se puede observar que la determinación del calor específico con el modelo de Riedel se obtuvo un valor del coeficiente de regresión ($R=1$) y una ecuación lineal (4.5):

$$y = 0,0251 * x + 1,6725 \quad (\text{Ecuación 4.7})$$

En cambio, para el modelo de Heldman se obtuvo un valor del coeficiente de regresión ($R=9998$) y una ecuación lineal (4.6):

$$y = -0,0274 * x + 1,4411 \quad (\text{Ecuación 4.8})$$

Dónde:

X = Porcentaje de humedad (%)

4.2.5.4 Comparación del calor específico experimental con las ecuaciones de Riedel y Helmand

En la Tabla 4.19, se muestra los valores del calor específico obtenidos tanto con el calorímetro 1, calorímetro 2 como con el modelo teórico de Riedel y modelo de Heldman; con el fin de evaluar la precisión de los modelos en comparación con los datos experimentales obtenidos.

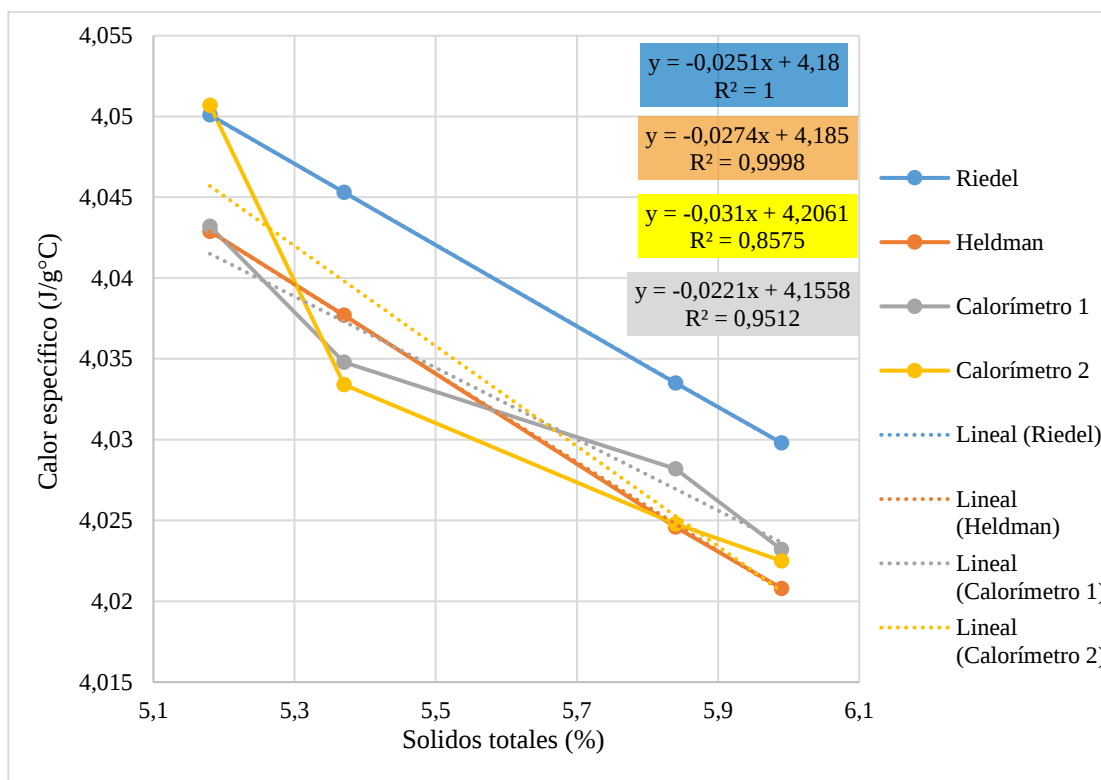
Tabla 4.19

Calor específico con el calorímetro 1, calorímetro 2 y los modelos teóricos

Muestra	Sólidos totales	Humedad	Calor específico (J/g°C)			
			Riedel	Heldman	Calorímetro 1	Calorímetro 2
<i>Platense A1</i>	5,18	94,82	4,0501	4,0429	4,0432	4,0507
<i>Perita A1</i>	5,37	94,63	4,0453	4,0377	4,0348	4,0334
<i>Platense A2</i>	5,84	94,16	4,0335	4,0246	4,0282	4,0248
<i>Perita A2</i>	5,99	94,01	4,0298	4,0208	4,0232	4,0225

Fuente: Elaboración propia

La Figura 4.18, muestra la comparación entre los valores del calor específico con el calorímetro 1, calorímetro 2 con los modelos teóricos de Riedel y Heldman en función del porcentaje de sólidos totales.

