Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias Agrarias
Escuela de Ingeniería en Alimentos

Determinación de la fracción de agua no congelada en murta (*Ugni molinae* Turcz) mediante termoanálisis con el calorímetro diferencial de barrido

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Ciencia de los Alimentos

Luis Salvador Gómez Pérez
Valdivia – Chile
2009

PROFESOR PATROCINANTE:

Prof. Dr.-Ing. Kong Shun Ah-Hen
Ingeniero en Alimentos, Dipl.-Ing., Dr.-Ing.
Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos .....

PROFESORES INFORMANTES:

Prof. Erwin R. Carrasco Ruiz
Ingeniero Civil Químico
Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos .....

Prof. Fernando E. Figuerola Rivas
Ingeniero Agrónomo, M.S. Food Science
Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos .....

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su gran apoyo durante mi vida y por darme la oportunidad de optar a una carrera universitaria, siempre estuvieron en todo momento para poder seguir adelante en este proceso.

A las enseñanzas de los profesores del instituto y en especial al profesor Dr. Kong Shun Ah – Hen que me aceptó como estudiante tesista y siempre tuvo buena disposición para despejar las dudas y guiarme durante esta etapa.

A Paulina, que siempre estuvo presente con su amor, comprensión y paciencia otorgando claridad y buenos consejos.

No puedo dejar de lado a Otto y don Tito que jamás se hicieron problema con los horarios del laboratorio.

Por último, no por eso menos importante, agradecer la confianza y el apoyo de mi hermana, tíos, tías, primos, primas y amigos.

A todos ustedes….Gracias.

Dedicado a mis padres y abuelitos.

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	La murta o murtilla (*Ugni molinae* Turcz.)	3
2.2	Calor y calorimetría	4
2.2.1	Generalidades sobre la calorimetría diferencial de barrido	4
2.2.2	Utilización de la calorimetría diferencial de barrido en la Ciencia de los Alimentos	7
2.2.3	Transiciones térmicas	8
2.2.3.1	Fusión	8
2.2.3.2	Cristalización	9
2.2.3.3	Transición vítrea	10
2.3	Congelación de alimentos	11
2.3.1	Fases del proceso de congelación	11
2.3.2	Efectos de la congelación sobre los alimentos	12
2.3.3	Importancia de la velocidad de congelación	13
2.3.4	Influencia de la congelación sobre la flora de los alimentos	13
2.3.5	Congelación en frutas	13
2.4	Propiedades coligativas	14
2.5	Distribución de agua en los alimentos	16
3	MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1	Lugar de ensayo	18
3.2	Materiales	18
3.2.1	Materia prima	18
3.2.2	Equipos e instrumentos	18
3.3	Métodos	20
3.3.1	Selección de materia prima	20
3.3.2	Calibración del equipo de DSC	20
3.3.3	Condiciones de ensayo	21
3.3.4	Validación del ensayo	22
3.3.5	Preparación de la muestra	22
3.3.6	Medición del contenido de agua	23
3.3.7	Análisis de termogramas	23
3.3.7.1	Cálculo de punto de congelación	23
3.3.7.2	Cálculo de energía latente	24
3.3.7.3	Cálculo de fracción de agua no congelada (FANC)	24
3.3.8	Análisis estadístico de los resultados	25

4	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	27
4.1	Calibración de equipo DSC	27
4.2	Validación de ensayo	27
4.3	Medición del contenido de agua en las muestras de murta	29
4.4	Análisis de termogramas DSC para murta 19-1 y murta 27-1	32
4.4.1	Punto de congelación	35
4.4.2	Energía latente	40
4.4.3	Fracción y porcentaje de agua no congelada	45
5	CONCLUSIONES	54
6	RESUMEN	56
	SUMMARY	57
7	BIBLIOGRAFÍA	58
	ANEXOS	61

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Propiedades térmicas del metal indio	20
2	Propiedades térmicas del agua	27
3	Evaluación de la muestra de agua destilada	28
4	Contenido de agua en la pulpa, piel y pepa de la murta 19 - 1	29
5	Contenido de agua en la pulpa, piel y pepa de la murta 27 - 1	30
6	Contraste múltiple de rango para contenido de agua de pulpa, piel y pepa de murtas 19-1 y 27-1	31
7	Onset para los procesos de cristalización y fusión de pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1	36
8	Energía latente para los procesos de cristalización y fusión de la pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1	41
9	Fracción y contenido de agua no congelada para la pulpa, piel y pepa de murta 19-1	47
10	Fracción y contenido de agua no congelada para la pulpa, piel y pepa de murta 27-1	48

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Fruto de la murtilla *Ugni molinae* Turcz	3
2	Esquema de un equipo de DSC	5
3	Corte transversal de un calorímetro diferencial de barrido de Mettler Toledo, modelo 823e	6
4	Representación esquemática de un termograma obtenido por DSC de una reacción de primer orden (fusión)	7
5	Representación esquemática de un termograma obtenido por DSC de una reacción de segundo orden (transición vítrea)	7
6	Fusión del ácido acetil salicílico	9
7	Cristalización sulfapiridina	10
8	Transición vítrea de goma de poliuretano	10
9	Potencial químico del disolvente en presencia de soluto	14
10	Equilibrio heterogéneo	15
11	Punto de congelación de especies frutales y hortalizas	15
12	Variación del porcentaje de agua congelada con la temperatura de congelación en frutas y hortalizas	16
13	Murta (*Ugni molinae* Turcz.) ecotipos 19-1 y 27-1	18
14	Equipos e instrumentos de trabajo	19
15	Método de calibración del equipo de DSC	20
16	Evaluación curva de calibración DSC	21
17	Programa de temperatura con un enfriamiento hasta -40 ºC y un posterior calentamiento hasta 90 ºC	21
18	Esquema preparación de muestra	22
19	Cálculo de ONSET en el menú TA	23
20	Aplicación de la opción INTEGRATION	24
21	Aplicación de la opción CRYSTALLINITY	25
22	Termograma evaluado de una muestra de indio	27
23	Termograma DSC evaluado de una muestra de agua destilada	28
24	Gráfico de Tukey para contenido de agua de pulpa, piel y pepa murtas 19-1 y 27-1	30
25	Gráficos de Tukey para contenido de agua: Comparación por sección de ambos ecotipos	32
26	Termogramas DSC para una muestra de pulpa, piel y pepa de murta 19-1 durante un proceso de congelación y descongelación	33
27	Termograma DSC comparativo de pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1 durante un proceso de congelación y descongelación	33
28	Termograma evaluado de la muestra 1 de pulpa, piel y pepa 19-1	34
29	Termograma evaluado de la muestra 1 de pulpa, piel y pepa 27-1	34

30	Gráficos de Tukey Onset pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1 en el proceso de congelación	37
31	Gráficos de Tukey Onset pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1 en el proceso de descongelación	37
32	Gráfico de Tukey Onset para los procesos de congelación y descongelación para pulpa, piel y pepa de murta 19-1	38
33	Gráfico de Tukey Onset para los procesos de congelación y descongelación para pulpa, piel y pepa de murta 27-1	38
34	Gráfico de Tukey Onset proceso de congelación de la murta 19 1 y 27 1 para pulpa, piel y pepa	39
35	Gráfico de Tukey y Cajas y Bigotes Onset proceso descongelación de la murta 19-1 y 27-1 para pulpa, piel y pepa	40
36	Gráficos de Tukey energía latente en pulpa, piel y pepa de murta 19 1 y 27 1 en el proceso de congelación	42
37	Gráficos de Tukey energía latente en pulpa, piel y pepa de murta 19 1 y 27 1 en el proceso de descongelación	42
38	Gráfico de Tukey energía latente para los procesos de congelación y descongelación para pulpa, piel y pepa de murta 19-1	43
39	Gráfico de Tukey energía latente para los procesos de congelación y descongelación para pulpa, piel y pepa de murta 27-1	43
40	Gráfico de Tukey y Cajas y Bigotes Energía proceso congelación de la murta 19-1 y 27-1 para pulpa, piel y pepa	44
41	Gráfico de Tukey y Cajas y Bigotes Energía proceso descongelación de la murta 19-1 y 27-1 para pulpa, piel y pepa	45
42	Comparación de termogramas DSC de pulpa fresca y pulpa seca de murta 19 1 y 27 1	46
43	Gráficos de Tukey FANC pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1 en el proceso de congelación	49
44	Gráficos de Tukey FANC pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1 en el proceso de descongelación	49
45	Gráfico de Tukey FANC para los procesos de congelación y descongelación para pulpa, piel y pepa de murta 19-1	50
46	Gráfico de Tukey FANC para los procesos de congelación y descongelación para pulpa, piel y pepa de murta 27-1	50
47	Gráfico de Tukey FANC proceso congelación de la murta 19-1 y 27-1 para pulpa, piel y pepa	51
48	Gráfico de Tukey FANC proceso descongelación de la murta 19 1 y 27 1 para pulpa, piel y pepa	52
49	Contenido de agua no congelada para pulpa, piel y pepa de murta 19 1 en procesos de congelación y descongelación	52
50	Contenido de agua no congelada para pulpa, piel y pepa de murta 27 1 en procesos de congelación y descongelación	53

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Configuración software STARe 9.01	62
2	Métodos de evaluación de termogramas	70
3	Medición del contenido de agua en las muestras de murta	74
4	Termogramas comportamiento de diferentes secciones de la murta y ecotipos	78
5	Termograma comparación entre secciones de la murta	84
6	Termograma evaluación de curvas DSC	92
7	Termogramas comparación muestras secas y frescas	98
8	Análisis estadístico de contenido de agua de muestras de murta	104
9	Análisis estadístico del valor de onset de las muestras de murta	113
10	Análisis estadístico de energía latente de las muestras de murta	122
11	Análisis estadístico de fracción de agua y porcentaje de agua no congelada de las muestras de murta	132

1. INTRODUCCIÓN

En el sur de Chile, durante las últimas décadas comenzaron a desarrollarse diversos cultivos de berries, frutos muy apetecidos en el mercado debido a que presentan bajas calorías y excelentes propiedades nutricionales. Contienen mucha fibra, un alto nivel de antioxidantes y de vitamina C, lo que hace que su consumo sea muy beneficioso para la salud.

Uno de estos cultivos es la murta (*Ugni molinae* Turcz), la que se ha instalado especialmente en la zona sur, desde la V a la X región.

Este producto perfila interesantes alcances de crecimiento productivo y económico, debido a que es muy cotizado en los mercados nacionales como internacionales por sus propiedades organolépticas, tales como, color, olor y sabor. La comercialización de la murta se realiza básicamente en fresco o en subproductos como mermeladas, jarabes o licores, dado que los productores no han desarrollado alternativas de congelado de la misma, lo cual hace que éste sea de producción y comercialización estacionaria, fundamentalmente en temporada de verano a otoño. De aquí el interés fundamental de conocer el comportamiento del fruto al ser sometido a un proceso de congelación.

Al congelar o descongelar frutas, ocurren una serie de eventos térmicos tales como cristalización, transición vítrea y fusión. Entre las transiciones más importantes que ocurren normalmente en los alimentos, a las condiciones normales de almacenamiento y consumo, se encuentran las ocurridas en fase acuosa (agua con solutos moleculares, iónicos o poliméricos) del mismo.

Esta fase es mayoritaria en una gran parte de los alimentos y sus transiciones tienen una gran influencia en la estabilidad y calidad del producto. Así por ejemplo, el calor de fusión implica un drástico aumento de energía (calor latente), cuya magnitud es necesaria conocer para utilizar en los cálculos de balance de energía en el diseño de procesos.

En el proceso de congelación existe generalmente una cierta cantidad de agua que no se congela a temperaturas bajo cero, la cual favorecería posibles reacciones y crecimiento microbiano en una fruta. En consideración a esto se propone en este trabajo determinar mediante ensayos de calorimetría diferencial de barrido el agua no congelada en 2 ecotipos de murta (19-1 y 27-1).

Como **hipótesis** de esta investigación se postula que:

"El calorímetro diferencial de barrido es un instrumento capaz de determinar la fracción de agua no congelada en tres diferentes secciones de la murta tales como, pulpa, piel (epidermis) y pepa (semilla) y que a través de este estudio es posible demostrar que dicha fracción de agua no congelada es diferente en cada una de estas secciones."

Para probar esta hipótesis se plantean los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Determinar el comportamiento de congelación y descongelación de pulpa, epidermis y semilla de murta a través del método de la calorimetría diferencial de barrido.

Objetivos específicos:

- Determinar el contenido de agua en muestras frescas de pulpa, epidermis y semilla de murta que posteriormente serán sometidas al proceso de congelación y descongelación.
- Obtener termogramas en un rango de temperatura entre 25ºC a -40ºC para muestras frescas y secas, de pulpa, epidermis y semilla de murta, utilizando el calorímetro diferencial de barrido.
- Analizar los termogramas obtenidos para determinar valores de punto de congelación para pulpa, epidermis y semilla de murta en ambos ecotipos.
- Analizar los termogramas obtenidos para determinar valores de energía latente de congelación y descongelación.
- Determinar la fracción y el porcentaje de agua no congelada en pulpa, epidermis y semilla de murta.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 La murta o Murtilla (*Ugni molinae* Turcz)

La murta o murtilla (*Ugni molinae* Turcz) es una planta arbustiva, perenne, de la familia de las Mirtáceas (HOFFMAN, 1982) que crece en forma silvestre desarrollándose sola o asociada a otros vegetales arbóreos o arbustivos (TORRES *et* al*.*, 1999). Es una especie nativa de Chile, que se produce desde Valparaíso (V región) hasta Chiloé (X región), ubicándose principalmente en zonas de la precordillera de Los Andes, cordillera de la Costa y algunos sectores del secano interior, es decir, es capaz de crecer en terrenos de baja fertilidad pero con buen drenaje (VENEGAS *et* al, 1993).

La planta es un arbusto de hoja persistente, que puede alcanzar hasta una altura de 1,6 m., con hojas opuestas generalmente ovoides y puntiagudas, con un largo de 1 cm a 7 cm, aproximadamente. El fruto (FIGURA 1) es una baya globosa, rojiza, fragante, de 6 mm a 10 mm de diámetro (MUÑOZ, 1966 citado por LAVIN Y MUÑOZ, 1988).

Según TORRES *et* al*.* (1999), en la murta podemos encontrar valores de diámetro ecuatorial entre 0,75 cm a 1,07 cm, siendo más frecuente observar valores entre 0,80 cm a 0,91 cm. El diámetro polar fluctúa de 0,81 cm a 1,13 cm, presentándose más regularmente el rango de 0,92 cm a 0,97 cm.

En relación al peso unitario este fruto presenta valores de 0,25 g a 0,69 g, observándose con mayor frecuencia valores de 0,47 g. En cuanto a sólidos solubles se menciona un rango de 9,2 ºBrix a 28 ºBrix, obteniéndose con mayor regularidad un rango de 18,6 ºBrix a 21,7 ºBrix. Por su parte, el pH de este fruto varía entre 3,1 a 4,4, siendo más frecuente que presente un rango de 3,54 a 3,77.



FIGURA 1: Fruto de la murtilla *Ugni molinae* Turcz.

Por su peculiar aroma y sabor, este fruto es de gran interés para el consumidor norteamericano y europeo, quienes se sienten atraídos por un producto que además, no presenta ningún tipo de tratamiento químico durante las diferentes etapas de

producción, por lo que podría llegar a constituir un nuevo e interesante recurso de exportación no tradicional (VENEGAS *et* al, 1993).

2.2 Calor y Calorimetría

El calor puede visualizarse como una cantidad de energía transferida a través de la frontera de un sistema debido a la diferencia de temperatura entre el sistema y su entorno (JEWETT y SERWEY, 2005).

La calorimetría como ciencia y tecnología se ocupa de la medición de la energía y la entalpía (ROLLE, 2006). Con la calorimetría se han obtenido mediciones precisas de puntos triples, puntos críticos, curvas de saturación, calores específicos y otras propiedades térmicas.

Se usan varios tipos de calorímetros, los cuales pueden clasificarse de la siguiente manera:

a) el principio de medida:
- Compensación del efecto térmico por transición de fase.
- Compensación del efecto térmico por efecto termoeléctrico.
- Medida de diferencia de temperatura, ΔT local.
- Medida de diferencia de temperatura, ΔT en función del tiempo.

b) el modo de operación:
- Isotérmico.
- Isoperibol.
- Adiabático.
- Barrido de temperatura del entorno.
- Isoperibol de barrido.
- De barrido de temperatura adiabático.

c) el principio de construcción:
- Calorímetro simple.
- De células gemelas.

2.2.1 Generalidades sobre la calorimetría diferencial de barrido. La calorimetría diferencial de barrido (en adelante, DSC) se basa en la medición de un flujo de calor que debe suministrarse a una velocidad constante, independientemente, a una muestra M y a una referencia estándar R, para que ambas sigan el mismo programa de temperatura *Tp* (SAJA *et* al, 2005). La transmisión de calor debe ser instantánea, por lo cual se trabaja con muestras muy pequeñas que son colocadas en crisoles cerrados herméticamente, para impedir que se produzcan cambios de humedad durante el proceso. Es muy importante que el contenido de agua de las muestras permanezca constante durante la determinación de una transición, puesto que la cantidad de agua tiene una gran influencia sobre la temperatura a la cual se produce dicho efecto térmico (MARTÍNEZ, 1998).

En la FIGURA 2 se observa un esquema típico de un equipo de DSC. Los crisoles que contienen, respectivamente, la muestra y la referencia, están equipados con sensores para la medida de la temperatura y resistencias de calentamiento independientes. Un sistema de control permite que las temperaturas instantáneas de cada crisol (T_M y T_R) se midan y se comparen continuamente con el valor de temperatura programado *Tp*. El sistema trabaja de modo tal, que la energía suministrada en cada instante, por cada resistencia de calentamiento, sea proporcional a la diferencia de temperaturas entre cada crisol y la temperatura programada, de acuerdo con lo siguiente:

$$E_M = W_M(T_M - T_P) \qquad \text{Ec. 2.1}$$

$$E_R = W_R(T_R - T_P) \qquad \text{Ec.2.2}$$

E_M y E_R son las energías suministradas por las resistencias, mientras que W_M y W_R son constantes del sistema, que dependen de las características de cada material, la muestra y la referencia (SAJA *et al*., 2005).

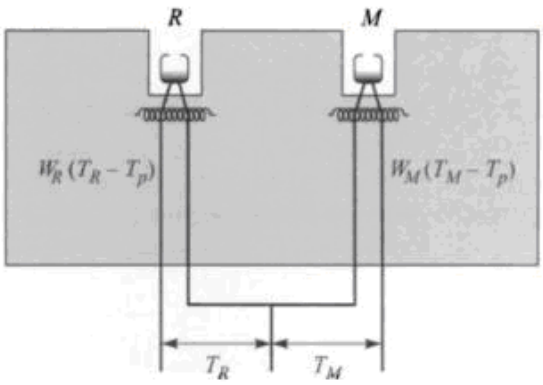


FIGURA 2: Esquema de un equipo de DSC.

FUENTE: SAJA *et* al*.,* 2005

A cada instante, la diferencia de energía, ΔE, requerida para mantener la temperatura de las dos celdas a la temperatura programada, es representada en un termograma como una función de la temperatura programada, *Tp*. En la FIGURA 3 se presenta un corte transversal de un equipo de DSC utilizado en laboratorio.

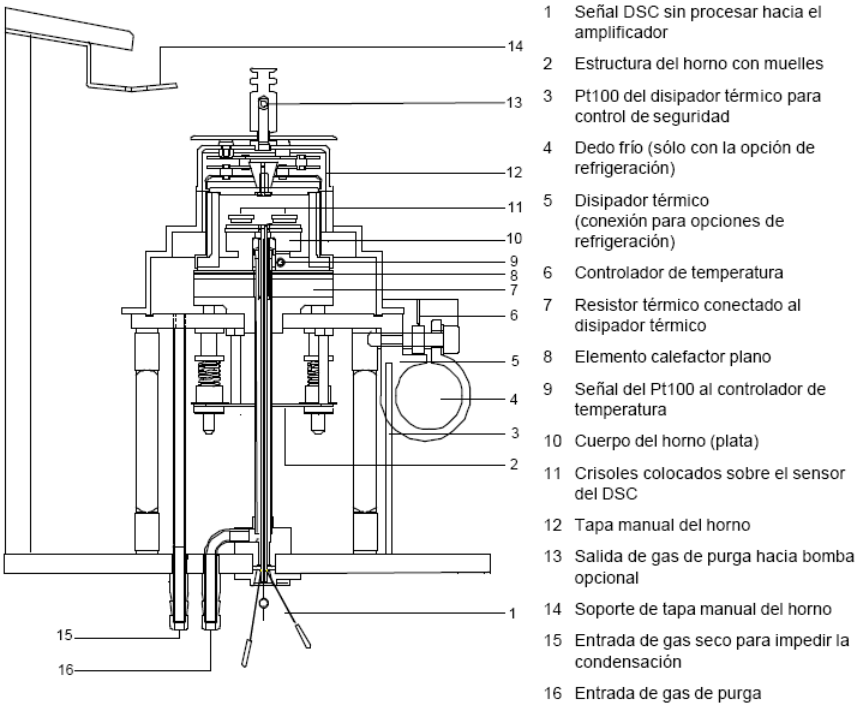


FIGURA 3: Corte transversal de un calorímetro diferencial de barrido de Mettler Toledo, modelo 823e.

FUENTE: METTLER TOLEDO, 2003

Esta técnica se utiliza para detectar cambios endotérmicos o exotérmicos que ocurren durante una medida dinámica en función de la temperatura. Estos cambios son denominados transiciones térmicas o eventos térmicos. Las transiciones térmicas de primer orden (FIGURA 4) producen picos y las de segundo orden (FIGURA 5) presentan saltos en el flujo de calor.

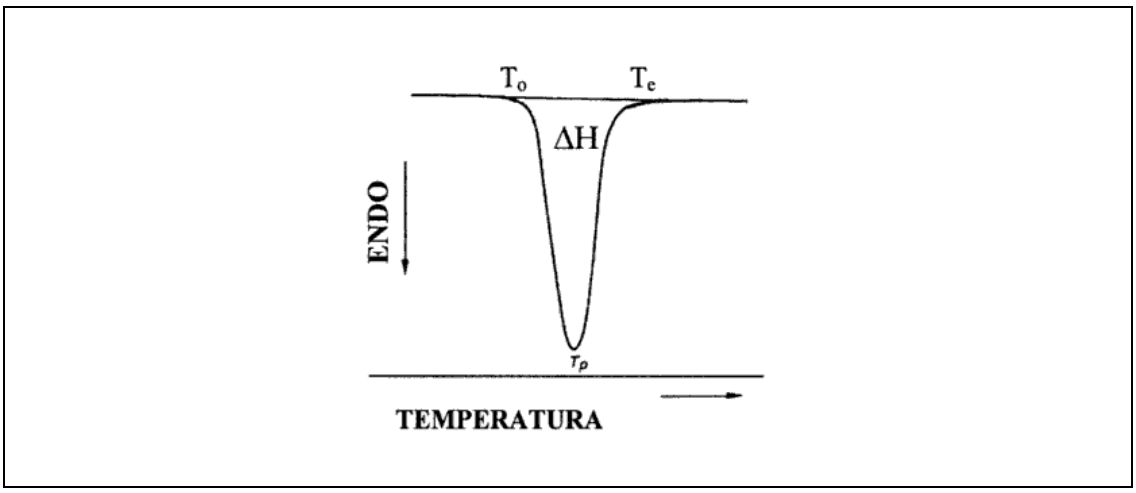


FIGURA 4: Representación esquemática de un termograma obtenido por DSC de una reacción de primer orden (fusión).

T_o = inicio de la transición (Onset), T_P = Temperatura en el pico y T_e = Temperatura final de transición.

FUENTE: MARTINEZ (1998)

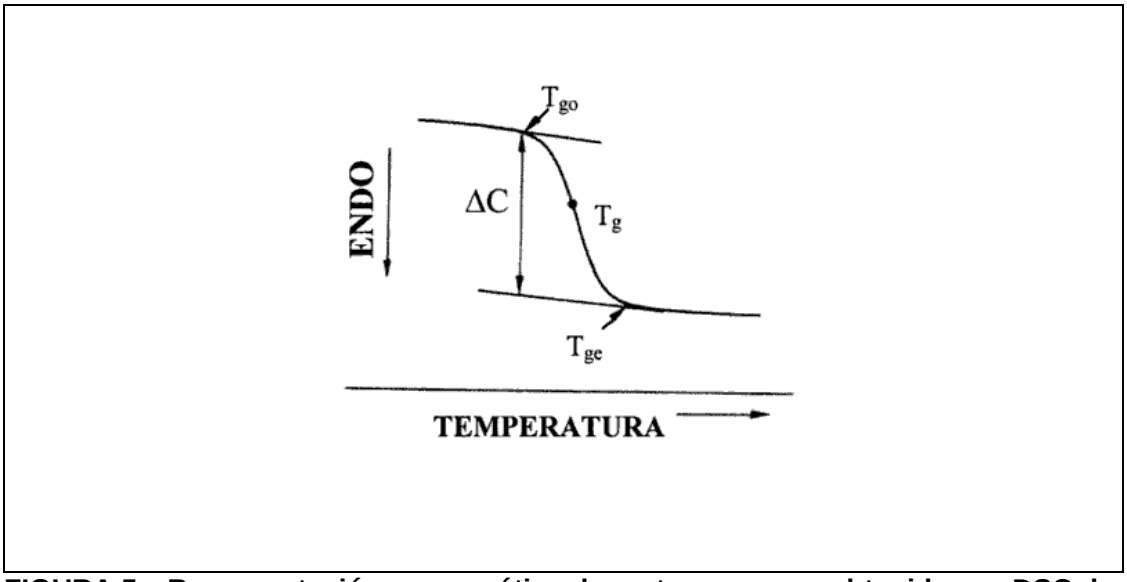


FIGURA 5: Representación esquemática de un termograma obtenido por DSC de una reacción de segundo orden (transición vítrea).

T_{go} = inicio de la transición vítrea, T_g = Temperatura del punto medio y T_{ge} = Temperatura final de transición.

FUENTE: MARTINEZ (1998)

2.2.2 Utilización de la calorimetría diferencial de barrido en la Ciencia de los Alimentos. La calorimetría diferencial de barrido ha sido utilizada en los últimos años como una metodología de trabajo fundamental para el estudio de temas tales como: transiciones inducidas térmicamente en proteínas, lípidos, ácidos nucleicos,

determinación de producción de calor por células vivas, microorganismos; y además, es frecuente su uso en análisis de combustibles, polímeros y en el ámbito farmacéutico en el análisis de sustancias.

Debido a su capacidad de analizar sistemas complejos, poco a poco ha sido introducida en el campo de la Ciencia de los Alimentos como una herramienta útil y de precisión para realizar un estudio, debido a que en los alimentos, dada su compleja composición y su carácter multifásico, pueden tener lugar transiciones de primer o segundo orden en el intervalo de temperaturas y presiones a las que son manipulados: fusión o transiciones entre formas polimórficas de grasas, gelatinización de almidón, desnaturalización de proteínas, cristalización de hielo o azúcares, transiciones vítreas de fases amorfas con biopolímeros o solutos moleculares y baja proporción de agua (MARTINEZ, 1998).

Es por eso que en el ámbito de la Ciencia de los Alimentos destacan estudios en DSC realizados en almidón (GHANNI *et* al., 1999), sobre las propiedades térmicas asociadas a la temperatura de gelatinización. NICOLETTI (2006) presenta el estudio de las transiciones de fase durante el proceso de liofilización de pulpa y piel de ciruela. También encontramos trabajos realizados en ajos como el descrito por SHAFIUR (2005), donde presenta resultados sobre puntos de congelación y transiciones vítreas.

El uso de la calorimetría diferencial de barrido puede ser muy diverso y eficaz, por lo tanto se presenta como un método adecuado para utilizar en el estudio de la murta y dentro de la Ciencia de los Alimentos, ya sea para describir algún proceso térmico o alguna propiedad de un compuesto.

2.2.3 Transiciones térmicas. La calorimetría diferencial de barrido es una de las técnicas más usadas para la caracterización térmica de variados materiales, que permite registrar los eventos térmicos, tales como la fusión, la cristalización, la transición vítrea, etc. Estos eventos son características propias de cada muestra, ya que están dados por las propiedades y cantidades de las moléculas que los componen. A continuación se describirán algunos de ellos.

2.2.3.1 Fusión. La fusión de una sustancia consiste en el cambio de estado de sólido a líquido. Para que tenga lugar este cambio de estado es necesario transferir calor al sólido. La temperatura a la cual se produce el cambio de fase se denomina *punto de fusión* (WILSON y BUFFA, 2003). El valor del punto de fusión depende del tipo de material y la presión a la cual se esté trabajando.

En general, cuando se transfiere calor a una sustancia, la temperatura de la sustancia aumenta al incrementarse la energía cinética media por molécula. Sin embargo, cuando el calor añadido sólo produce un cambio de fase, la temperatura de la sustancia no cambia debido a que la energía se emplea para producir dicho cambio. El aumento de la temperatura de la sustancia sólo ocurrirá hasta que se produzca el cambio total de estado (WILSON y BUFFA, 2003).

El calor latente para un cambio de estado de sólido a líquido se denomina *calor de fusión*, también se define como la cantidad de calor por unidad de masa que ha de

suministrarse a una sustancia en su punto de fusión para convertirla completamente en líquido a la misma temperatura. Normalmente se expresa en energía por unidad de masa (J/g).

En la FIGURA 6 se presenta un termograma típico del proceso de fusión (proceso endotérmico) del ácido acetil salicílico, que se registra cerca de los 135 ºC.

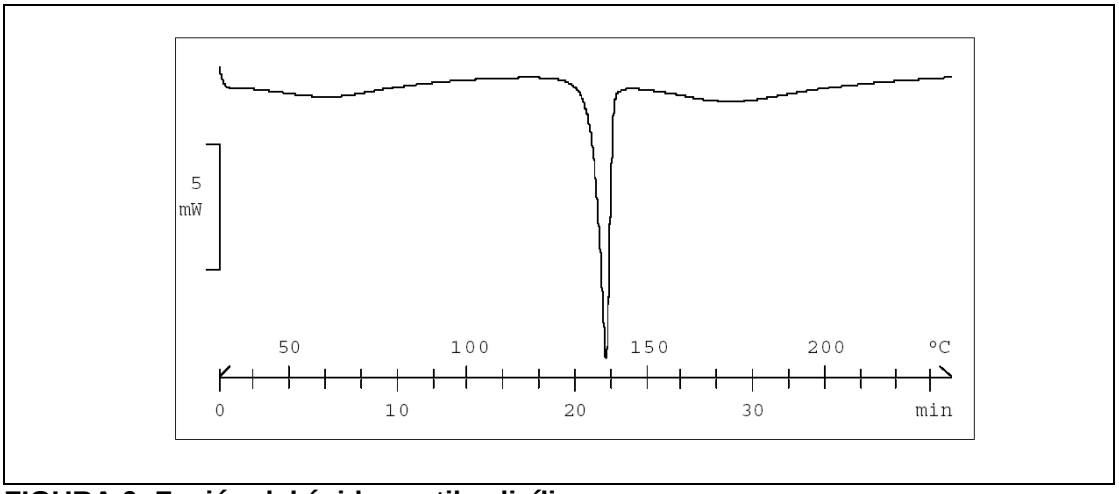


FIGURA 6: Fusión del ácido acetil salicílico.

FUENTE: METTLER TOLEDO. INTERPRETACIÓN CURVAS DSC

2.2.3.2 Cristalización. En forma general el proceso de cristalización corresponde a una transformación de carácter exotérmico. La observación de este fenómeno ha sido estudiada principalmente en polímeros. De acuerdo a observaciones experimentales se puede decir que la cristalización es un proceso relativamente lento a temperaturas suficientemente bajo el punto de fusión, sin embargo, la cristalización de moléculas pequeñas ocurre en forma rápida y a temperaturas justo ligeramente inferiores al punto de fusión. La cristalización depende de fluctuaciones de concentración que pueden darse en el fundido (PAINTER Y COLEMAN, 1996).

En la FIGURA 7 se muestra una curva típica de cristalización perteneciente a una muestra de sulfapiridina, la cual comienza a pronunciarse alrededor de los 100 ºC y termina el proceso a los 110 ºC.

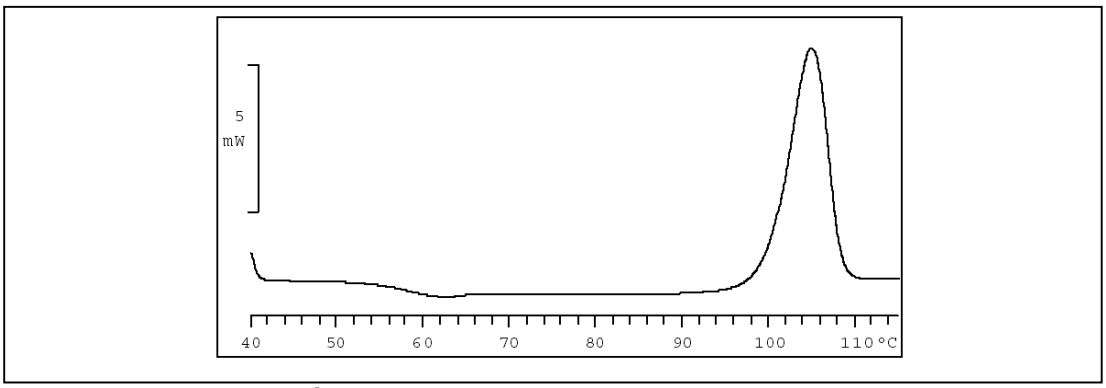


FIGURA 7: Cristalización sulfapiridina.

FUENTE: METTLER TOLEDO. INTERPRETACIÓN CURVAS DSC

2.2.3.3 Transición vítrea. La denominación vítrea es consistente con la idea cualitativa, según la cual un vidrio es un estado líquido congelado y por tanto, amorfo. La apariencia de un vidrio es la de un sólido, aunque presenta una cierta fluidez en una escala de tiempo muy alta. Existe un estrecho intervalo de temperatura, del orden de unas décimas de grado, en la cual el vidrio fluidifica, la que recibe el nombre de *región de transición vítrea.* Por encima de esta región, el vidrio se comporta como un fluido viscoso meta-estable. Durante esta transición la configuración de las moléculas se modifican localmente. En términos macroscópicos, la transición implica un cambio de la textura física, de manera que en la temperatura de transición, un compuesto vítreo o relativamente denso se transforma en otro flexible y blando (SAJA *et* al., 2005).

En la FIGURA 8 se aprecia claramente el fenómeno de transición vítrea de una muestra de goma de poliuretano. El proceso comienza a una temperatura cercana a los -39 ºC llegando a su fin alrededor de los -20 ºC.

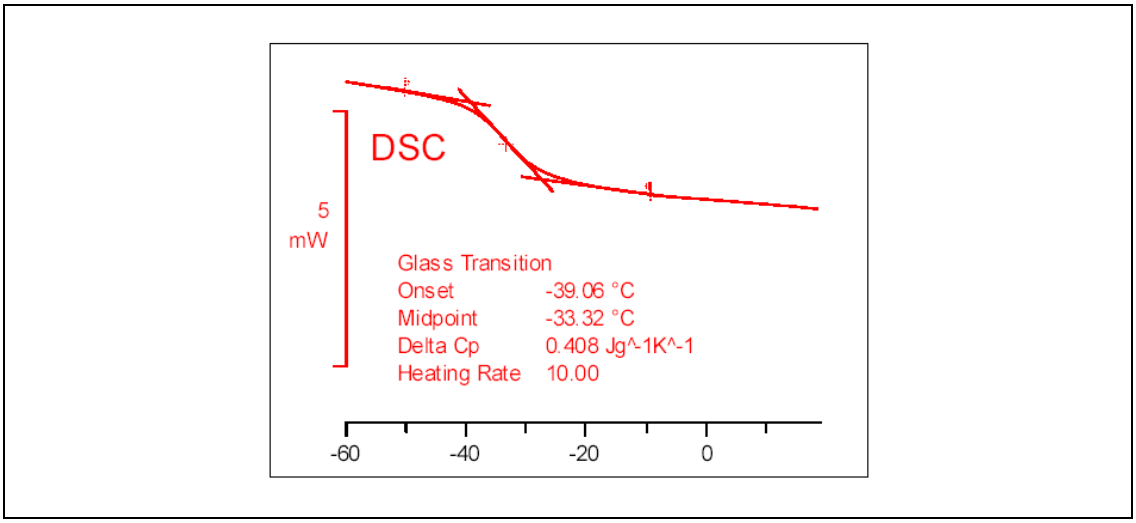


FIGURA 8: Transición vítrea de goma de poliuretano.

FUENTE: METTLER TOLEDO. APLICACIONES CON DSC

2.3 Congelación de alimentos

Al descender la temperatura, las moléculas de agua tienden a agregarse en cristales. Esta cristalización supone el paso de las moléculas de agua de una distribución desordenada (líquido) hasta un estado de ordenación molecular (sólido). Esto ocurre durante un proceso de congelación.

2.3.1 Fases del proceso de congelación. El proceso de congelación incluye una serie de fases: subenfriamiento, nucleación y crecimiento de los cristales formados, que están estrechamente influenciadas por variables termodinámicas, cinéticas y de producto (CASP y ABRIL, 1999).

a) Subenfriamiento: Antes de que se produzca la cristalización hay que colocar el producto en un estado termodinámicamente inestable, que propicie el comienzo de la formación de agregados submicroscópicos de agua que produzcan la interfase adecuada, necesaria para la transformación de líquido a sólido. Esto se consigue con el subenfriamiento, proceso que consiste en enfriar el producto por debajo de su punto de congelación (CASP y ABRIL, 1999).

b) Nucleación: La cristalización se inicia cuando las condiciones son apropiadas para que se produzca la agregación de un grupo de moléculas en una diminuta partícula ordenada, que se conoce como *núcleo de cristalización*.

A temperaturas inferiores al punto de fusión (estado de subenfriamiento), los agregados desarrollan una interfase con el líquido subenfriado termodinámicamente inestable. Cuando el tamaño del agregado se incrementa van ampliándose también sus probabilidades de crecimiento, hasta que alcanza el llamado *radio crítico*. Más allá del radio crítico el agregado se considera un núcleo de cristalización activo y el proceso de crecimiento se convierte en espontáneo. Los factores que afectan al tamaño crítico del núcleo influyen la energía interfacial, el calor latente de fusión, y el grado de subenfriamiento.

La nucleación puede ser homogénea o heterogénea. La nucleación homogénea se produce en sistemas puros y lleva a la formación de cristales tridimensionales. La nucleación heterogénea tiene lugar cuando el medio no es totalmente puro y los agregados de agua se unen sobre un agente de nucleación extraño, como pueden ser las paredes del recipiente o alguna partícula de material insoluble. Esta condición incrementa la estabilidad facilitando el proceso (CASP y ABRIL, 1999).

c) Crecimiento de los cristales: El crecimiento de los cristales se produce cuando el número de moléculas de agua capaces de difundirse a lo largo de la interfase, y de situarse orientadas en una posición de crecimiento del cristal, es mayor de las que se separan del mismo.

El mecanismo y la velocidad de crecimiento de los cristales dependen de la morfología de su superficie. Mientras la superficie sea rugosa y con muchos pliegues el crecimiento será continuo, pero cuando se vaya alisando se reducirá la velocidad de crecimiento.

Si consideramos el crecimiento de cristales en una solución acuosa, a medida que se va separando el hielo (sustancia pura), la concentración del soluto en el líquido restante se incrementa, por lo tanto se producirá una depresión en la temperatura de congelación de la fase no congelada. Es decir, la temperatura de congelación se irá reduciendo en la medida que los cristales vayan creciendo (CASP y ABRIL, 1999).

2.3.2 Efectos de la congelación sobre los alimentos. La congelación es un sistema de conservación que puede afectar en determinado grado a la calidad de los alimentos, ya que pueden encontrarse cambios en su textura y efectos en la flora microbiana presente que además influye en la vida media que pueda tener el alimento al ser descongelado.

Los alimentos se pueden clasificar en 2 grandes grupos:

a) Los que constituyen un sistema biológico organizado, provisto de una estructura celular ordenada, como las frutas y hortalizas, los tubérculos, las carnes, entre otros.

b) Los que no poseen un estructura celular organizada, como los zumos de frutas.

Los primeros serán los que estarán en condiciones de sufrir los efectos perjudiciales de la congelación. Se pueden observar daños mecánicos provocados por el incremento del volumen del agua al congelarse, ya que a 0 ºC el agua pura incrementa en un 9% aproximadamente su volumen, por lo tanto, la formación del hielo irá siempre acompañada de un incremento en el volumen ocupado en la estructura del producto congelado provocando un daño en los tejidos. También se observan daños provocados por la migración del agua cuando se produce una congelación en los espacios intercelulares provocando que las células se deshidraten a causa del flujo osmótico de agua que sale desde su interior hacia el espacio extracelular, lo que puede producir la rotura de las paredes celulares (CASP y ABRIL, 1999).

Se han llevado a cabo trabajos para determinar el efecto adverso de los ciclos de congelación-descongelación en las propiedades sensoriales y de retención de agua de algunos alimentos, y observaron que las variaciones en sus propiedades son principalmente debidas a cambios estructurales de las células o componentes celulares, así como posibles cambios en la estructura de las macromoléculas (JUL, 1984). DOWNEY (2002, 2003) estudió el daño estructural provocado por los ciclos de congelación-descongelación en purés vegetales mostrando diferencias en los cristales de hielo intracelulares generados por distintos procesos de congelación.

Los tejidos vegetales poseen una estructura celular semirígida, y la estructura de su pared celular es menos elástica que la membrana celular, por lo que dichos tejidos muestran menos resistencia a la expansión de los cristales de hielo en volumen, de modo que están expuestos a sufrir daño por los cristales de hielo formados en la congelación. Cuando el agua se congela a presión atmosférica, su volumen aumenta. Este aumento de volumen es favorecido por el hielo formado, que exclusivamente tiene una densidad más elevada que la del agua líquida, lo que resulta en un aumento de volumen de alrededor del 9% en una congelación a 0 ºC, y alrededor del 13% a -2 ºC (KALICHEVSKY, 1995). Esto causa daños en el tejido durante la congelación.

2.3.3 Importancia de la velocidad de congelación. Es ampliamente aceptada la existencia de una estrecha correlación entre la calidad de los alimentos congelados y las rápidas velocidades de congelación.

Cuando un tejido vegetal se congela lentamente, los cristales de hielo se forman inicialmente en los espacios intercelulares donde el vapor de agua se condensa dando lugar a los primeros núcleos de cristalización extracelulares (REEVE, 1970). A continuación, y debido al gradiente de presiones de vapor existentes entre la célula y estos cristales de hielo extracelulares, se produce una difusión del agua al exterior de la célula, que aumenta progresivamente el tamaño de los cristales. Paralelamente se produce una concentración de solutos en el interior, lo que aumenta el punto de congelación de la fase no congelada, haciendo más difícil la formación de núcleos de cristalización intracelulares. Como consecuencia del crecimiento de los cristales de hielo intercelulares, se dañan las membranas celulares produciéndose una progresiva separación de las células y una plasmólisis del protoplasma celular llegándose en algunos casos, según la rigidez de la estructura celular, a su rotura total, pudiendo haber cristales de tamaño mayor que el de una o dos células del tejido original.