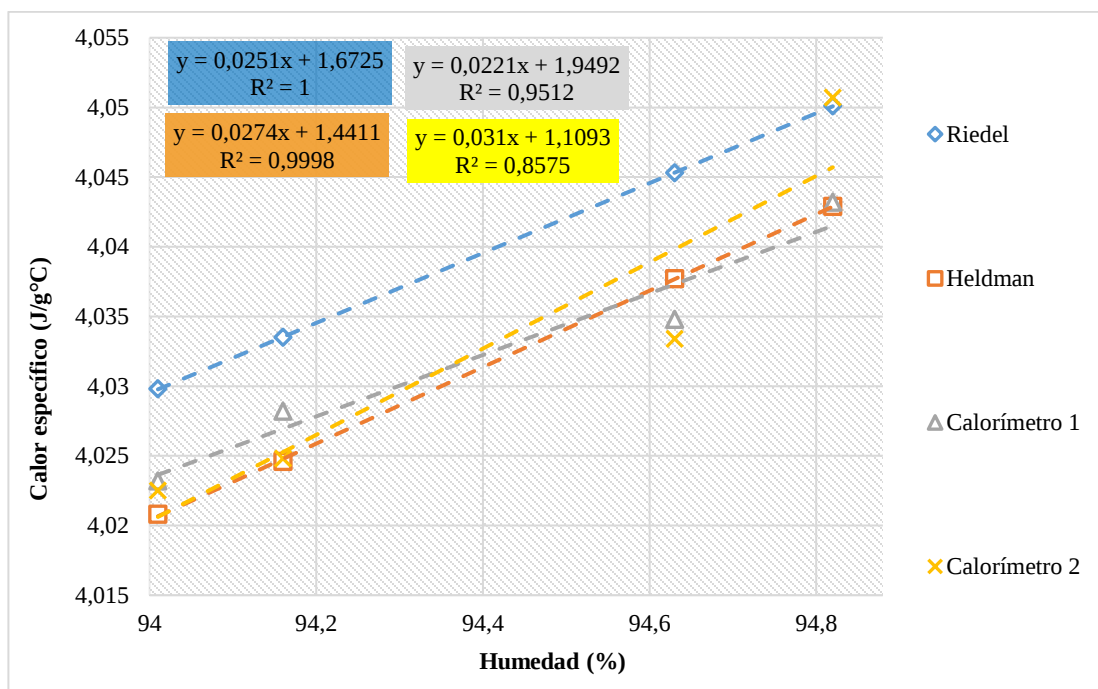


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18: Comparación del calor específico del calorímetro 1, Calorímetro 2 con el modelo de Riedel y Heldman

En base a la Figura 4.18, se puede establecer que el mejor coeficiente de correlación corresponde al método del modelo de Riedel ($R=1$). Además, entre ambos calorímetros, se afirma que el mejor es el calorímetro 1; que presenta un mayor coeficiente de correlación ($R=0,9512$).

La Figura 4.19, muestra la comparación entre los valores del calor específico con el calorímetro 1, calorímetro 2 con los modelos teóricos de Riedel y Heldman en función del porcentaje de humedad.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19: Comparación del calor específico del calorímetro 1, Calorímetro 2 con el modelo de Riedel y Heldman

En base a la Figura 4.19, se puede establecer que el mejor coeficiente de correlación corresponde al método del modelo de Riedel ($R=1$). Además, entre ambos calorímetros, se afirma que el mejor es el calorímetro 1; que presenta un mayor coeficiente de correlación ($R=0,9512$).

Por lo tanto, la consistencia en los resultados entre los diferentes métodos refuerza la validez de la relación entre el porcentaje de sólidos totales - humedad y el calor específico de las muestras de tomate.