Por el contrario, cuando los tejidos son congelados a velocidades rápidas hasta una temperatura suficientemente baja en su centro térmico, se aprecia una distribución tanto intracelular como extracelular de los cristales de hielo, siendo estos numerosos y de tamaño muy reducido. La congelación rápida se produce con una mínima migración del agua a los lugares de cristalización, sin modificaciones sustanciales de la estructura (FENEMMA, 1976), manteniendo el tejido una apariencia similar a la del tejido no congelado (CANET y ÁLVAREZ, 2000). Por tanto, la velocidad de congelación rápida, y la consiguiente formación de pequeños cristales de hielo son críticos para minimizar el daño tisular y la pérdida de agua durante la descongelación, siendo por tanto un factor muy importante que afecta en gran medida la calidad de los alimentos congelados.

2.3.4 Influencia de la congelación sobre la flora de los alimentos. A lo largo de los procesos de congelación, del tiempo de almacenamiento y descongelación, mueren parte de las formas vegetativas de las bacterias y otros microorganismos, mientras que esporas y toxinas son al parecer resistentes a las bajas temperaturas (HERRMANN, 1976). Cuando se disminuye la temperatura sólo son capaces de crecer los microorganismos psicrófilos, aunque su grado de multiplicación será progresivamente más bajo según descienda la temperatura. Sin embargo, cuando el crecimiento microbiano se detiene por el empleo de temperaturas bajas, las actividades enzimáticas de origen microbiano pueden continuar y se ha demostrado que microorganismos psicrófilos producen mayor cantidad de enzimas durante su crecimiento a bajas temperaturas que a altas temperaturas, lo cual puede producir el deterioro de los alimentos (CASP y ABRIL, 1999).

2.3.5 Congelación en frutas. En muchas frutas, de acuerdo a sus características originales, se conservan mejor por congelación que por cualquier otro procedimiento de conservación conocido. Esto es aplicable y de forma manifiesta, a fresas y frambuesas que son menos aptas para conservar por esterilización (HERRMANN, 1976).

Es natural que en las frutas congeladas se produzcan modificaciones por congelación y descongelación. La mayoría de las veces queda desfavorablemente afectada la consistencia (firmeza y constitución estructural) y con ello la capacidad de retención de jugos, así como, en ocasiones, el color y el sabor (HERRMANN, 1976).

2.4 Propiedades coligativas

Se define como un grupo de propiedades interrelacionadas con las disoluciones, estas propiedades dependen sólo del número de partículas de soluto presentes, no de su composición. Cabe mencionar que el soluto no es volátil, es decir, no contribuye al vapor y, además, el soluto no se disuelve en el disolvente sólido, esto es, cuando la disolución se congela se separa el disolvente sólido puro.

Todas las propiedades coligativas son consecuencia de una reducción en el potencial químico del disolvente líquido que resulta de la presencia de un soluto. La reducción del potencial químico del disolvente provoca que el equilibrio líquido – vapor se alcance a temperaturas más elevadas (el punto de ebullición asciende) y que el equilibrio sólido – líquido se alcance a temperaturas más bajas (el punto de congelación desciende) como se ilustra en la FIGURA 9 (ATKINS, 1999).

En resumen, las propiedades coligativas más importantes son: descenso del punto de congelación, aumento del punto de ebullición, reducción de la presión de vapor y modificación de la presión osmótica. De todas ellas el descenso del punto de congelación es la propiedad que será abordada en mayor detalle con la finalidad de estudiar el proceso de congelación - descongelación de la murta.

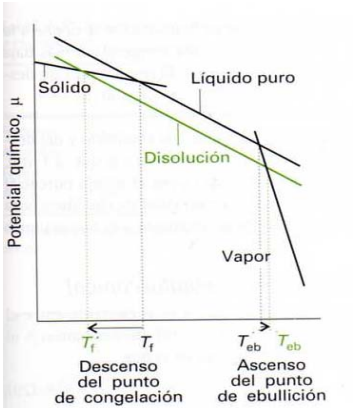


FIGURA 9: Potencial químico del disolvente en presencia de soluto.

FUENTE: ATKINS (1999)

En el caso del descenso del punto de congelación existe un equilibrio heterogéneo entre el disolvente sólido puro A* y la disolución que presenta una fracción molar del soluto X_B (FIGURA 10).

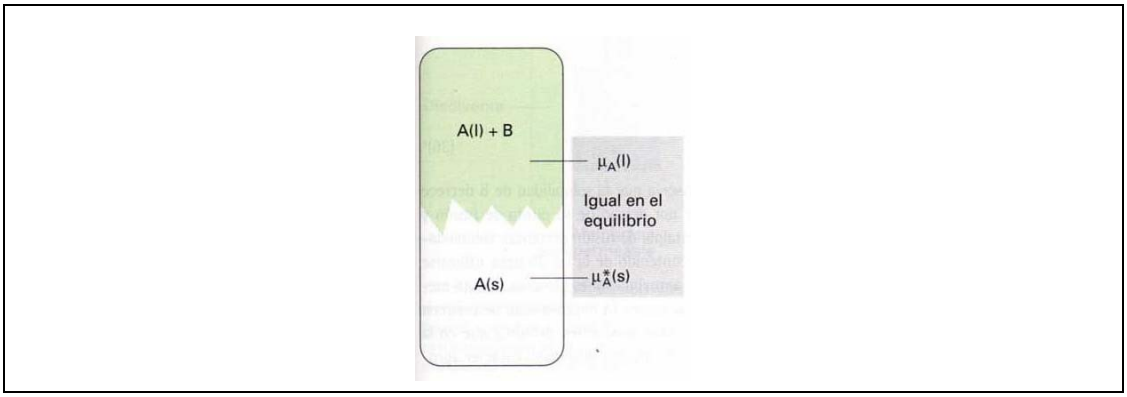


FIGURA 10: Equilibrio heterogéneo.

FUENTE: ATKINS (1999)

El descenso del punto de congelación se puede expresar de la siguiente manera:

$$\Delta T = K' X_B \qquad \text{Ec. 2.3}$$

$$K' = \frac{RT^2}{\Delta_{fus}H} \qquad \text{Ec. 2.4}$$

Donde ΔT es el descenso del punto de congelación (descenso crioscópico) y $\Delta_{fus}H$ es la entalpía de fusión del disolvente. Los mayores descensos se observan en disolventes con bajas entalpías de fusión y elevados puntos de fusión (ATKINS, 1999).

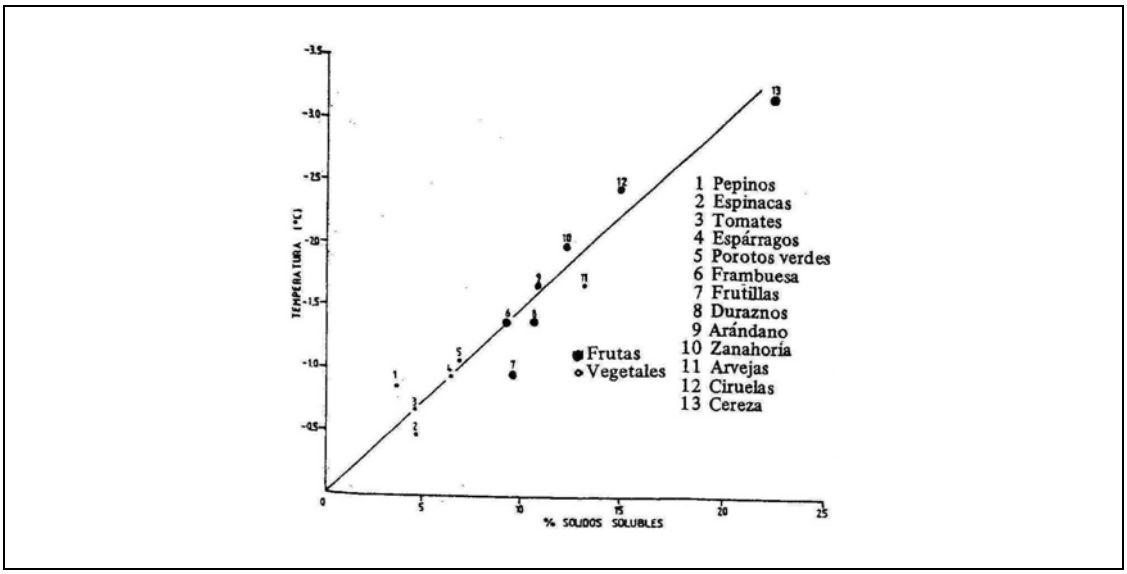


FIGURA 11: Punto de congelación de especies frutales y hortalizas.

FUENTE: KASAHARA (1986)

En los alimentos, especialmente en frutas y verduras, las cuales poseen una gran cantidad de agua en su composición, existe un descenso del punto de congelación en relación al agua, hecho que se explica por la presencia de diversos solutos (KASAHARA, 1986). En la FIGURA 11 se muestran algunos valores de puntos de congelación para algunas especies de frutas y hortalizas.

2.5 Distribución de agua en los alimentos

En general, cuando se evalúa el contenido de agua en un alimento, se considera toda el agua en forma global, sin especificar que existen regiones en las cuales no hay presencia de agua debido a la acumulación de lípidos, la cual influye en su distribución heterogénea en el alimento.

El citoplasma de las células presenta un alto porcentaje de proteínas capaces de retener más agua que los organelos que carecen de macromoléculas hidrófilas semejantes; para tener un sistema estable, los diferentes componentes de los alimentos deben encontrarse en equilibrio entre sí respecto al potencial químico, la presión osmótica y la presión de vapor del agua que desarrolle (BADUI, 1999).

Esta situación hace que existan diferentes estados energéticos y de comportamiento físico – químico de las moléculas de este disolvente. Es decir, no toda el agua de un producto tiene las mismas propiedades, y esto se puede comprobar fácilmente por las diversas temperaturas de congelamiento que se llegan a observar. Generalmente un alimento se congela a -20 ºC, pero aún en estas condiciones una fracción del agua permanece líquida y requiere de temperaturas más bajas para congelar, por ejemplo a -40ºC (BADUI, 1999).

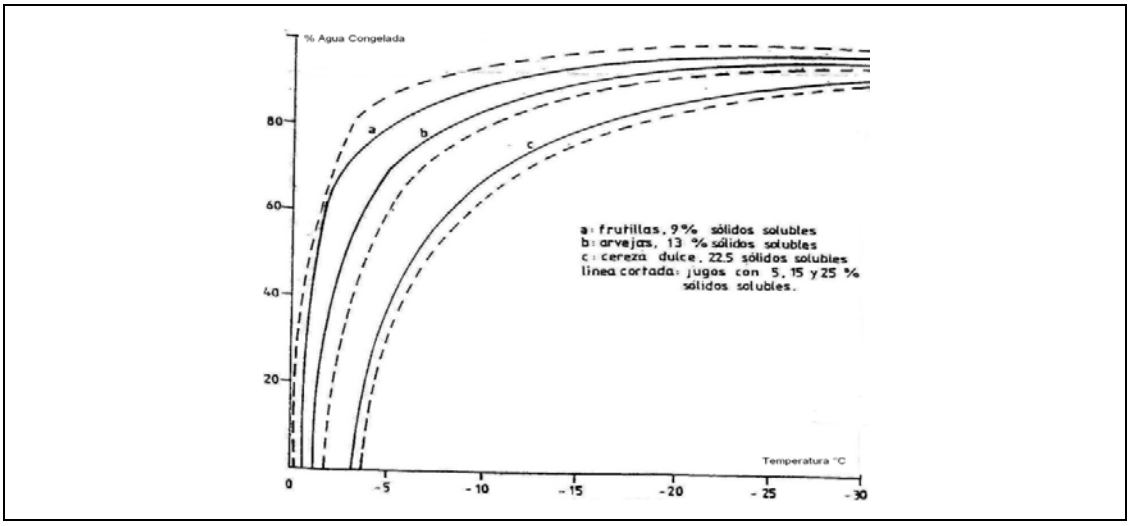


FIGURA 12: Variación del porcentaje de agua congelada con la temperatura de congelación en frutas y hortalizas.

FUENTE: KASAHARA (1986)

Como se observa en la FIGURA 12, a -20 ºC el agua no está congelada en su totalidad, sin embargo, a medida que baja la temperatura, el porcentaje de agua congelada aumenta. También se aprecia que a mayor cantidad de soluto se necesitan temperaturas más bajas para poder congelar una cierta cantidad de agua, esto se debe al fenómeno del descenso del punto de congelación.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

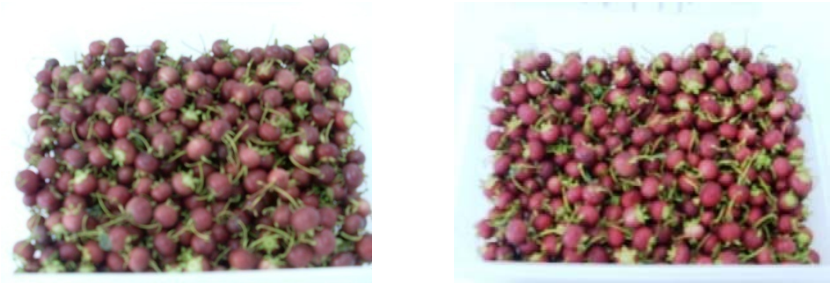
3.1. Lugar de ensayo

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Procesos del ICYTAL, Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile, ubicado en el Campus Isla Teja en Valdivia.

3.2. Materiales

3.2.1. Materia prima

Murta o Murtilla (*Ugni molinae* Turcz) ecotipos 19-1 y 27-1, proveniente de INIA Carillanca, IX Región, Chile



Murta 19-1 **Murta 27-1**

FIGURA 13: Murta (*Ugni molinae* Turcz) ecotipos 19-1 y 27-1.

3.2.2. Equipos e instrumentos

- Calorímetro diferencial de barrido (DSC) Mettler Toledo modelo 823e con criostato / intracooler (a).
- Balanza analítica Mettler Toledo modelo XS 205 DU (b).
- Selladora de crisoles, Mettler Toledo (c).
- Nitrógeno analítico (pureza 99,9 %) (d).
- Crisoles de alumínio de 40 μl (e).
- Bisturís (f).
- Software de evaluación, STARe 9.01 de Mettler Toledo.
- Estufa de secado (g).
- Cápsulas gravimétricas (h) (FIGURA 14).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

FIGURA 14: Equipos e instrumentos de trabajo.

3.3 Métodos

3.3.1 Selección de materia prima. Los frutos fueron seleccionados al azar y de acuerdo a su estado físico, es decir, quedaron excluidos aquellos frutos que estaban deteriorados, golpeados, o presentaban signos de aplastamiento o daño de tejido.

3.3.2 Calibración del equipo de DSC. La calibración del equipo de DSC se realizó con una muestra conocida, en este caso una pastilla de indio. El indio es un metal suave y maleable, fue descubierto en Alemania en el año 1863 y ocupa el lugar número 49 en la tabla periódica con una masa atómica de 114,81 g/mol. Su nombre proviene de sus líneas espectrales color azul índigo aunque es un metal de color blanco plateado brillante (www.indium.com). En el siguiente cuadro se presentan algunos datos térmicos de este metal:

CUADRO 1: Propiedades térmicas del metal indio.

Datos Térmicos	Metal indio
Punto de fusión	156,61 ºC
Punto de ebullición	2080 ºC
Calor específico	0,23 J/gK
Calor de fusión	3,263 kJ/mol
Calor de vaporización	231,50 KJ/mol
Conductividad térmica	0,816 W/cmK

FUENTE: www.quimica.izt.uam.mx

Se aplicó un tratamiento de 120 ºC a 180 ºC con un flujo de N_2 de 35 ml/min, que viene programado en el equipo junto con la opción de evaluación (FIGURA 15 y 16). El equipo se encuentra calibrado si presenta una fusión con un valor de ONSET dentro de un rango de 156,3 ºC a 156,9 ºC y de energía (calor latente) en un rango de 27,85 J/g a 29,05 J/g . Esta calibración debe efectuarse a lo menos una vez al mes.

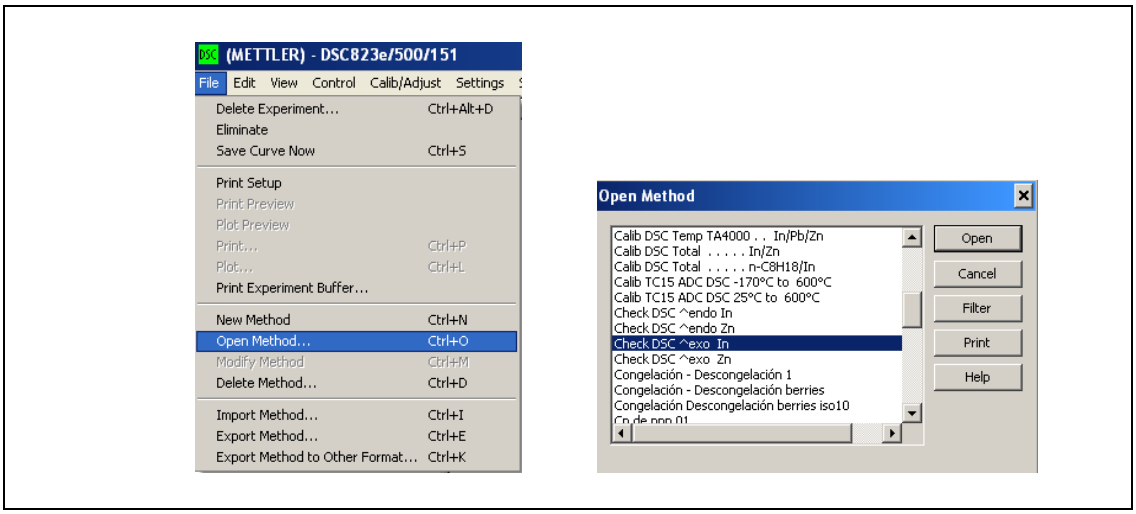


FIGURA 15: Método de calibración del equipo de DSC.

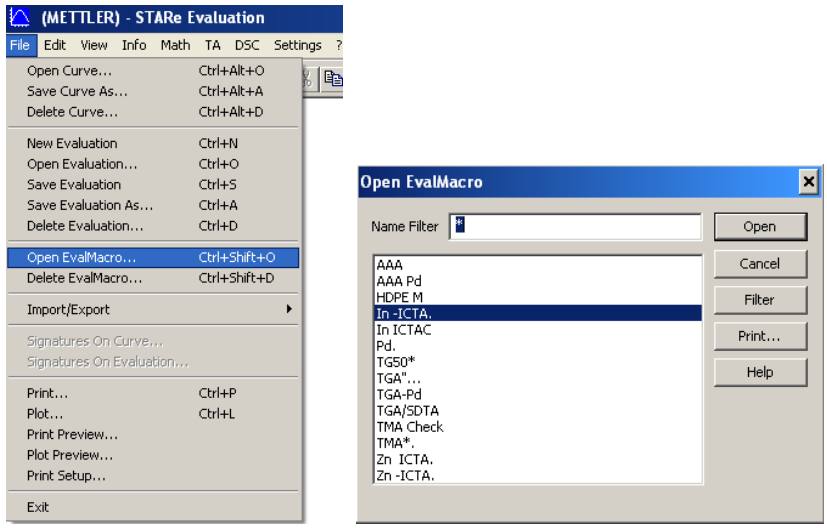


FIGURA 16: Evaluación curva de calibración DSC.

3.3.3 Condiciones de ensayo. En primer lugar se hizo correr una muestra blanco en el calorímetro diferencial de barrido, bajo las mismas condiciones de ensayo a la que se sometió la muestra de murta. Este ensayo se realizó con 2 crisoles vacíos uno como referencia y el otro como muestra.

La muestra fue sometida al siguiente tratamiento de temperatura: enfriamiento de 25 ºC hasta -40 ºC manteniendo por 2 minutos a esta temperatura y posterior calentamiento hasta 90 ºC. Se utilizó un flujo de gas (nitrógeno) de 35ml/min a 40 ml/min y a una tasa de calentamiento de 10 K/min y de enfriamiento de -10 K/min (FIGURA 17).

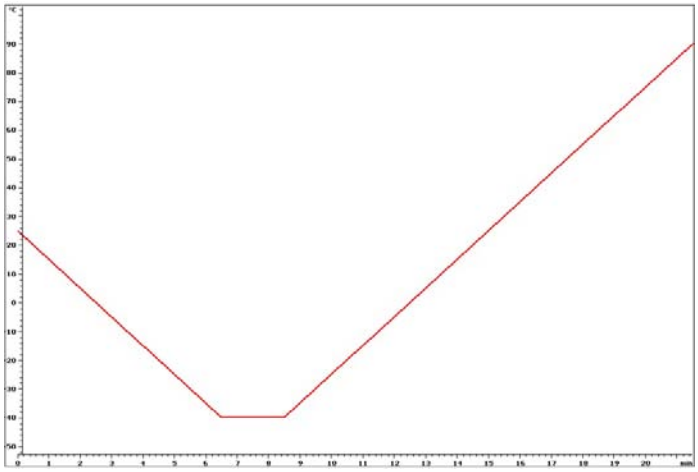


FIGURA 17: Programa de temperatura con un enfriamiento hasta -40 ºC y un posterior calentamiento hasta 90 ºC.

El control del calorímetro diferencial de barrido es mediante un software, el STARe 9.01, en el cual se deben configurar previamente los parámetros de la muestra y del tratamiento térmico a utilizar. El modo para configurar el software se explica en el ANEXO 1.

3.3.4 Validación del ensayo. Para estar seguro de que se efectuará el procedimiento adecuado en el experimento y posterior evaluación, se realizó un ensayo con una muestra de comportamiento conocido.

Este experimento se llevo a cabo con una cantidad de muestra de 3,24 mg de agua destilada, los cuales fueron depositados con la ayuda de una jeringa en un crisol de aluminio de 40 μl y puesto en el calorímetro diferencial de barrido y utilizando el mismo programa de temperatura a la cual se someterán las muestras de murta.

3.3.5 Preparación de la muestra. Con la ayuda de bisturís se procede a separar la pulpa, la piel y la pepa de la fruta de 3 unidades de cada ecotipo de murta. Posteriormente se mezclan las pulpas, las pieles y las pepas obtenidas de las 3 unidades seleccionadas para así obtener muestras más representativas (FIGURA 18). Finalmente se extrae entre 10 mg a 15 mg de muestra. Se realizaron 5 repeticiones por ecotipo. Para la muestra seca se dejó secar las mezclas 19-1 y 27-1 respectivamente en desecador por 48 horas y posteriormente se tomaron las muestras para el DSC.

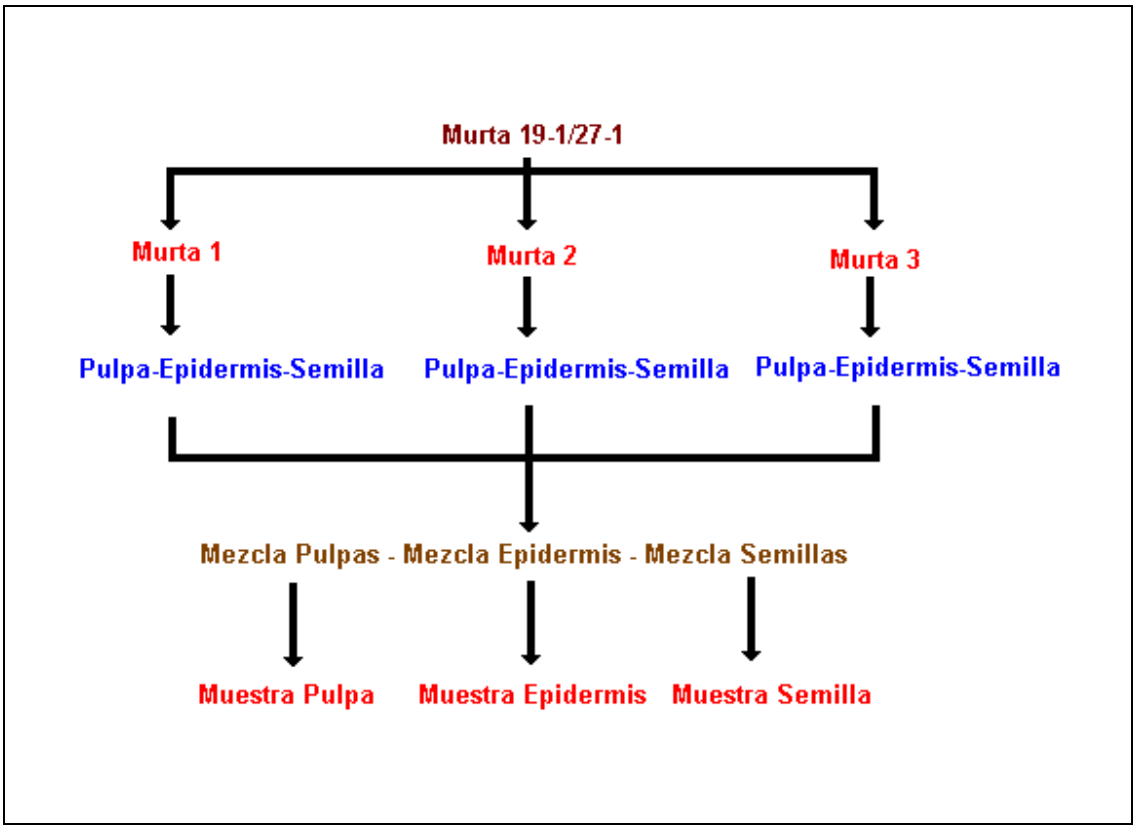


FIGURA 18: Esquema preparación de muestra.

3.3.6 Medición del contenido de agua. Se midió el contenido de agua para pulpa, piel y pepa mediante el método gravimétrico. Se pesó 0,5 g para la pulpa, 0,1 g para la piel y 0,05 g para la pepa. Esta diferencia debido al porcentaje en que se encuentran en el fruto, también hay que tomar en cuenta que la muestra se obtuvo de la misma preparación para el DSC y así poder tener la humedad correspondiente a la muestra evaluada. La muestra fue depositada en capsulas de aluminio de 100 ml y posteriormente secadas en estufa a 103 ºC ± 2 ºC por 5 horas registrando el peso inicial y final con mediciones posteriores hasta obtener peso constante. Una vez que se registró peso constante se aplicó la siguiente fórmula:

$$\%A = 100 - \left[\frac{Peso\ final\ m(g)}{Peso\ inicial\ m\ (g)}\right] \times 100 \qquad \text{Ec. 3.1}$$

El contenido de agua se realizó en duplicado y se obtuvo un promedio de estos.

3.3.7 Análisis de termogramas. El análisis de termogramas se llevó a cabo mediante el uso de software computacional STARe 9.01 de Mettler Toledo.

De acuerdo con los objetivos planteados, se debió idear una metodología para obtener el valor de energía, ya que el software no lo proporciona en forma directa. Dichos pasos se pueden observar en el ANEXO 2.

3.3.7.1 Cálculo de punto de congelación. El punto de congelación se puede determinar con la función ONSET (FIGURA 19) aplicada a la zona del evento térmico. ONSET se define como el punto de intersección de la línea de base antes de la transición y la tangente trazada por el punto de inflexión. Este valor nos indica el inicio exacto de un evento térmico.

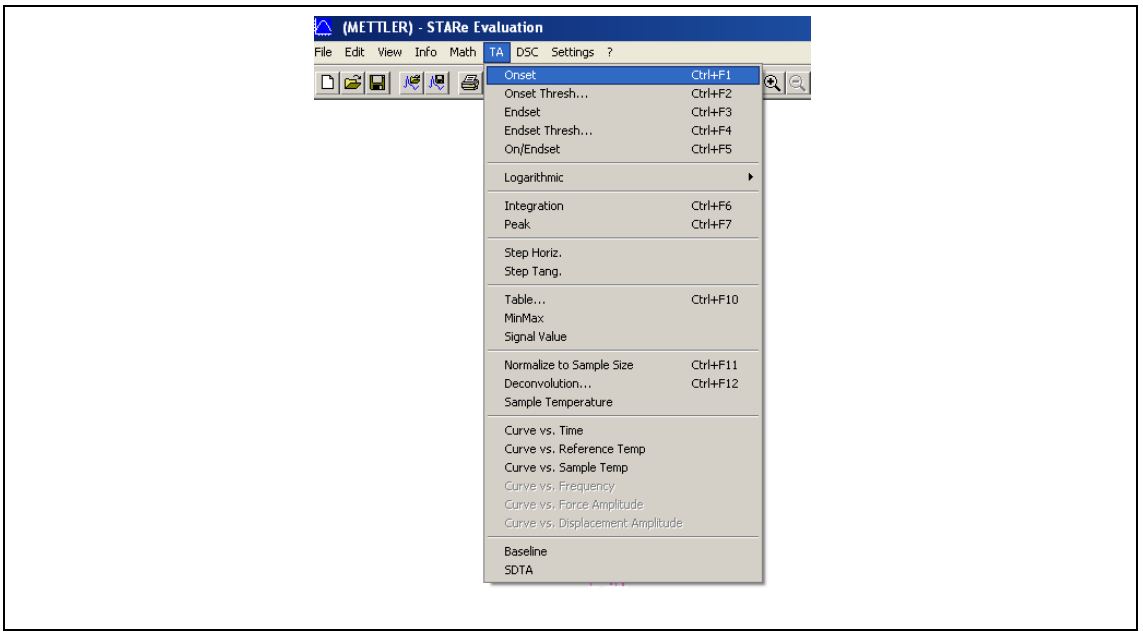


FIGURA 19: Cálculo de ONSET en el menú TA.

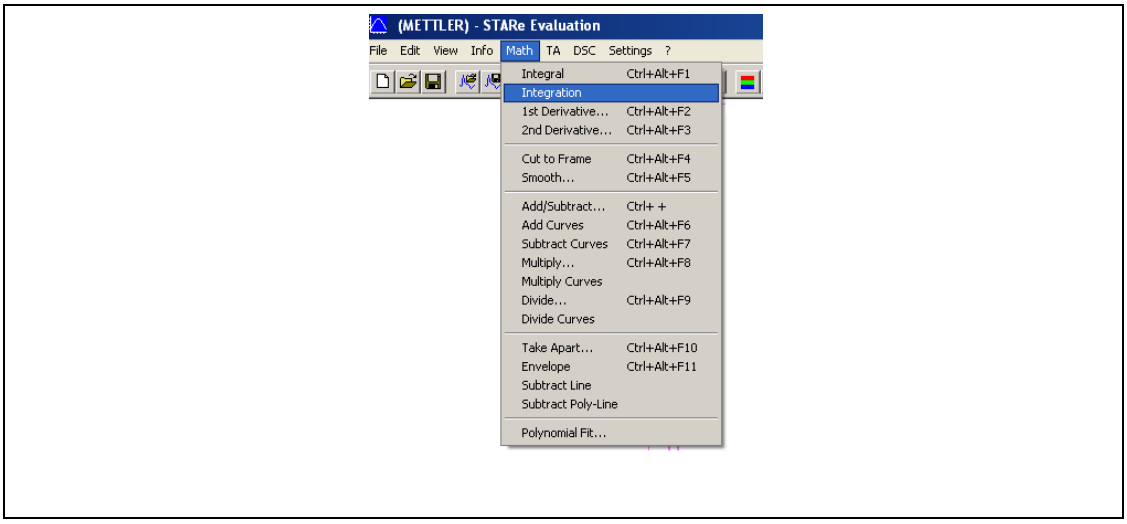


FIGURA 20: Aplicación de la opción INTEGRATION.

3.3.7.2 Cálculo de energía latente. Para obtener la cantidad de energía latente, se aplicó una integración, donde se calcula el área bajo la curva entre la línea de base y el pico del evento térmico de igual modo como lo describe MARTINEZ (1998). El resultado se presenta en J/g. Para esto se debe tomar la sección de la curva en el que se presenta el evento térmico y aplicar en el menú MATH la función INTEGRATION (FIGURA 20)

3.3.7.3 Cálculo de fracción de agua no congelada (FANC). Debido a que la murta posee un alto contenido de agua es necesario conocer el comportamiento de las muestra en estado seco para verificar si persisten los eventos térmicos en igual intensidad que en fresco.

Se realizaron ensayos en DSC con muestras de pulpa, piel y pepa previamente secadas utilizando las mismas condiciones aplicadas a la muestra fresca.

En el caso de no observarse evento alguno se puede utilizar la función CRYSTALLINITY en el menú DSC (FIGURA 21) al evaluar las muestras frescas, el cual entrega el porcentaje de la cantidad del componente que produce o está presente en el evento térmico.

El contenido C del compuesto sometido a una transición o reacción química en el intervalo de temperaturas en evaluación, se calcula con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{\Delta H}{\Delta H_{100\%}} \times 100 \qquad \text{Ec. 3.2}$$

Donde: C: Contenido del compuesto (%).
ΔH: Calor de transición / reacción medido (J/g).
$\Delta H_{100\%}$: Calor de transición / reacción del componente puro (J/g), en este caso el valor aplicado fue de 334 J/g (BROWN *et* al., 2004).

La fracción de agua congelada según BARREIRO *et* al. (2002), se define como:

$$\propto= \left(mh/(mh+ma)\right) \qquad \text{Ec. 3.3}$$

Donde: $\alpha =$ Fracción de agua congelada.
$mh =$ % de hielo presente (Crystallinity)
$ma =$ % de agua líquida presente.

También es sabido que el hielo (*mh*) presente más el agua presente (*ma*) corresponde al total de la humedad de la muestra, por lo tanto podemos decir que la fracción de agua no congelada β se define de la siguiente manera:

$$\beta = 1 - (mh/\%A) \qquad \text{Ec. 3.4}$$

Donde: $\beta =$ Fracción de agua no congelada
$mh =$ % de hielo presente (Crystallinity).
%A = % de agua de la muestra.

Finalmente se puede determinar el % de agua no congelada de la siguiente manera:

$$\%ANC = \%\ A\ x\ \beta \qquad \text{Ec. 3.5}$$

Donde: %ANC = % de agua no congelada
%A = % Agua total
β = Fracción de agua no congelada

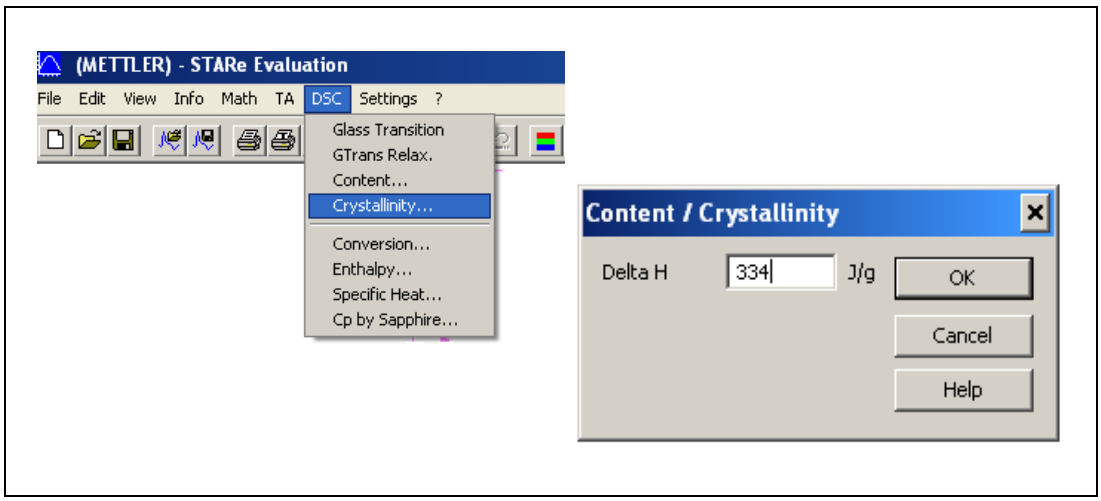


FIGURA 21: Aplicación de la opción CRYSTALLINITY.

3.3.8 Análisis estadístico de los resultados. Se realizó un análisis estadístico por medio del software Statgraphics 5.1 Plus a los datos de contenido de agua, energía latente, punto de congelación (ONSET) y fracción agua no congelada, evaluando ambos ecotipos y comparando también los diferentes procesos (cristalización – fusión).

Se aplicó a las muestras un test de contraste de varianza, en el cual el software Statgraphics es muy riguroso en este aspecto. En esta investigación, sin embargo, se utilizó el test de Cochran, en el cual, si se obtiene un valor de $P < 0,05$ se invalidan la mayoría de los tests estadísticos estándares y hace imposible el análisis; en caso contrario, si $P \geq 0,05$ se acepta la hipótesis de que la media de los grupos son idénticas y por lo tanto, se puede considerar a todas las observaciones como una muestra de una misma población (PEREZ, 1995).

También se realizó un análisis de varianza simple (ANDEVA) para verificar en forma gráfica y cuantitativa si existe o no diferencia entre ambos ecotipos, esta diferencia se establece si el valor P es menor a 0,05. Además, se evaluó la homogeneidad de los valores con el contraste múltiple para ver que muestras son o no significativas entre sí.

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Calibración de equipo DSC

La calibración del equipo de DSC de Mettler Toledo, modelo 823e resultó exitosa al registrarse valores de ONSET de 156,78 ºC y de energía de -28,08 J/g, los cuales se encuentran dentro de los rangos establecidos anteriormente. El termograma obtenido y la evaluación correspondiente se pueden observar en la FIGURA 22.

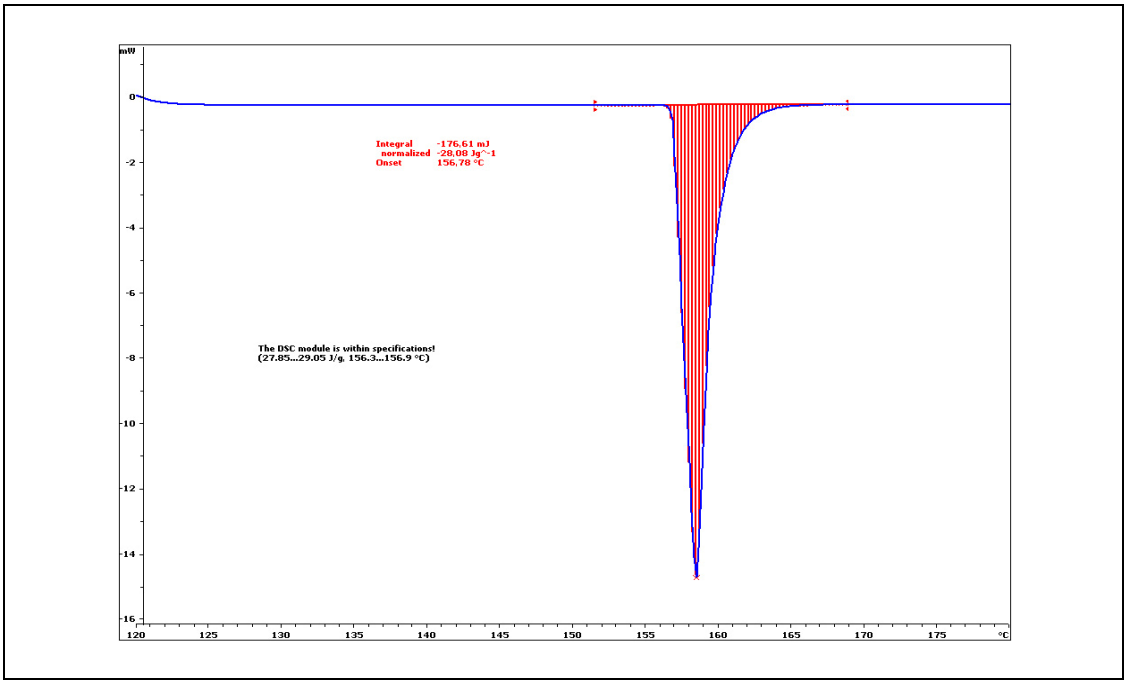


FIGURA 22: Termograma evaluado de una muestra de indio.

4.2 Validación de ensayo

Como se mencionó anteriormente, en esta etapa se utilizó una muestra de agua destilada debido a que los parámetros de calor latente y punto de congelación son conocidos y se encuentran registrados en la literatura especializada (CAUDRO 2).

CUADRO 2: Propiedades térmicas del agua.

Propiedad térmica	Muestra de agua
Calor de fusión (J/g)	334
Punto de congelación (ºC)	0

FUENTE: BROWN (2004)

El termograma del proceso y la evaluación del mismo, a través de la metodología explicada anteriormente se presentan en la FIGURA 23 y el detalle de los datos en el CUADRO 3.

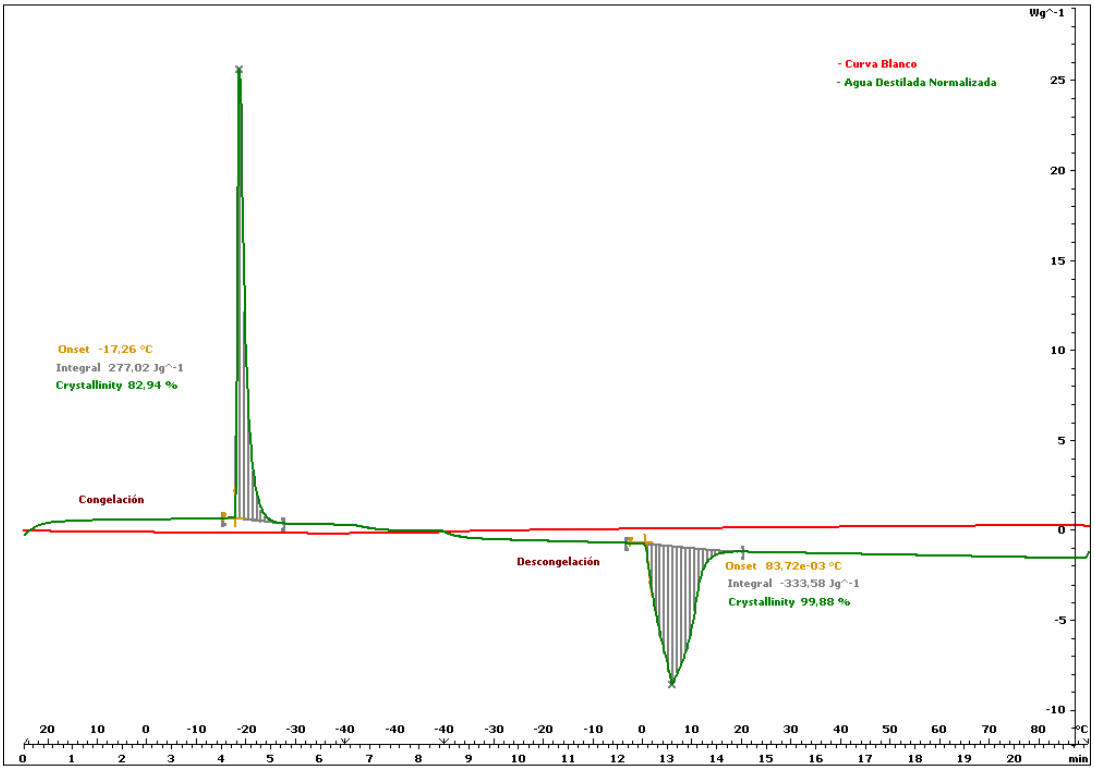


FIGURA 23: Termograma DSC evaluado de una muestra de agua destilada.

CUADRO 3: Evaluación de la muestra de agua destilada.