4.4 Matriz experimental de factores para determinar calor específico en tomate

Para aplicar el diseño experimental en la determinación del calor específico en tomate, se realizó la matriz experimental considerando los factores: método (A: Calorímetro 1, Calorímetro 2, Riedel y Heldman) y porcentaje de sólidos totales – humedad (B). Tomando en cuenta la variable respuesta el calor específico tomando en cuenta los sólidos totales y los resultados. En la Tabla 4.20, se muestra los resultados de la matriz experimental de factores para el calor específico tomando en cuenta los sólidos totales.

Tabla 4.20**Matriz experimental de factores para calor específico en tomate para sólidos totales**

Factor A	Factor B - Sólidos totales (%)			
	5,1800	5,3700	5,8400	5,9900
Calorímetro 1	4,0432	4,0348	4,0282	4,0232
Calorímetro 2	4,0507	4,0334	4,0248	4,0225
Riedel	4,0501	4,0453	4,0335	4,0298
Heldman	4,0429	4,0377	4,0246	4,0208

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.21, se muestra los resultados de la matriz experimental de factores para el calor específico tomando en cuenta la humedad.

Tabla 4.21**Matriz experimental de factores para calor específico en tomate para humedad**

Factor A	Factor B - Humedad (%)			
	94,8200	94,6300	94,1600	94,0100
Calorímetro 1	4,0432	4,0348	4,0282	4,0232
Calorímetro 2	4,0507	4,0334	4,0248	4,0225
Riedel	4,0501	4,0453	4,0335	4,0298
Heldman	4,0429	4,0377	4,0246	4,0208

Fuente: Elaboración propia**4.4.1 Diseño experimental DBCA de la variable calor específico del tomate**

La Tabla 4.22 muestra los resultados del análisis de varianza correspondiente al diseño de bloques completamente al azar (DBCA), realizado con el software Statgraphics Centurion versión 19 para Windows 10, utilizando datos obtenidos del (Anexo H), y teniendo como variable de respuesta el calor específico para humedad.

Tabla 4.22**Análisis de varianza para la variable respuesta calor específico para humedad**

FV	GL	SC	MC	Fcal	Ftab	Valor p
Factor A	3	0,001254	0,000418	55,63	3,86	0,000004
Factor B	3	0,000170	0,000057	7,53	3,86	0,007951
Error	9	0,000068	0,000008	-	-	-
Total	15	0,001492	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza indica que el factor A (método) presenta una diferencia significativa, ya que ($F_{cal} > F_{tab}$). Así mismo, el factor B (porcentaje de humedad)

también muestra significancia, dado que ($F_{cal} > F_{tab}$). En consecuencia, se rechaza la hipótesis inicial y se concluye que ambos factores son significativamente diferentes para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

En la Tabla 4.23, se muestra los resultados del análisis de varianza correspondiente al diseño de bloques completamente al azar (DBCA), utilizando datos obtenidos del (Anexo H), y teniendo como variable respuesta el calor específico para sólidos totales.

Tabla 4.23

Análisis de varianza para la variable respuesta calor específico para sólidos totales

FV	GL	SC	MC	Fcal	Ftab	Valor p
Factor A	3	0,001254	0,000418	55,63	3,86	0,000004
Factor B	3	0,000170	0,000057	7,53	3,86	0,007951
Error	9	0,000068	0,000008	-	-	-
Total	15	0,001492	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza indica que el factor A (método) presenta una diferencia significativa, ya que ($F_{cal} > F_{tab}$). Así mismo, el factor B (porcentaje de sólidos totales) también muestra significancia, dado que ($F_{cal} > F_{tab}$). En consecuencia, se rechaza la hipótesis inicial y se concluye que ambos factores son significativamente 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 tomate

La Tabla 4.24 muestra los resultados del análisis estadístico de Tukey aplicado a los métodos empleados (Calorímetro 1, Calorímetro 2, Riedel y Heldman) para medir el calor específico en las muestras de tomate para establecer que resultados son diferentes (Anexo H).