		Agua destilada	
		Congelación	**Descongelación**
Onset	**(ºC)**	-17,26	0,008372
Energía	**(J/g)**	277,02	-333,58
Cristalinidad	**(%)**	82,94	99,88

Al observar el termograma y los datos del CUADRO 3 queda en claro que los valores obtenidos en la etapa de congelación (enfriamiento), tanto para el punto de congelación como para la energía de cristalización del agua, no corresponden a los valores descritos en literatura, sin embargo no es ese el caso en el proceso de descongelación (calentamiento), pues el valor de ONSET (0,008372 ºC) y de energía latente (fusión del agua, -333,58 J/g) son muy cercanos a los descritos en la bibliografía revisada. Cabe destacar que el signo negativo de la energía en la etapa de

descongelación sólo indica que es un proceso endotérmico, es decir, la muestra adquiere calor del medio.

El ONSET en el proceso de congelación es de -17,26 ºC, lo que indica un retraso severo en el punto de congelación, según MARTINEZ (1998), cuando se quiere estudiar un proceso de congelación, la velocidad de barrido de temperatura es un factor importante, puesto que las transiciones de fase suponen cambios en la movilidad y ordenación molecular, por lo tanto, en un proceso de congelación, enfriamientos demasiado rápidos pueden no dar tiempo a que se produzca la ordenación de las moléculas en la estructura que caracteriza a los cristales, obteniéndose en ese caso un líquido sub-enfriado. En cuanto a la energía de cristalización del agua que es sumamente menor a la de la fusión del agua puede deberse al agua sub-enfriada durante la cristalización, la cual no se congeló durante ese proceso, por lo que el pico de cristalización en el termograma representa una cantidad menor de energía.

4.3 Medición del contenido de agua en las muestras de murta

El resumen de los datos del contenido de agua para pulpa, piel y pepa de cada ecotipo se presenta en los siguientes cuadros, para mayor detalle ver el ANEXO 3.

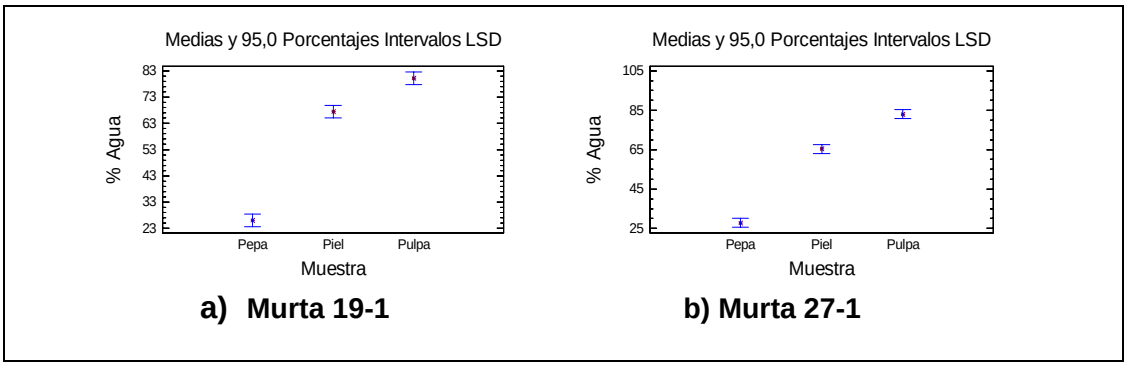
CUADRO 4: Contenido de agua en la pulpa, piel y pepa de la murta 19-1.

Pulpa			
Muestra	**% agua 1**	**% Agua 2**	**Promedio (%)**
1	82,2835	82,2236	82,2536
2	79,9323	80,0399	79,9861
3	80,6839	80,3839	80,5339
4	81,8544	81,7819	81,8181
5	76,0726	76,0096	76,0411
Piel			
Muestra	**% Agua 1**	**% Agua 2**	**Promedio (%)**
1	71,7924	71,7201	71,7562
2	70,0000	70,0962	70,0481
3	65,7946	65,8683	65,8314
4	75,8449	75,5203	75,6826
5	53,9000	53,3932	53,6466
Pepa			
Muestra	**% Agua 1**	**% Agua 2**	**Promedio (%)**
1	24,3564	24,3083	24,3324
2	31,2621	31,1637	31,2129
3	24,6521	24,8509	24,7515
4	27,5248	27,4162	27,4705
5	22,7092	22,6378	22,6735

CUADRO 5: Contenido de agua en la pulpa, piel y pepa de la murta 27-1.

Pulpa			
Muestra	**% Agua 1**	**% Agua 2**	**Promedio (%)**
1	84,0982	84,0750	84,0866
2	82,8343	82,8840	82,8591
3	83,9896	83,2534	83,6215
4	86,2874	85,4404	85,8639
5	78,0969	78,1687	78,1328
Piel			
Muestra	**% Agua 1**	**% Agua 2**	**Promedio (%)**
1	66,9000	67,0319	66,9659
2	66,0396	65,9119	65,9758
3	56,8159	56,4870	56,6515
4	75,8724	75,3906	75,6315
5	61,8000	61,6152	61,7076
Pepa			
Muestra	**% Agua 1**	**% Agua 2**	**Promedio (%)**
1	23,9382	24,3137	24,1260
2	33,9844	34,2412	34,1128
3	22,1790	22,1790	22,1790
4	31,2500	30,9804	31,1152
5	27,7778	27,6680	27,7229

Los resultados para el contenido de agua, tanto en la murta 19-1 como en la murta 27-1 presentados en los CUADROS 4 y 5 dejan de manifiesto que existen diferentes proporciones de agua dentro del fruto, siendo la pulpa la que posee mayor cantidad de agua, seguido de la piel y por último la pepa (FIGURA 24). Dicha diferencia es estadísticamente diferente con un 95% de confianza (ANEXO 8, CUADROS 8.1 y 8.2).



a) Murta 19-1 **b) Murta 27-1**

FIGURA 24: Gráfico de Tukey para contenido de agua de pulpa, piel y pepa murtas 19-1 y 27-1.

Como era de esperar no se observó ningún grupo homogéneo en el contraste múltiple de rango en ambos ecotipos (CUADRO 6).

CUADRO 6: Contraste múltiple de rango para contenido de agua de pulpa, piel y pepa de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste Múltiple de Rango			
% Agua según murta 19-1			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa	10	26,0881	A
Piel	10	67,3930	B
Pulpa	10	80,1266	C
% Agua según murta 27-1			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa	10	27,8512	A
Piel	10	65,3864	B
Pulpa	10	82,9128	C

Los valores promedios para la pulpa 19-1 fluctúan entre 76,04% y 82,25%, mientras que para la pulpa 27-1 entre 78,13% y 84,08%, lo cual indica en este caso que el ecotipo 27-1 posee levemente mayor cantidad de agua que el ecotipo 19-1.

Al comparar los valores de la piel de ambos ecotipos, la piel 27-1 muestra valores más altos que la piel 19-1, la cual posee un rango de valores entre 53,64% y 71,75% contra un 56,65% a 75,63% para la murta 27-1.

En cuanto a la pepa los valores presentados se inclinan igualmente con valores mayores al ecotipo 27-1 con un rango entre 22,17% y 31,11%, en comparación con el ecotipo 19-1 que presentó un rango de valores entre 22,67% y 31,21% (CUADROS 4 y 5).

Al comparar las muestras de pulpas entre sí, las pieles y las pepas de ambos ecotipos, arrojó que son estadísticamente diferentes con un 95% de confianza, por lo tanto, existe una variabilidad en el contenido de agua de las muestras y no se puede obtener un valor fijo, sino más bien un rango de valores (ANEXO 8).

El análisis entre ambos ecotipos arrojó que sólo existe diferencia significativa con un 95% de confianza entre las muestras de pulpas, no así fue el caso de las pieles y las pepas (ANEXO 8). Lo anterior se expresa de forma esquemática en los gráficos de Tukey en la FIGURA 25.

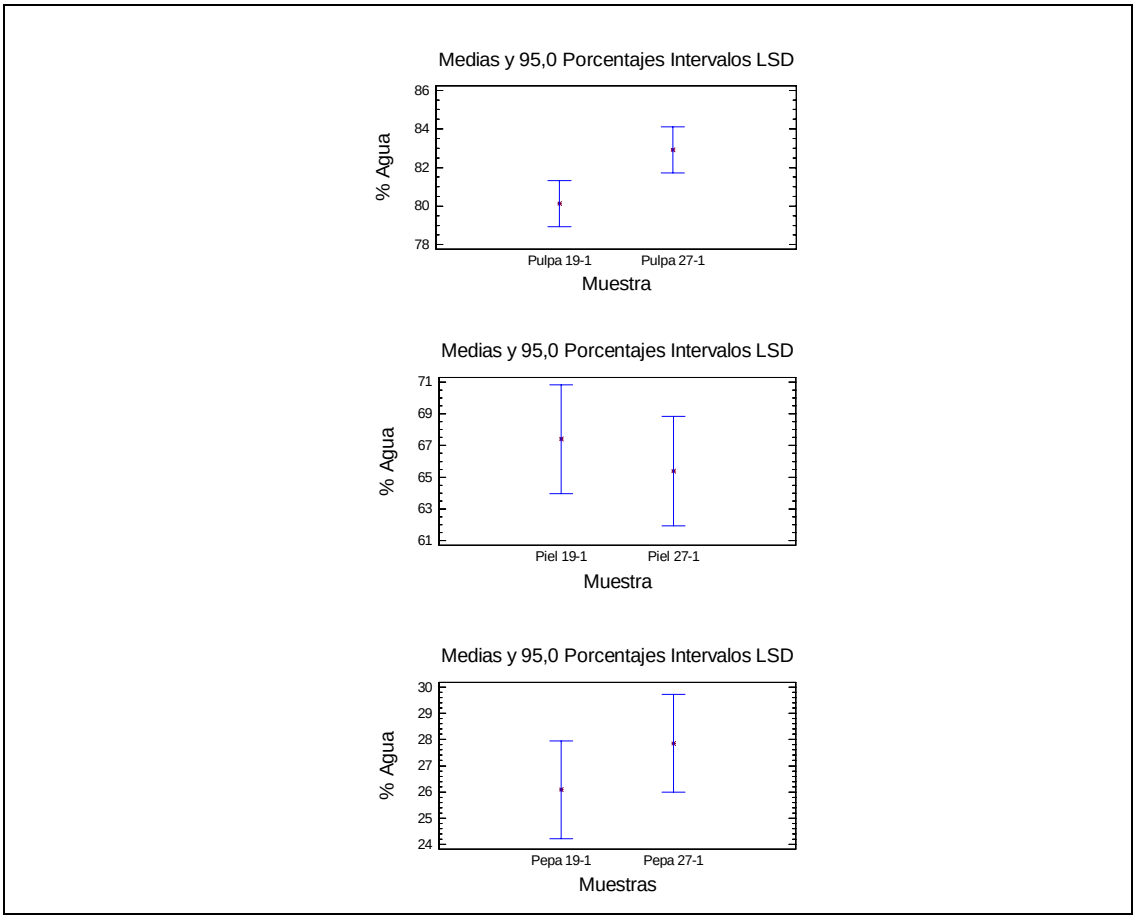
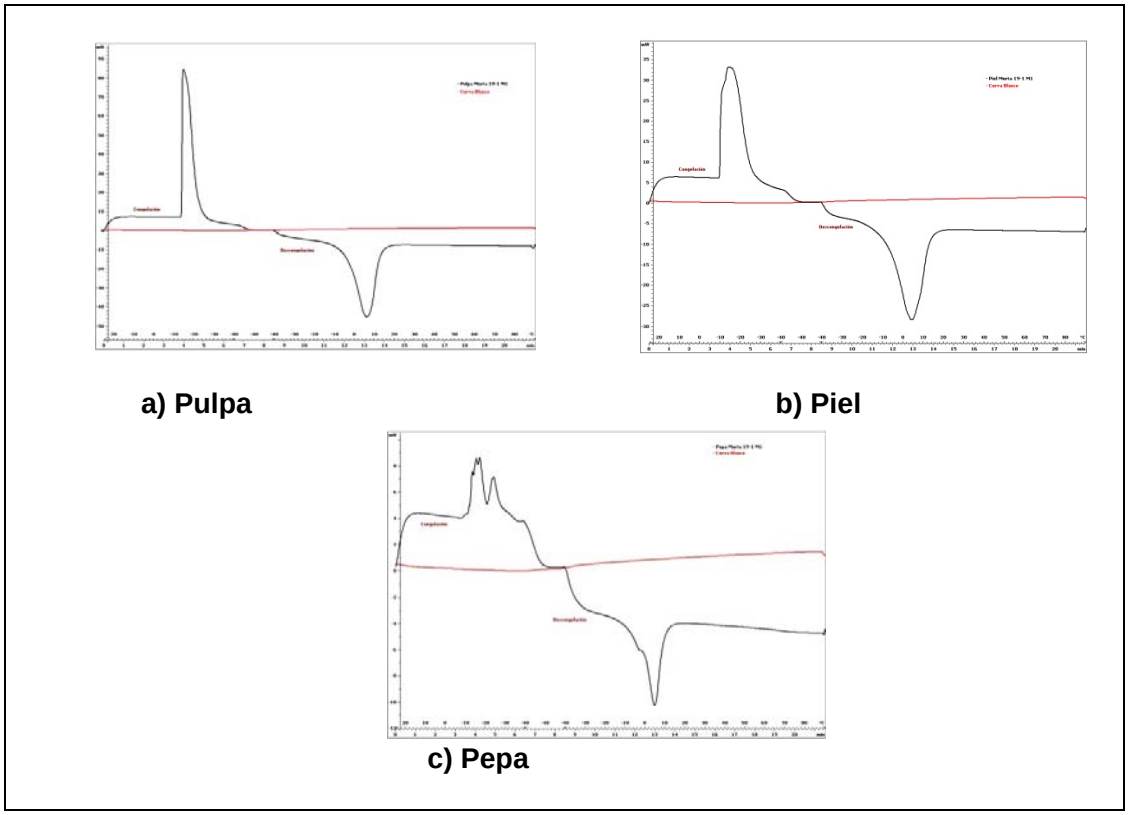


FIGURA 25: Gráficos de Tukey para contenido de agua: Comparación por sección de ambos ecotipos.

4.4 Análisis de termogramas DSC para murta 19-1 y murta 27-1

Durante el proceso de congelación y descongelación las 5 muestras de pulpas se comportan de manera similar entre ellas, ocurrió lo mismo con las muestras de piel y de pepa (FIGURA 26). Este comportamiento se dio tanto para la murta 19-1 como para la murta 27-1, lo cual demuestra que es un comportamiento característico en la murta (ANEXO 4).

Como era de esperar, se observó un pico para la etapa de congelación y otro para la etapa de descongelación en la muestra de pulpa y piel, los cuales representan los procesos de cristalización y fusión respectivamente. En el caso de la pepa se observa que en la etapa de congelación existe más de un pico, lo que puede explicarse debido a que en este proceso no solamente es agua lo que reacciona, sino que pueden ser otros compuestos presentes en la pepa. Según VALDEBENITO *et* al. (2003), la semilla o la pepa posee un alto grado de ácidos grasos insaturados como consecuencia de su elevado contenido de ácido linoleico (78,7%). Es probable que este compuesto influya en lo observado en el termograma c) de la FIGURA 26.

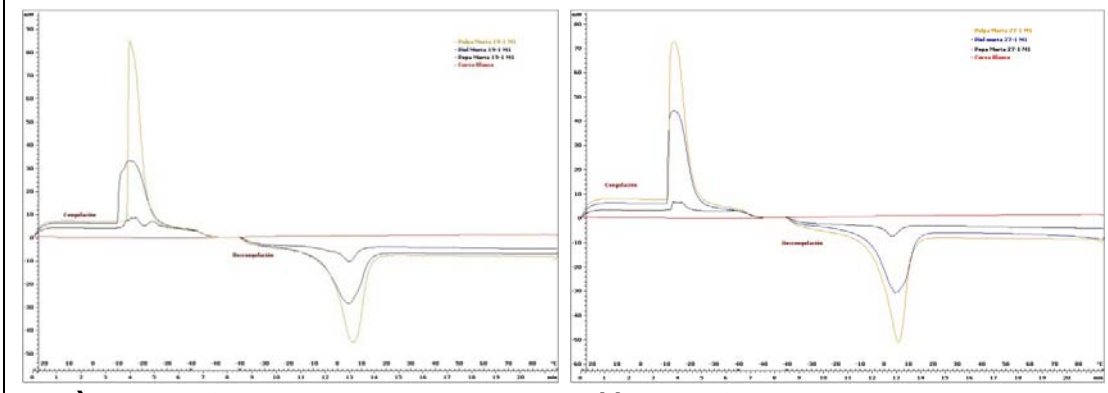


a) Pulpa

b) Piel

c) Pepa

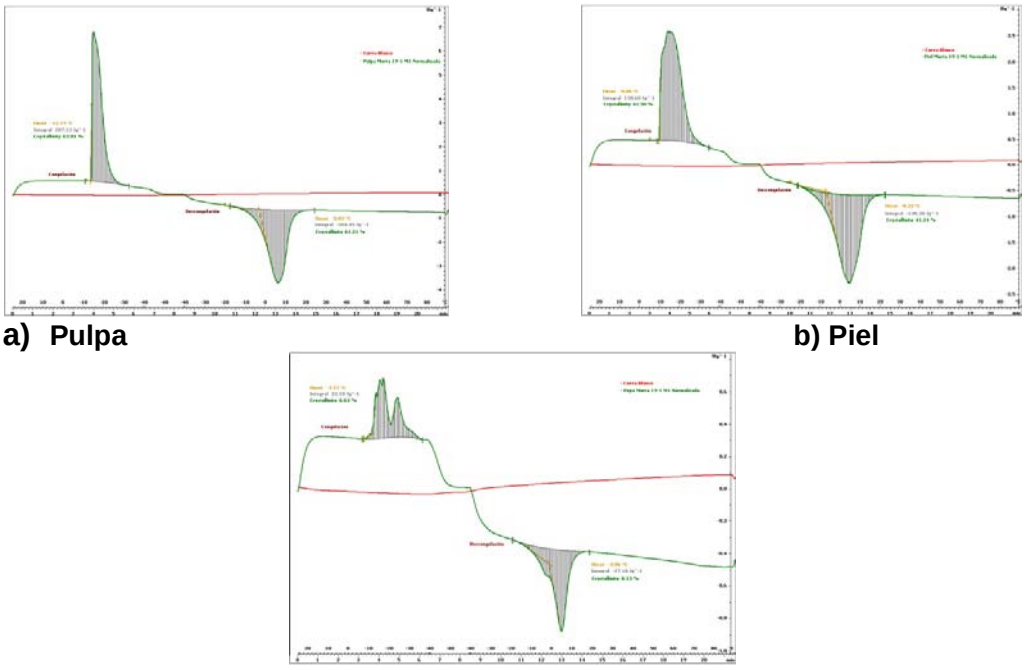
FIGURA 26: Termogramas DSC para una muestra de pulpa, piel y pepa de murta 19-1 durante un proceso de congelación y descongelación.



a) Murta 19-1

b) Murta 27-1

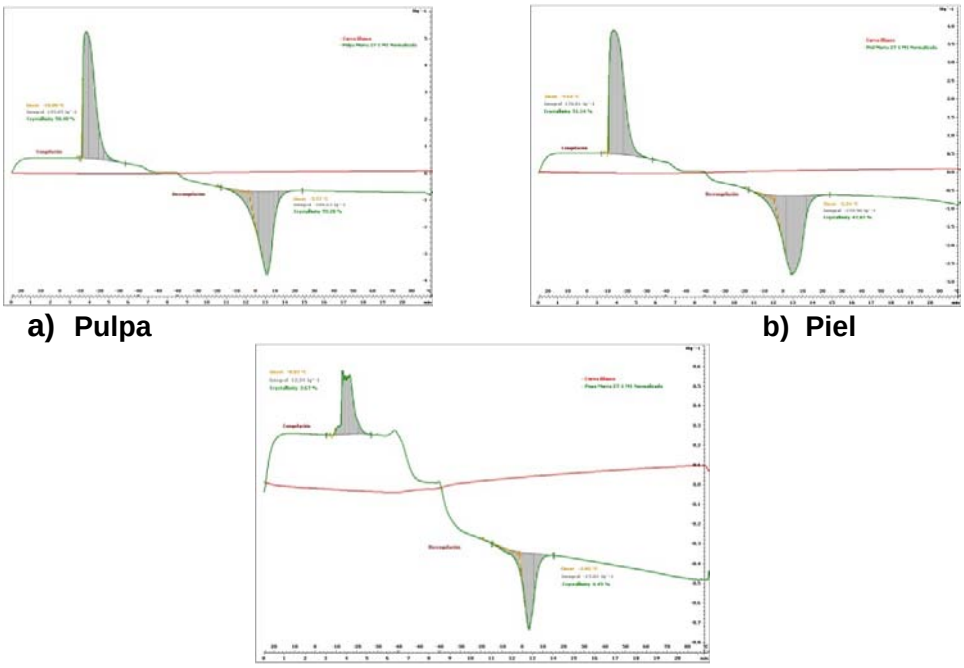
FIGURA 27: Termograma DSC comparativo de pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1 durante un proceso de congelación y descongelación.



a) Pulpa b) Piel

c) Pepa

FIGURA 28: Termograma evaluado de la muestra 1 de pulpa, piel y pepa 19-1.



a) Pulpa b) Piel

c) Pepa

FIGURA 29: Termograma evaluado de la muestra 1 de pulpa, piel y pepa 27-1.

En la FIGURA 27 los termogramas de pulpa, piel y pepa son representados con la misma escala de energía y temperatura, por lo que se puede observar claramente que la energía de fusión y de cristalización provocada por la pulpa es mayor que la de la piel y esta a su vez mayor que la de la pepa. Este comportamiento se registró en ambas muestras de murta. Esto se debe a la diferencia en la cantidad de agua que posee cada sección. Las demás muestras se pueden ver en el ANEXO 5.

Los termogramas se evaluaron cada uno por separado. En las FIGURAS 28 y 29 se muestra un ejemplo de la evaluación para la pulpa, piel y pepa de una muestra de ambas murtas, 19-1 y 27-1 respectivamente.

En cada termograma se evaluó el ONSET, el cual nos indica el punto inicial de una transición, en este caso el punto de congelación o descongelación. Posteriormente se evaluó el área bajo la curva de la sección donde ocurre la transición con la función INTEGRATION, la cual entrega el calor latente de cristalización o de fusión, respectivamente. Por último se utilizó la función CRYSTALLINITY para determinar la fracción de agua que no logró congelarse durante el proceso de enfriamiento, también se aplicó en el calentamiento para observar el comportamiento y ver si existen diferencias. (Las demás muestras se pueden ver en el ANEXO 6).

4.4.1 Punto de congelación. El punto de congelación se midió para la pulpa, piel y pepa de la fruta, tomando en cuenta que se entiende como punto de congelación el momento en que se produce la transición o evento térmico, en este caso, la solidificación de la fase acuosa. También se midió el momento en que empieza la fusión al calentar la muestra, para ver si existe diferencia entre un proceso y otro.

De igual modo que la muestra de agua destilada, los resultados de ONSET para el proceso de cristalización (congelación) tanto para la murta 19-1 como la murta 27-1 son inferiores en comparación con los valores obtenidos en el proceso de fusión (CUADRO 7). Al comparar las secciones de la murta (pulpa, piel y pepa), se encontró que no existe diferencia significativa con un 95% de confianza durante el proceso de congelación (FIGURA 30 y ANEXO 9), siendo para la murta 19-1 la pulpa la que posee valores más bajos, seguido por la piel y finalmente la pepa. En la murta 27-1 los valores más bajos son para la pepa, seguido de la pulpa y finalmente la piel. Diferente es el caso al analizar los valores del proceso de fusión (descongelación) en los cuales sí existe diferencia significativa con un 95% de confianza (FIGURA 31), en la cual la piel obtuvo valores más bajos que la pulpa y ésta a su vez más bajos que la pepa que posee valores más cercanos al cero. Esta tendencia se hace notar en ambos ecotipos.

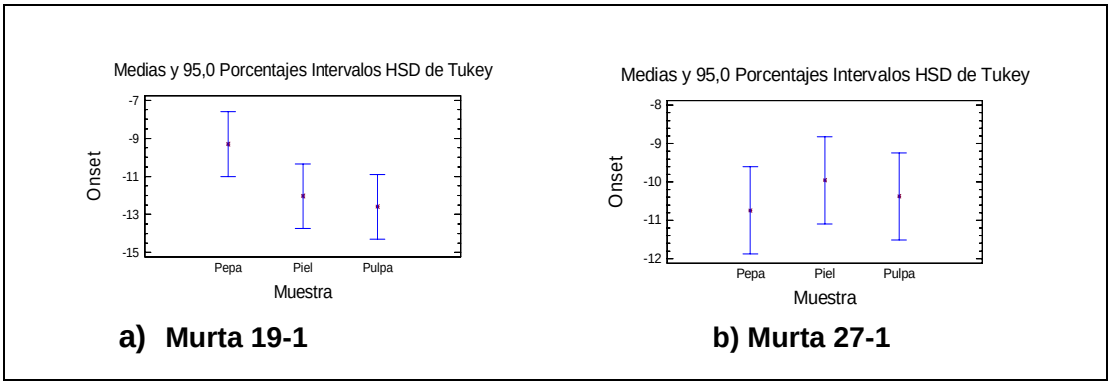
La diferencia en los valores de ONSET o más bien del inicio de punto de congelación en las diferentes secciones se atribuyen especialmente a las concentraciones de soluto que posee cada muestra, que son en su mayoría azúcares.

También se observó una diferencia sustancial entre el proceso de congelación y descongelación esto puede deberse a dos factores mencionados anteriormente ya sean por su acción individual o en conjunto; una de ellas es la descrita por CASP y ABRIL (1999) en que la concentración del soluto en el líquido se incrementa debido al crecimiento paulatino de los cristales durante el proceso de enfriamiento derivando en una reducción en el punto de congelación. El otro factor es el descrito por JUL (1984) y

DOWNEY (2002, 2003) en el cual se describen cambios estructurales a nivel celular o componentes celulares en los tejidos vegetales al utilizar procesos de congelación y descongelación o ciclos de estos. Quizás al congelar las pequeñas muestras de pulpa piel o pepa en el DSC provocó algún tipo de daño estructural como el descrito anteriormente provocando que al descongelar se esté aplicando calor a una estructura diferente a la anterior y así condicionando de esta forma una diferencia en el punto de congelación.

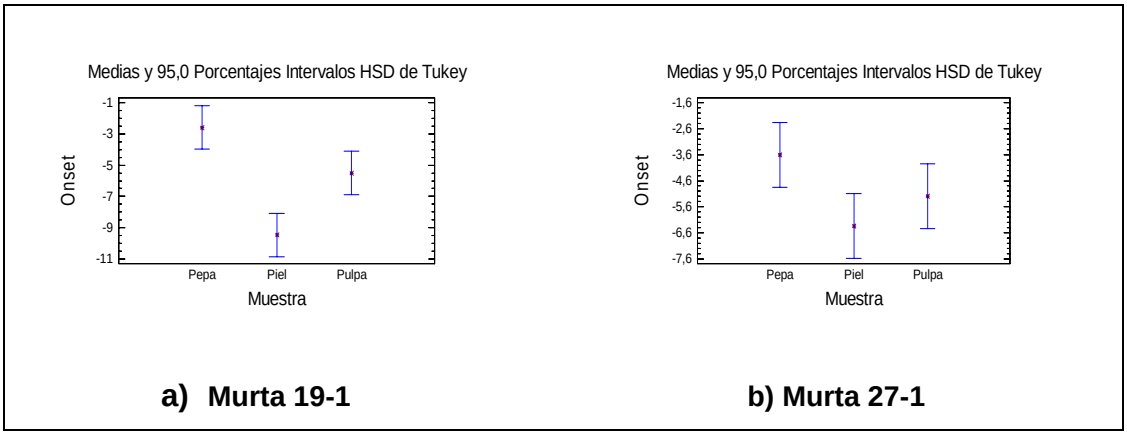
CUADRO 7: Onset para los procesos de cristalización y fusión de pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Onset de cristalización y de fusión en ºC					
Pulpa 19-1			**Pulpa 27-1**		
Muestra	**Cristalización**	**Fusión**	**Muestra**	**Cristalización**	**Fusión**
1	-12,73	-5,03	**1**	-10,00	-5,57
2	-13,31	-6,37	**2**	-9,97	-4,80
3	-11,44	-5,35	**3**	-9,91	-5,44
4	-13,27	-5,87	**4**	-11,04	-5,21
5	-12,25	-4,91	**5**	-10,96	-4,94
Piel 19-1			**Piel 27-1**		
Muestra	**Cristalización**	**Fusión**	**Muestra**	**Cristalización**	**Fusión**
1	-8,86	-8,22	**1**	-9,54	-6,24
2	-12,01	-9,39	**2**	-10,89	-7,40
3	-11,59	-8,39	**3**	-9,87	-6,89
4	-11,58	-7,15	**4**	-9,24	-6,10
5	-16,16	-14,14	**5**	-10,24	-5,07
Pepa 19-1			**Pepa 27-1**		
Muestra	**Cristalización**	**Fusión**	**Muestra**	**Cristalización**	**Fusión**
1	-7,27	-2,06	**1**	-8,03	-2,02
2	-8,00	-2,90	**2**	-12,15	-2,82
3	-11,23	-2,38	**3**	-11,73	-7,80
4	-7,98	-2,52	**4**	-8,86	-2,90
5	-12,03	-3,17	**5**	-12,93	-2,49



a) Murta 19-1 **b) Murta 27-1**

FIGURA 30: Gráficos de Tukey Onset pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1 en el proceso de congelación.



a) Murta 19-1 **b) Murta 27-1**

FIGURA 31: Gráficos de Tukey Onset pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1 en el proceso de descongelación.

Al ver el análisis estadístico de las muestras de los procesos de congelación y el proceso de descongelación (ANEXO 9), deja de manifiesto que todas las muestras a excepción de la piel 19-1 arrojaron una diferencia significativa con un 95% de confianza (FIGURA 32 y 33).

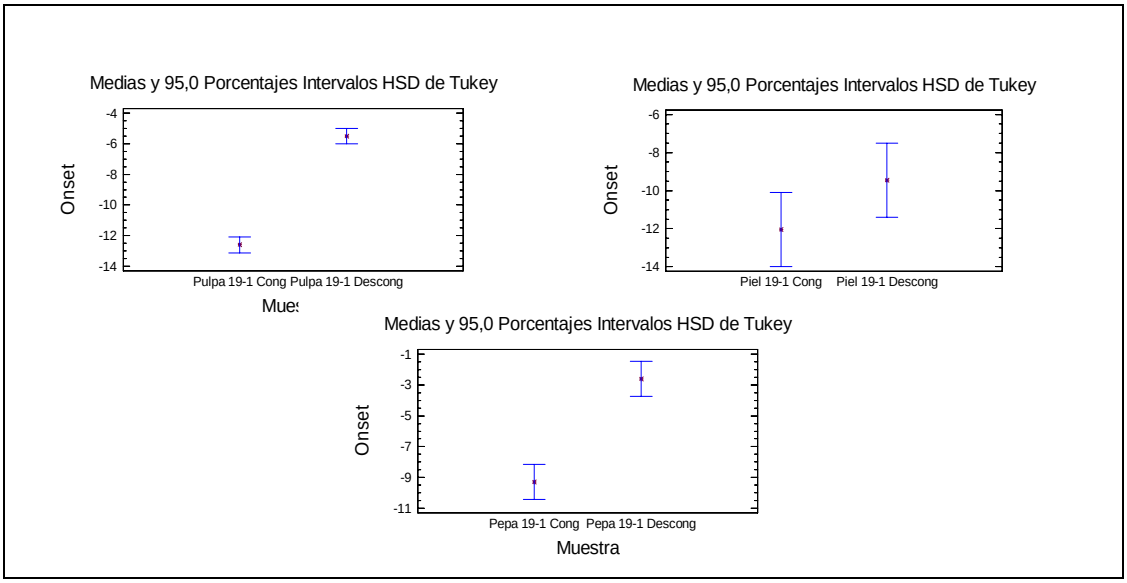


FIGURA 32: Gráfico de Tukey Onset para los procesos de congelación y descongelación para pulpa, piel y pepa de murta 19-1.

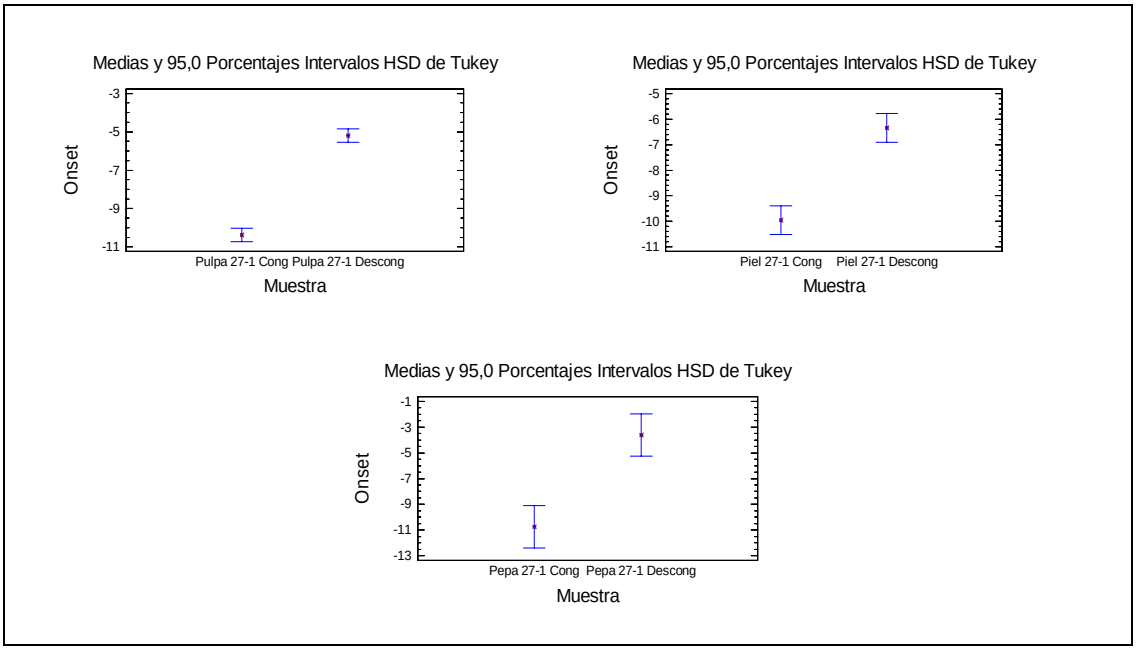


FIGURA 33: Gráfico de Tukey Onset para los procesos de congelación y descongelación para pulpa, piel y pepa de murta 27-1.

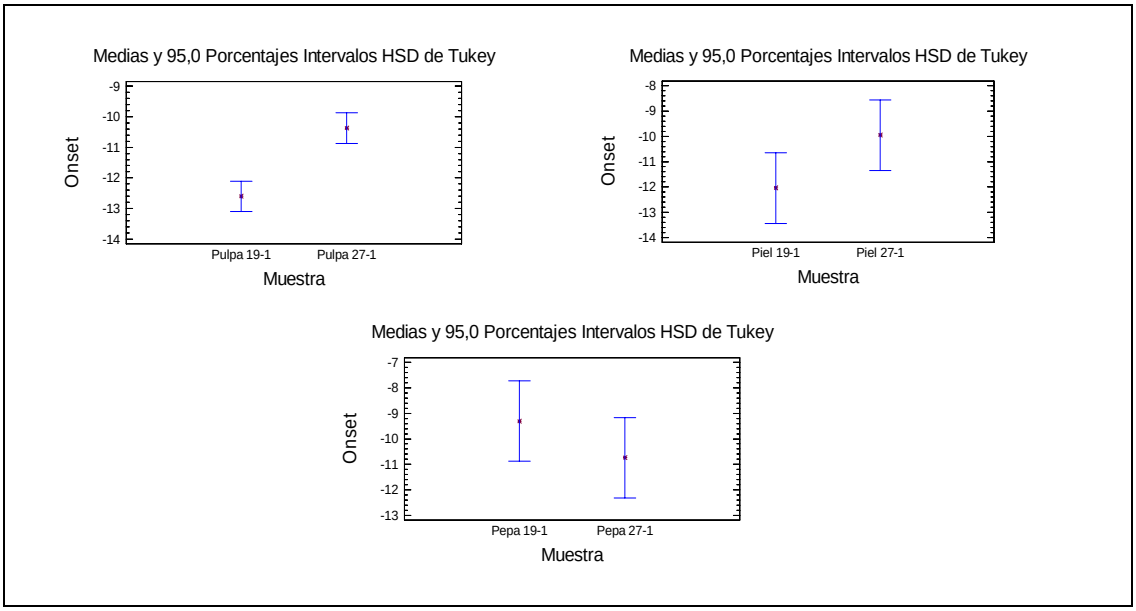


FIGURA 34: Gráfico de Tukey Onset proceso de congelación de la murta 19-1 y 27-1 para pulpa, piel y pepa.

Según los resultados obtenidos en el proceso de congelación, la pulpa de la murta 19-1 se encontró en un rango de -13,31 ºC a -11,44 ºC, la piel varió de -16,16 ºC a -8,86 ºC y la pepa fluctuó entre los -12,03 ºC y -7,98 ºC. En la murta 27-1 la pulpa obtuvo valores entre -11,04 ºC a -9,91 ºC, la piel se encontró en un rango entre -10,89 ºC a -9,24 ºC, la pepa varió entre -12,93 ºC y -8,03 ºC. De acuerdo al análisis estadístico (ANEXO 9) sólo se encontró diferencia significativa con un 95% de confianza al comparar las pulpas, no así fue el caso de las pieles y las pepas, en la cuales no hubo diferencia (FIGURA 34).

Tomando en cuenta los datos del proceso de descongelación, para la murta 19-1, la pulpa obtuvo un rango de fusión entre -6,37 ºC y -4,91 ºC, teniendo en forma más frecuente valores de alrededor de -5 ºC. La piel se encontró dentro de -14,14 ºC y -7,15 ºC, a pesar de que la muestra 5 se aleja del resto de las muestras, se tiene en forma más frecuente valores entre -9 ºC y -8 ºC. En cuanto a la pepa, registró valores entre -3,17 ºC y -2,06 ºC, encontrándose valores más frecuentes de alrededor de -2 ºC. Para la murta 27-1, la pulpa obtuvo un rango entre -5,57 ºC y -4,80 ºC, teniendo en forma más frecuente valores de alrededor de -5 ºC. La piel registró valores entre -7,40 ºC y -5,04 ºC, teniendo en forma más frecuente valores de alrededor de -6 ºC. La pepa, por su parte mostró valores en un rango de -7,80 ºC y -2,02 ºC, teniendo en forma más frecuente valores de alrededor de -2 ºC, siendo la muestra 3 la que presenta el valor más alejado del resto (CUADRO 7).

El análisis estadístico (ANEXO 9) solamente presentó la existencia de diferencia significativa de los rangos de fusión con un 95% de confianza al comparar las pieles de ambos ecotipos, no así con las pulpas y las pepas.

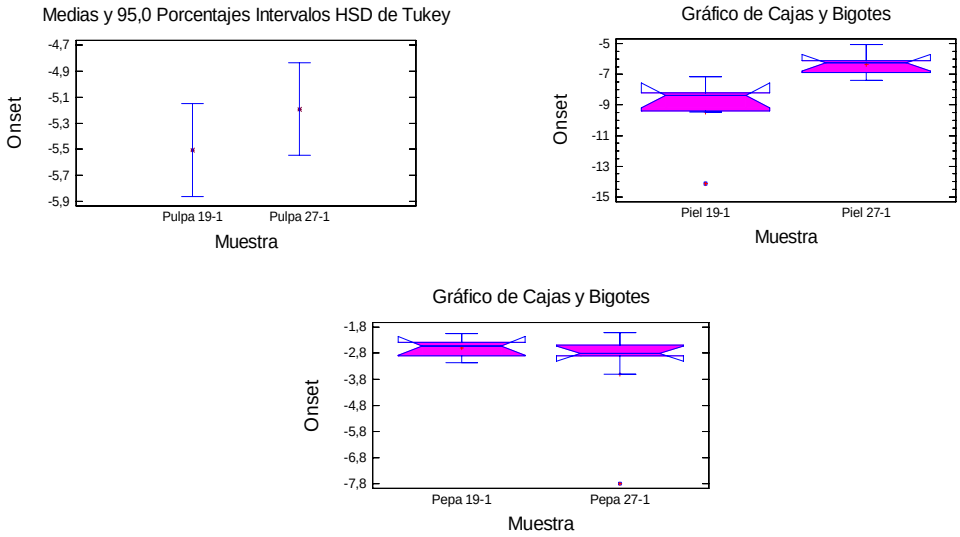


FIGURA 35: Gráfico de Tukey y Cajas y Bigotes Onset proceso descongelación de la murta 19-1 y 27-1 para pulpa, piel y pepa.

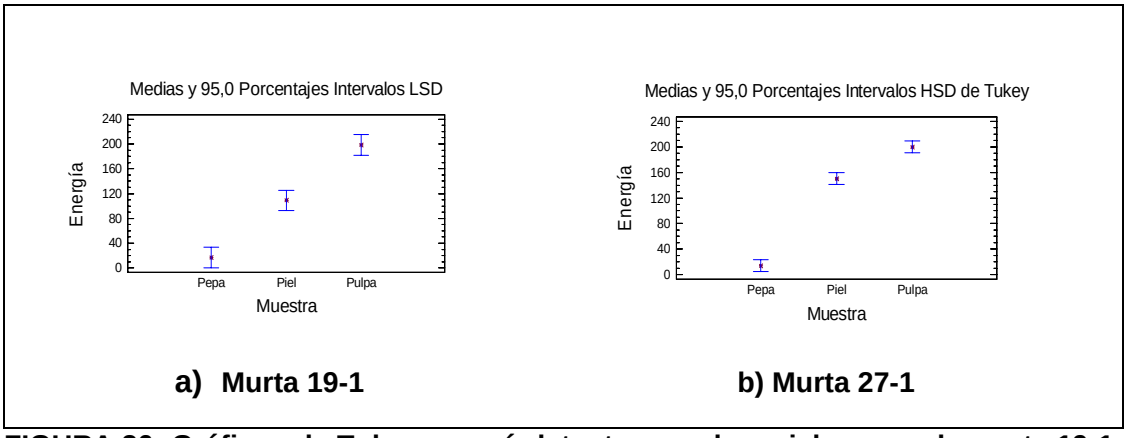
En la FIGURA 35 se ve de forma más clara que existe un traslapo de los valores del ONSET de fusión para las pulpas en el gráfico de Tukey, en las pieles existe un leve traslapo, pero en la muestra 5 de la murta 19-1 hay un alejamiento del resto de los valores, provocando que sí exista diferencia significativa en esa sección. En la pepa por su parte, la muestra 3 de la murta 27-1 se distancia de los demás valores, pero el solapamiento es mayor que en la piel lo que provoca que no exista diferencia significativa.

4.4.2 Energía latente. Se midió la energía latente o calor latente durante los procesos de cristalización y fusión que ocurren al enfriar y calentar la muestra de pulpa, piel y pepa de ambos ecotipos de murta (CUADRO 8).