Tabla 4.24

**Estadístico de Tukey de los métodos para la medición del calor específico en tomate
(Perita y Platense)**

Método	N	Media	Agrupación	
Riedel	4	4,03967	A	
Heldman	4	4,03285		B
Calorímetro 2	4	4,03235		B
Calorímetro 1	4	4,03150		B

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 4.24, no se evidencia una diferencia significativa entre los métodos calorímetro 1, calorímetro 2 y el modelo de Heldman; no obstante, el método basado en el modelo de Riedel sí presenta una diferencia significativa, considerando un nivel de significancia $\alpha = 0,05$

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- De acuerdo con los análisis fisicoquímicos, el tomate de la variedad *Perita* presenta los siguientes valores: Grasa 0,03 %, Fibra 0,59 %, cenizas 0,34 %, proteína total (Nx6,25) 0,77 %, hidratos de carbono 4,04 %, humedad 94,82 % y un valor energético de 20 Kcal por cada 100 gramos. En comparación, el tomate de la variedad *Platense* contiene: Grasa 0,02 %, Fibra 0,41 %, cenizas 0,38 %, proteína total (Nx6,25) 0,90 %, hidratos de carbono 4,54 %, humedad 94,16 % y valor energético de 22 Kcal/100 g.
- Según los análisis microbiológicos, el tomate *Perita* presentó una carga de mohos y levaduras de $4,0 \times 10^1$ UFC/g y bacterias aerobias mesófilas de $1,3 \times 10^3$ UFC/g. En tanto que el tomate *Platense* mostró un recuento de mohos y levaduras de $3,0 \times 10^1$ UFC/g y bacterias aerobias mesófilas de $1,6 \times 10^3$ UFC/g.
- En la calibración del calorímetro 1, se determinó que el tiempo óptimo para registrar la temperatura fue de 60 segundos, obteniendo un coeficiente de correlación de $R=0,9789$. Por su parte, el calorímetro 2 mostró mejores resultados al registrar la temperatura a 90 segundos, con un coeficiente de correlación de $R=0,9891$.
- En la determinación experimental de la constante calorimétrica, se obtuvo un valor promedio de $K=44,54 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ para el calorímetro 1, mientras que el calorímetro 2 presentó un valor promedio de $K=54,93 \text{ J/g}^\circ\text{C}$.
- Al calcular el calor específico de las muestras de tomate *Perita* y *Platense* utilizando el calorímetro 1, se obtuvo un coeficiente de correlación de $R=0,9512$. En el caso del calorímetro 2, este coeficiente fue ligeramente inferior, con un valor de $R=0,8575$.
- Cuando se aplicó el modelo de Riedel para estimar el calor específico de ambas variedades de tomate, se obtuvo un ajuste perfecto con un coeficiente de correlación de $R=1$. En cambio, el modelo de Heldman mostró una excelente aproximación con un coeficiente de $R=0,9998$.

- Comparando los modelos teóricos, se concluyó que el que mejor se ajusta a los datos experimentales es el de Riedel ($R=1$). Asimismo, entre los calorímetros utilizados, el que mostró un mejor ajuste fue el calorímetro 1, con un coeficiente de $R=0,9512$.
- Al aplicar el diseño experimental completamente al azar por bloques sobre la variable dependiente (calor específico), se determinó que los factores A (método: calorímetro 1, calorímetro 2, Riedel y Heldman) y B (contenido de humedad y sólidos totales) son estadísticamente significativos al nivel de confianza $\alpha = 0,05$, dado que ($F_{cal} > F_{tab}$), lo que lleva al rechazo de la hipótesis nula.
- Según la prueba de Tukey aplicada al factor B, no se evidencian diferencias significativas entre los métodos de calorímetro 1, calorímetro 2 y el modelo de Heldman; sin embargo, sí hay una diferencia significativa cuando se compara con el modelo de Riedel, manteniendo el mismo nivel de significancia ($\alpha = 0,05$).

5.2 Recomendaciones

- Aplicar otros métodos calorimétricos: Para validar los resultados, sería conveniente comparar los datos obtenidos mediante calorimetría de mezclas con otros métodos, como la calorimetría diferencial de barrido.
- Implementar software para el análisis térmico: Usar herramientas digitales para el procesamiento de datos puede aumentar la precisión en los cálculos y facilitar la interpretación estadística de los resultados.
- Mejorar el diseño del calorímetro de mezclas, automatizando la obtención de los resultados mediante la utilización de un sensor de temperatura para el registro de la variación de temperatura.