CUADRO 8: Energía latente para los procesos de cristalización y fusión de la pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

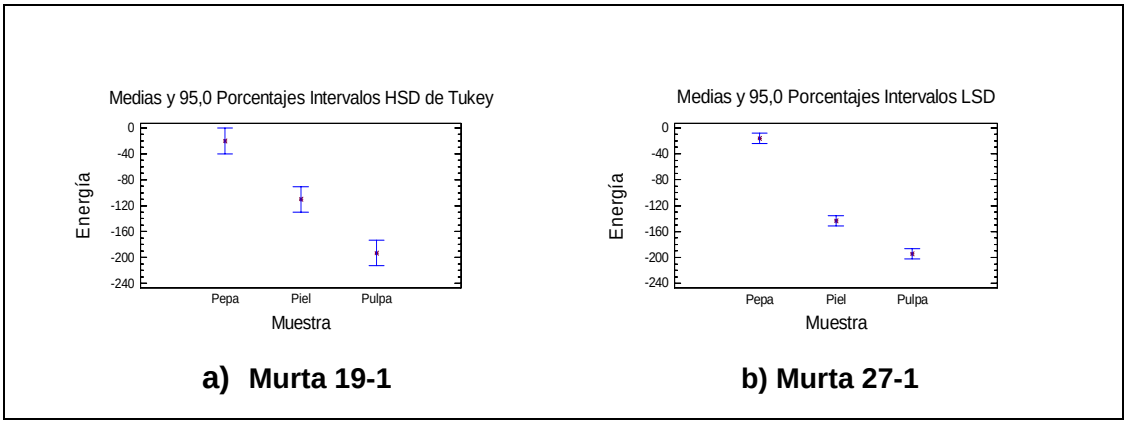
Energía de cristalización y de fusión en J/g					
Pulpa 19-1			**Pulpa 27-1**		
Muestra	**Cristalización**	**Fusión**	**Muestra**	**Cristalización**	**Fusión**
1	207,13	-204,45	**1**	195,05	-184,63
2	191,39	-181,63	**2**	210,14	-207,53
3	206,37	-204,89	**3**	201,93	-196,03
4	187,64	-179,76	**4**	208,81	-205,92
5	200,00	-194,19	**5**	184,63	-177,74
Piel 19-1			**Piel 27-1**		
Muestra	**Cristalización**	**Fusión**	**Muestra**	**Cristalización**	**Fusión**
1	138,60	-138,20	**1**	170,81	-159,90
2	117,06	-117,00	**2**	141,71	-127,57
3	124,64	-121,56	**3**	133,80	-132,92
4	125,74	-131,44	**4**	148,55	-147,24
5	38,70	-43,63	**5**	156,89	-151,09
Pepa 19-1			**Pepa 27-1**		
Muestra	**Cristalización**	**Fusión**	**Muestra**	**Cristalización**	**Fusión**
1	22,10	-27,16	**1**	12,24	-15,01
2	24,12	-26,81	**2**	11,48	-12,42
3	13,19	-19,41	**3**	25,06	-28,77
4	14,10	-16,66	**4**	11,84	-12,67
5	10,71	-11,97	**5**	10,14	-11,83

Comparando en forma general los datos de ambos ecotipos, se observó que los valores más altos son de las muestras de pulpa, seguidos por las muestras de piel y finalmente las muestras de pepa (FIGURA 36), tanto para el proceso de cristalización como fusión, solamente con la diferencia que en este último proceso los valores poseen signo negativo, esto solo para indicar que es un proceso endotérmico (FIGURA 37). El análisis estadístico entre las secciones ratificó la evidente diferencia que existe entre ellas, ya sea en el proceso de congelación o en el proceso de descongelación y en ambos ecotipos con un 95% de confianza (ANEXO 10). La diferencia observada coincide además con los contenidos de agua que existe en cada sección. En términos generales a mayor contenido de agua, mayor será la energía latente. Ese comportamiento varía al observar las muestras de una misma sección, por la interacción que pudieran lograr otras sustancias del fruto. Sin embargo, esto no es tan decidor como lo es el contenido de agua en el valor de la energía latente.



a) Murta 19-1 **b) Murta 27-1**

FIGURA 36: Gráficos de Tukey energía latente en pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1 en el proceso de congelación.



a) Murta 19-1 **b) Murta 27-1**

FIGURA 37: Gráficos de Tukey energía latente en pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1 en el proceso de descongelación.

Al comparar los procesos de congelación y descongelación de ambos ecotipos de acuerdo a su respectiva sección, se observó que los resultados obtenidos se encuentran relativamente cercanos entre sí. El análisis estadístico presentó que no existen diferencias significativas con un 95% de confianza entre un proceso y otro (ANEXO 10), corroborando lo anteriormente mencionado.

En las FIGURAS 38 y 39 se ve en forma clara que en todas las muestras existe cierto traslapo de los valores, lo que produce que no existan diferencias significativas y por lo tanto, se dice que se requiere la misma cantidad de energía ya sea para congelar como descongelar el producto.

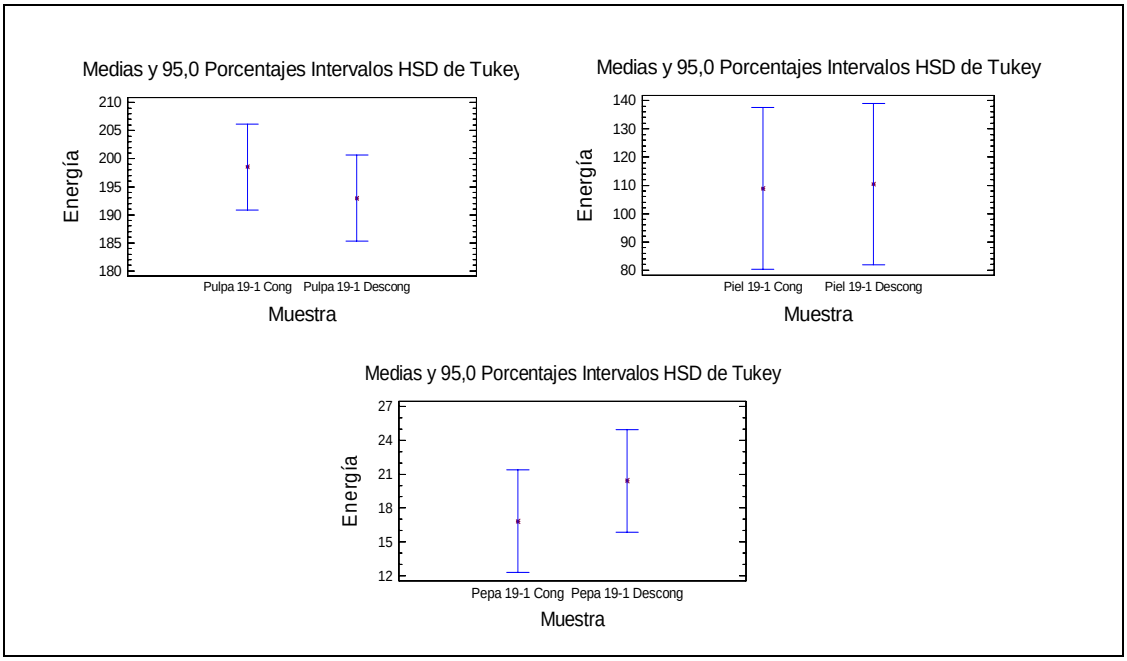


FIGURA 38: Gráfico de Tukey energía latente para los procesos de congelación y descongelación para pulpa, piel y pepa de murta 19-1.

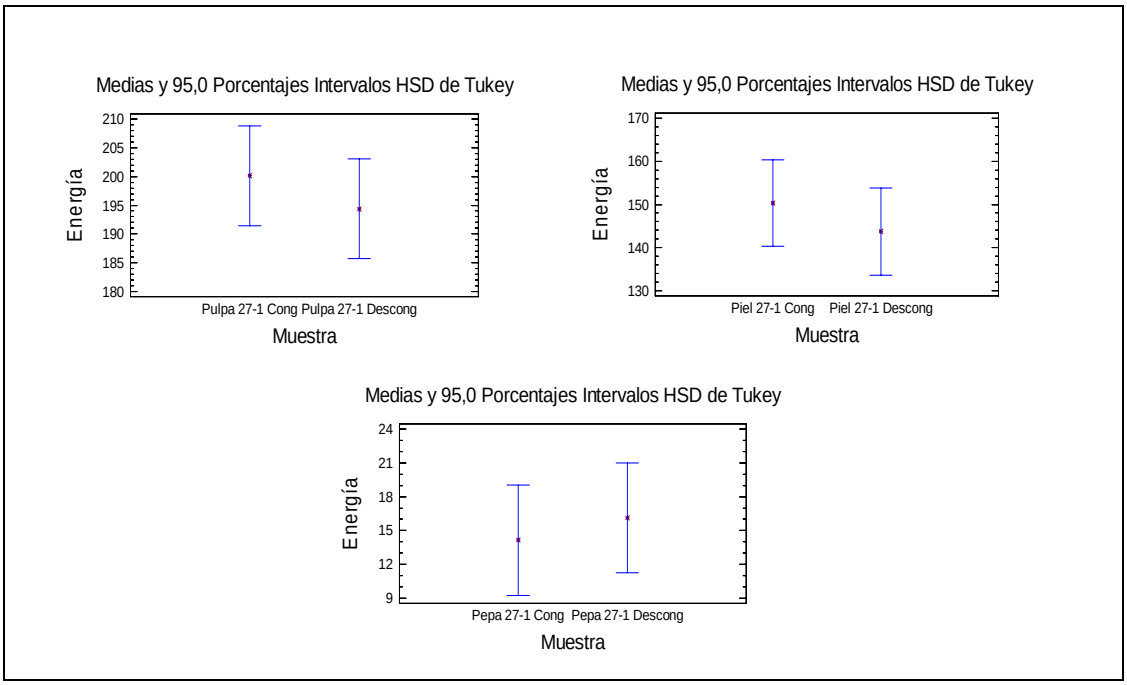


FIGURA 39: Gráfico de Tukey energía latente para los procesos de congelación y descongelación para pulpa, piel y pepa de murta 27-1.

Según los resultados obtenidos durante el proceso de congelación (cristalización), en la murta 19-1 el calor latente de la pulpa fluctuó entre 187,64 J/g y

207,13 J/g, en la piel varió entre 38,70 J/g y 138,60 J/g, siendo el valor más bajo representado por la muestra 5, la cual presentó el menor contenido de agua en sus tejidos. La pepa por su parte presentó valores entre 10,71 J/g y 24,12 J/g. Para la murta 27-1 la pulpa obtuvo un rango de calor latente entre 184,63 J/g y 210,14 J/g, la piel entre 133,80 J/g y 170,81 J/g, la pepa entre 10,14 J/g y los 25,06 J/g (CUADRO 8).

Observando los valores de la murta 19-1durante el proceso de descongelación, se encontró que la pulpa posee variaciones en un rango entre -204,45 J/g y -179,76 J/g. La piel también tuvo variaciones entre los valores de -138,20 J/g y -43,63 J/g, siendo este último valor perteneciente a la muestra 5, la cual presentó la menor cantidad de agua en sus tejidos. Finalmente la pepa mostró los valores más bajos, registrándose éstos dentro de un rango de -27,16 J/g y -11,97 J/g. Los resultados de las muestras de la murta 27-1 tuvieron la misma tendencia que las muestras de la murta 19-1, la pulpa registró valores entre -207,53 J/g y -177,74 J/g. En el caso de la piel los valores estuvieron dentro de un rango de -159,90 J/g y -127,57 J/g y la pepa al igual que la muestra de la murta 19-1 alcanzó los valores más bajos en un rango de -28,77-J/g y -11,83 J/g (CUADRO 7).

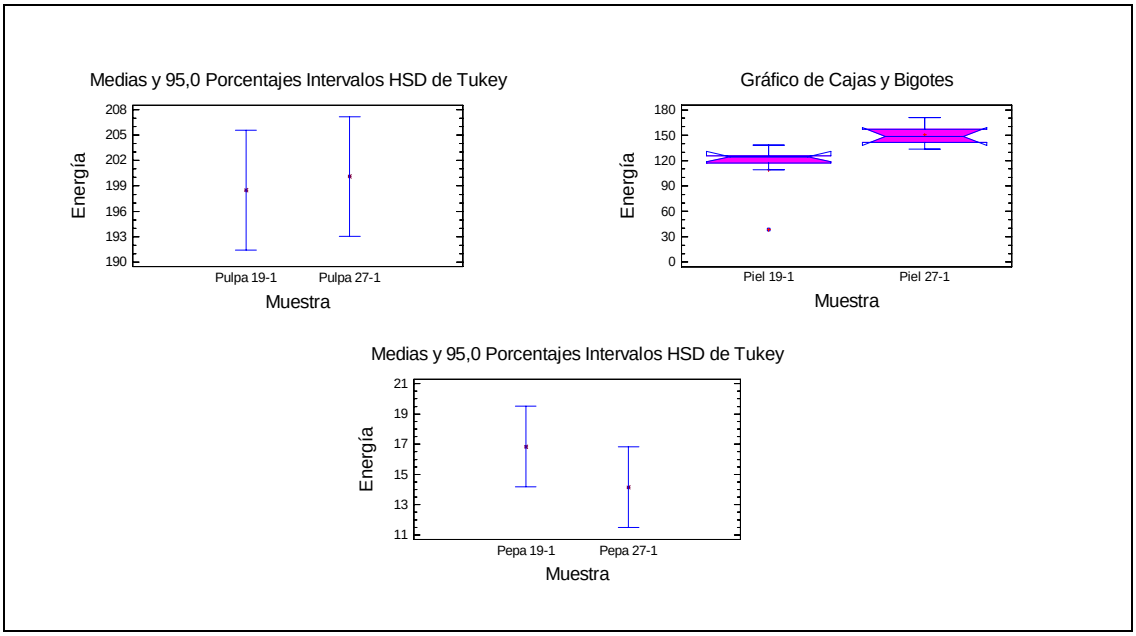


FIGURA 40: Gráfico de Tukey y Cajas y Bigotes Energía proceso congelación de la murta 19-1 y 27-1 para pulpa, piel y pepa.

Al comparar ambos ecotipos, la murta del ecotipo 27-1 mostró valores levemente mayores, sin embargo no existió diferencia significativa entre los ecotipos a excepción de las muestras de pieles (ANEXO 10), ya que en ambos procesos la muestra 5 de la murta 19-1 se alejó bastante del común de los valores observados (FIGURA 40 y 41), esto coincide también con que la muestra 5 de la murta 19-1 fue la que presentó valores de contenido de agua más bajos en dicha sección, lo cual confirma la importancia del rol que cumple el contenido de agua al momento de realizar

la evaluación de la energía latente. También se le suma un factor estructural de los tejidos de las muestras, los cuales pueden presentarse en forma diferente comparando entre un estado fresco y congelado.

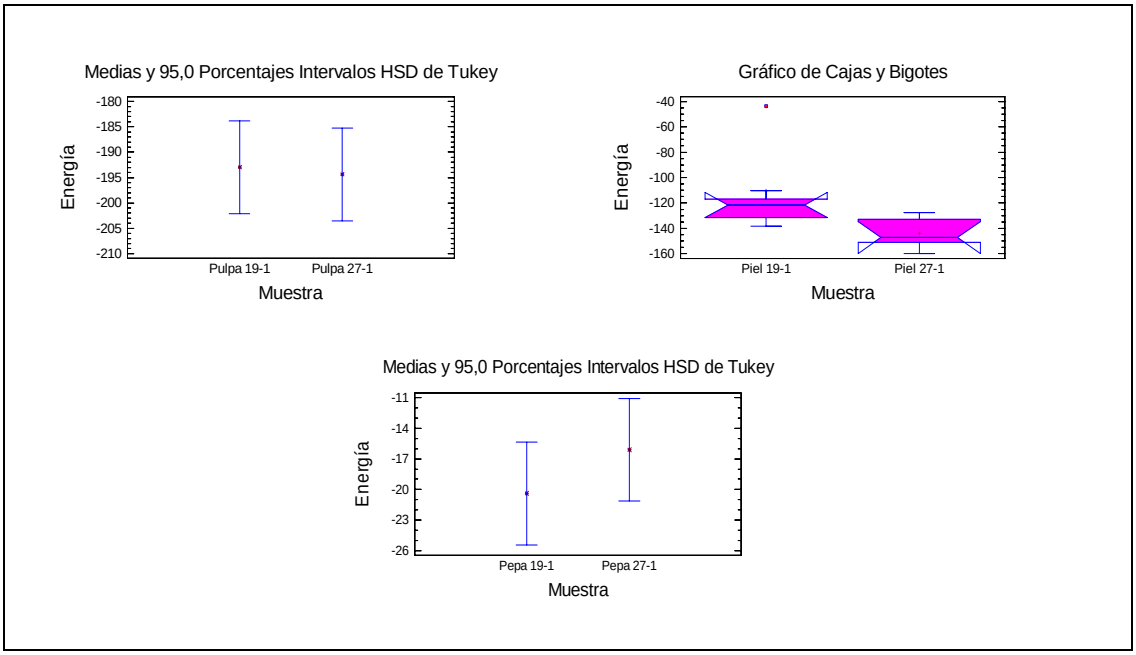
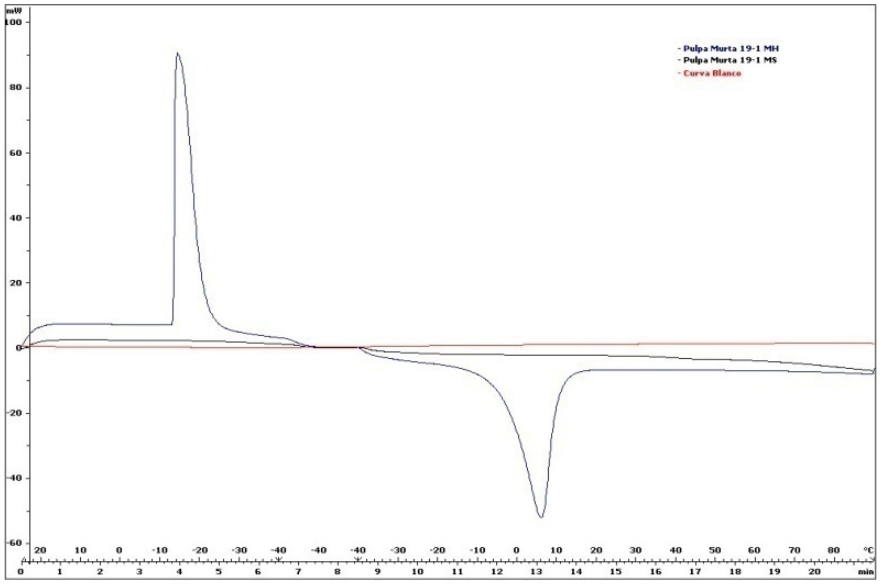


FIGURA 41: Gráfico de Tukey y Cajas y Bigotes Energía proceso descongelación de la murta 19-1 y 27-1 para pulpa, piel y pepa.

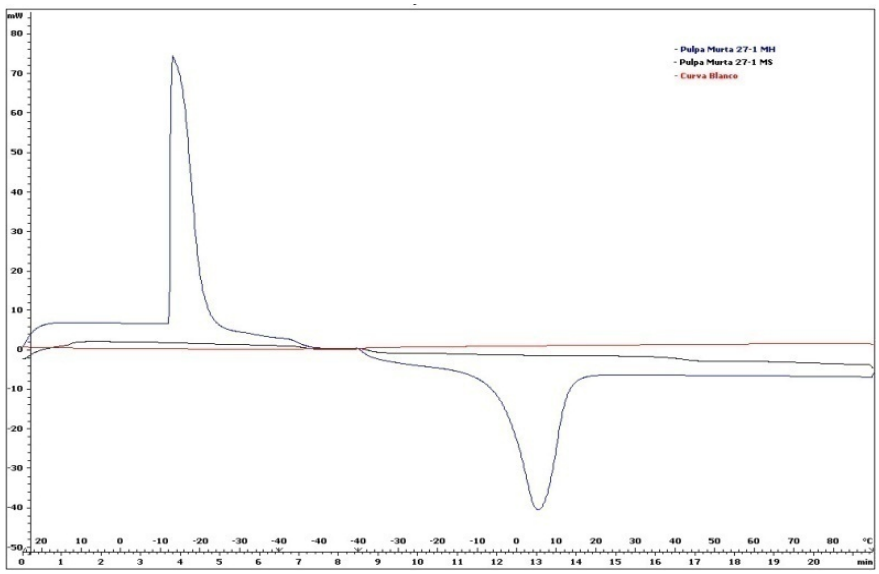
4.4.3. Fracción y porcentaje de agua no congelada. Las muestras secas de las murtas 19-1 y 27-1 que fueron analizadas en el calorímetro diferencial de barrido mostraron ausencia de eventos térmicos tales como, cristalización y fusión en las 3 secciones de la murta. En la FIGURA 42 se aprecia dicho comportamiento en pulpa de ambos ecotipos, las demás secciones se pueden ver en el ANEXO 7. Por lo tanto el principal factor en dichos eventos térmicos es el agua presente en los tejidos de las muestras.

Sabiendo que el agua provoca los eventos térmicos observados en las muestras frescas, la fracción de agua no congelada (FANC) se calculó como se explicó anteriormente, obteniéndose resultados tanto para murta 19-1 como la murta 27-1 (CUADRO 9 y 10), en los cuales βc corresponde a la fracción de agua no congelada con los valores del proceso de cristalización y βf con los valores del proceso de fusión. Además se calculó el porcentaje de agua no congelada (%ANC).

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en la fracción de agua no congelada para cada sección, se observó que los valores más altos corresponden a las pepas, seguidos por las pieles y finalmente las pulpas. Este comportamiento se registró en ambos ecotipos y procesos (FIGURA 43 y 44). El análisis estadístico mostró que si existe diferencia significativa con un 95% de confianza entre las secciones tomando en cuenta los resultados de FANC (ANEXO 11).



a) Murta 19-1



b) Murta 27-1

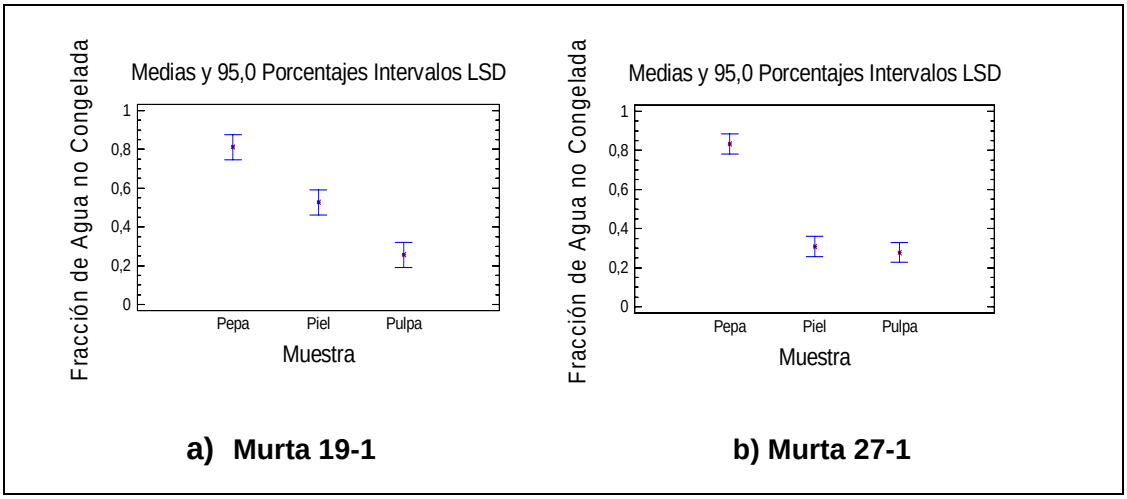
FIGURA 42: Comparación de termogramas DSC de pulpa fresca y pulpa seca de murta 19-1 y 27-1.

CUADRO 9: Fracción y contenido de agua no congelada para la pulpa, piel y pepa de murta 19-1.

Pulpa 19-1							
Muestra	Agua Promedio %	% Cristalinidad		βc	βf	Agua no congelada C %	Agua no congelada F %
		Cristalización	Fusión				
1	82,2535	62,01	61,21	0,25	0,26	20,2435	21,0435
2	79,9861	57,30	52,60	0,28	0,34	22,6861	27,3861
3	80,5339	61,79	61,26	0,23	0,24	18,7439	19,2739
4	81,8181	56,16	53,93	0,31	0,34	25,6581	27,8881
5	76,0411	59,83	58,14	0,21	0,24	16,2111	17,9011
Piel 19-1							
Muestra	Agua Promedio %	% Cristalinidad		βc	βf	Agua no congelada C %	Agua no congelada F %
		Cristalización	Fusión				
1	71,7562	41,50	41,24	0,42	0,43	30,2562	30,5162
2	70,0481	35,05	34,86	0,50	0,50	34,9981	35,1881
3	65,8314	37,32	36,40	0,43	0,45	28,5114	29,4314
4	75,6826	37,65	39,35	0,50	0,48	38,0326	36,3326
5	53,6466	11,59	13,06	0,78	0,76	42,0566	40,5866
Pepa 19-1							
Muestra	Agua Promedio %	% Cristalinidad		βc	βf	Agua no congelada C %	Agua no congelada F %
		Cristalización	Fusión				
1	24,1260	6,63	8,13	0,73	0,66	17,4960	15,9960
2	31,2129	7,22	8,03	0,77	0,74	23,9929	23,1829
3	24,7515	3,82	5,80	0,85	0,77	20,9315	18,9515
4	27,4705	4,22	5,00	0,85	0,82	23,2505	22,4705
5	22,6735	3,21	3,55	0,86	0,84	19,4635	19,1235

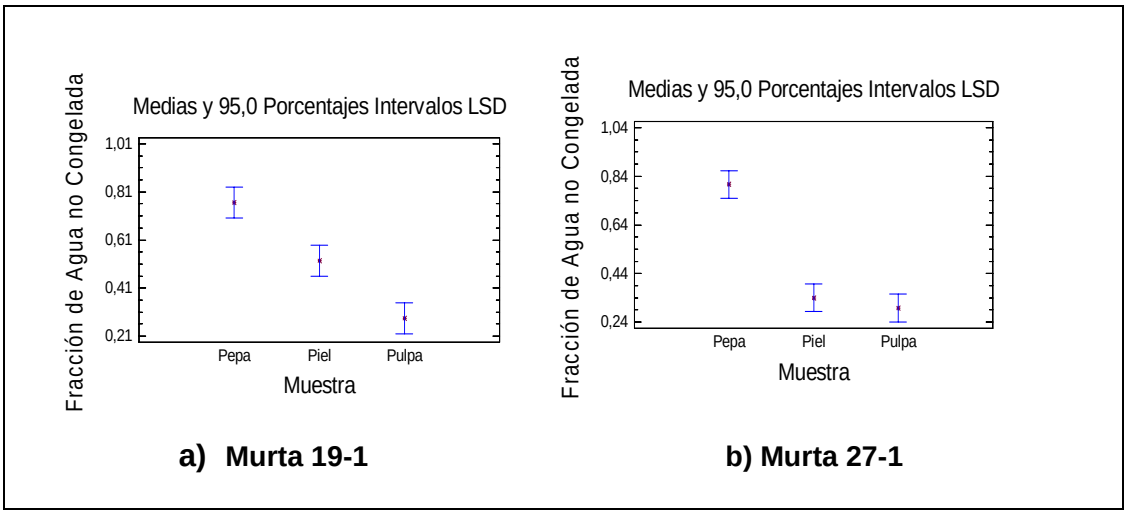
CUADRO 10: Fracción y contenido de agua no congelada para la pulpa, piel y pepa de murta 27-1.

Pulpa 27-1							
Muestra	Agua Promedio %	% Cristalinidad		βc	βf	Agua no congelada C %	Agua no congelada F %
		Cristalización	Fusión				
1	84,0866	58,40	55,28	0,31	0,34	25,6866	28,8066
2	82,8591	62,92	62,13	0,24	0,25	19,9391	20,7291
3	83,6215	60,46	58,69	0,28	0,30	23,1615	24,9315
4	85,8639	62,52	61,65	0,27	0,28	23,3439	24,2139
5	78,1328	55,28	53,21	0,29	0,32	22,8528	24,9228
Piel 27-1							
Muestra	Agua Promedio %	% Cristalinidad		βc	βf	Agua no congelada C %	Agua no congelada F %
		Cristalización	Fusión				
1	66,9659	51,14	47,87	0,24	0,29	15,8259	19,0959
2	65,9758	42,43	38,19	0,36	0,42	23,5458	27,7858
3	56,6515	40,06	39,80	0,29	0,30	16,5915	16,8515
4	75,6315	44,48	44,08	0,41	0,42	31,1515	31,5515
5	61,7076	46,97	45,24	0,24	0,27	14,7376	16,4676
Pepa 27-1							
Muestra	Agua Promedio %	% Cristalinidad		βc	βf	Agua no congelada C %	Agua no congelada F %
		Cristalización	Fusión				
1	20,4277	3,67	4,49	0,82	0,78	16,7577	15,9377
2	34,1128	3,44	3,75	0,90	0,89	30,6728	30,3628
3	22,1790	7,52	8,60	0,66	0,61	14,6590	13,5790
4	31,1152	3,55	3,78	0,89	0,88	27,5652	27,3352
5	27,7229	3,04	3,61	0,89	0,87	24,6829	24,1129



a) Murta 19-1 **b) Murta 27-1**

FIGURA 43: Gráficos de Tukey FANC pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1 en el proceso de congelación.



a) Murta 19-1 **b) Murta 27-1**

FIGURA 44: Gráficos de Tukey FANC pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1 en el proceso de descongelación.

Al comparar los procesos de congelación y descongelación se observó que existen leves diferencias, pero estas no son significativas con un 95% de confianza en ambos ecotipos (ANEXO 11).

En las FIGURAS 45 y 46 se representa en forma gráfica el traslapo que existe entre los valores obtenidos para cada proceso de acuerdo a su respectiva sección.

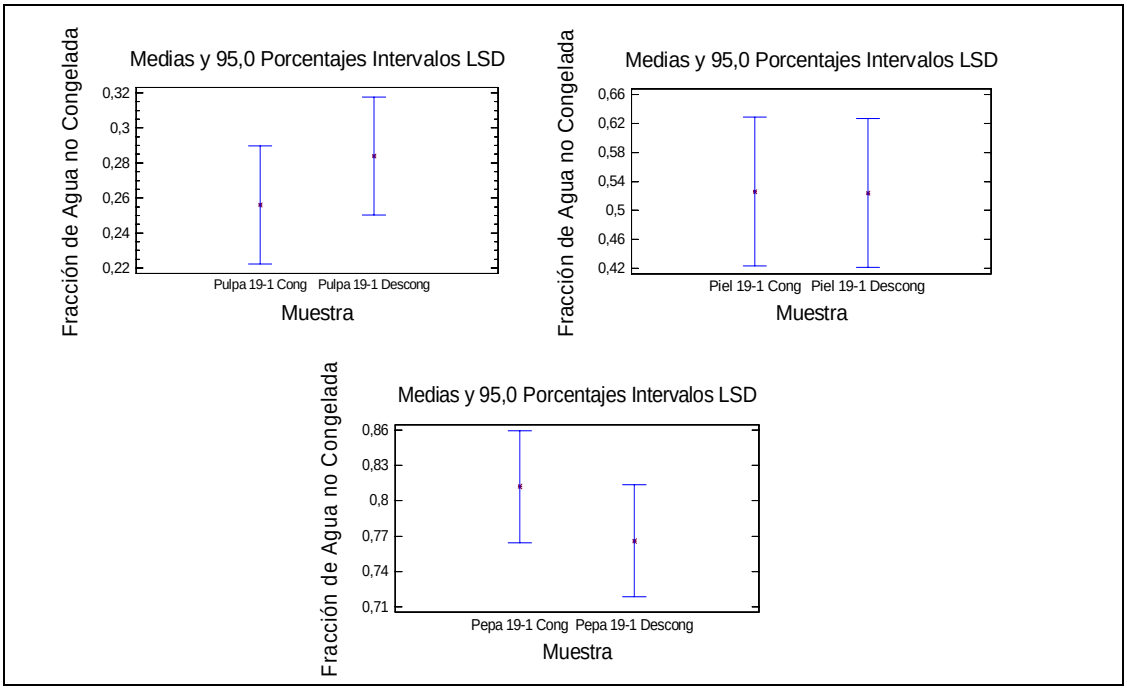


FIGURA 45: Gráfico de Tukey FANC para los procesos de congelación y descongelación para pulpa, piel y pepa de murta 19-1.

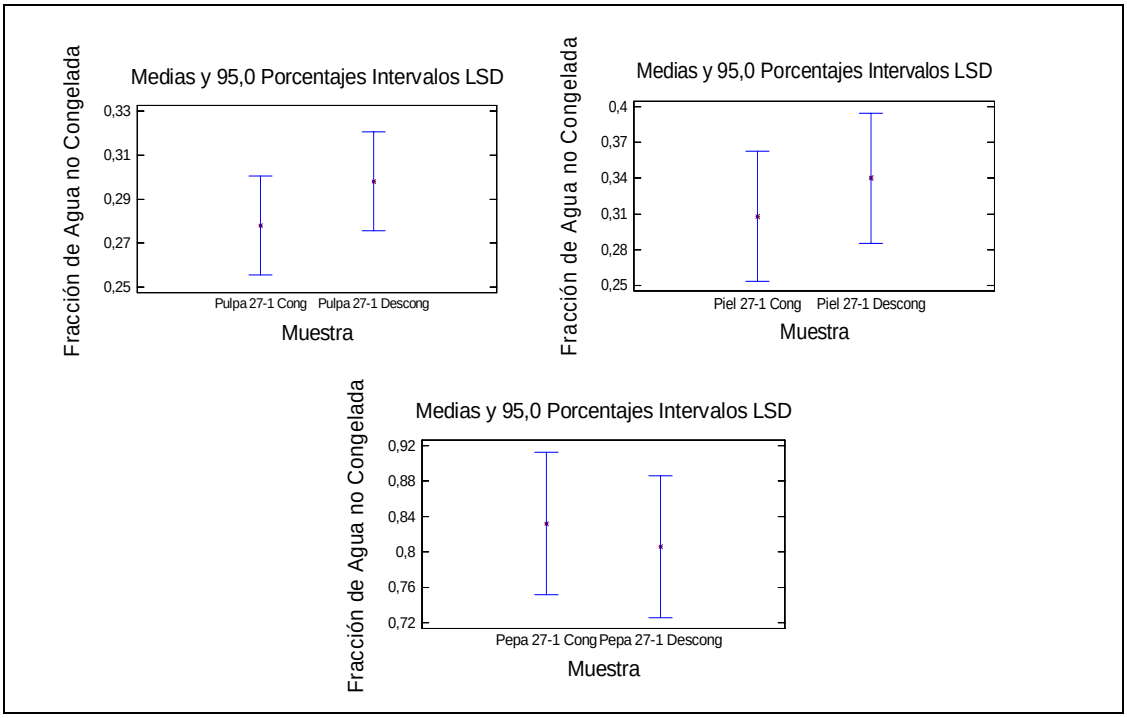


FIGURA 46: Gráfico de Tukey FANC para los procesos de congelación y descongelación para pulpa, piel y pepa de murta 27-1.

Los resultados obtenidos para la fracción de agua no congelada (β) durante el proceso de congelación (cristalización) para la murta 19-1 posicionaron a la pepa con los valores más elevados en un rango de 0,73 a 0,86, seguidos por la piel entre 0,42 y 0,78 y finalmente la pulpa con valores más bajos entre 0,21 y 0,31 (CUADRO 9). En la murta 27-1 se registró el mismo comportamiento en el cual, la pepa varió entre 0,66 a 0,90, la piel fluctuó entre 0,24 y 0,41 y la pulpa entre 0,24 y 0,31(CUADRO 10).

Durante el proceso de descongelación (fusión) los valores obtenidos para la fracción de agua no congelada (β) para la murta 19-1 muestran que existe mayor proporción de ésta en la sección de la pepa con un rango de valores entre 0,66 y 0,84. La piel presenta valores intermedios en un rango de 0,43 y 0,76 aunque es más común encontrar valores entre 0,43 y 0,50 y finalmente la pulpa presenta los valores más bajos entre 0,24 a 0,34 (CUADRO 9). El mismo comportamiento se observó en la murta 27-1 con la diferencia que la fracción de agua no congelada alcanza valores más elevados en la pepa en comparación con la murta 19-1 desde 0,61 hasta 0,89, la piel por su parte registró valores entre 0,27 y 0,42. Por último la pulpa obtuvo valores entre 0,25 y 0,34 (CUADRO 10).

El análisis estadístico utilizado para comparar ambos ecotipos con los valores del proceso de congelación indicó que solamente existe diferencia significativa con un 95% de confianza en las pieles, no así en las pepas y las pulpas (FIGURA 47). Similar comportamiento se registró con los valores del proceso de descongelación (FIGURA 48). La diferencia observada con las pieles radicó fundamentalmente a los valores de la muestra 5 de la murta 19-1, ya que estos se alejaron del común de los resultados obtenidos con las demás muestras.

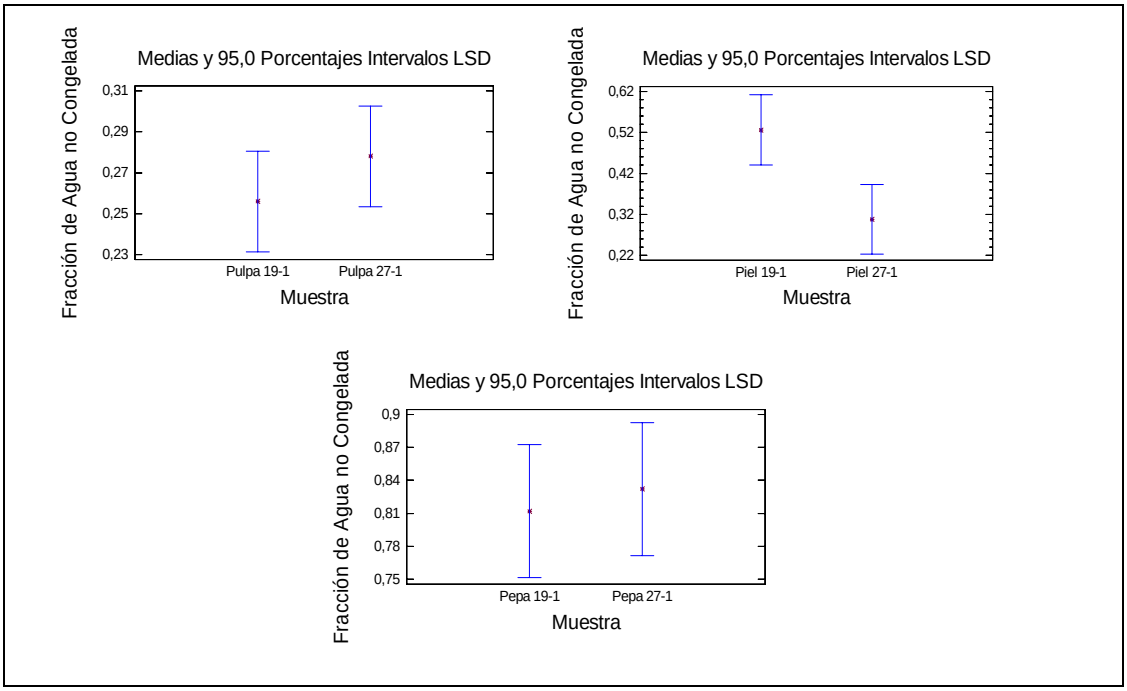


FIGURA 47: Gráfico de Tukey FANC proceso congelación de la murta 19-1 y 27-1 para pulpa, piel y pepa.

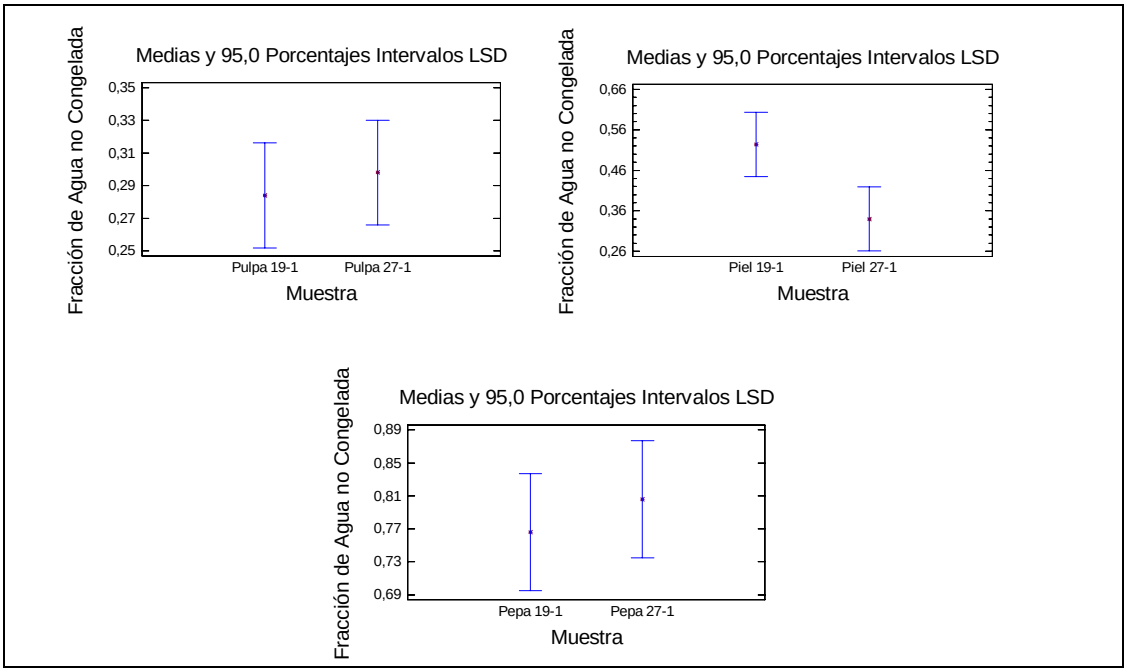
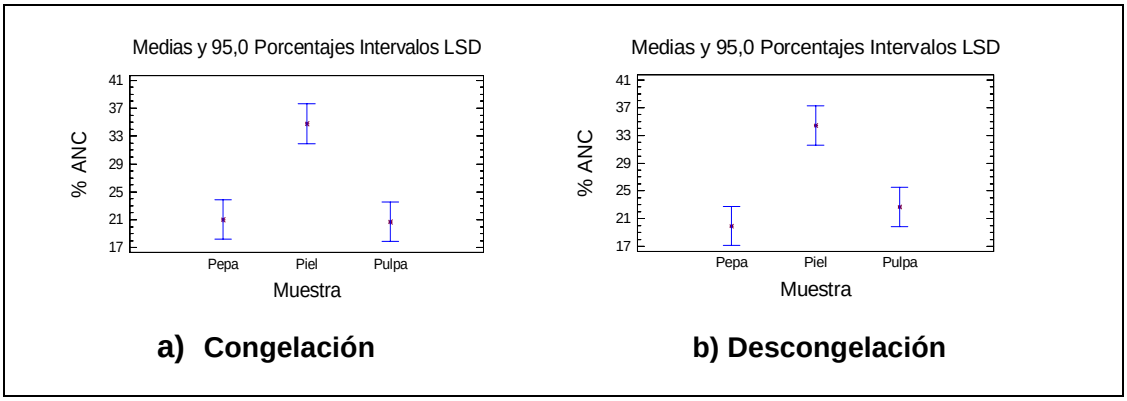


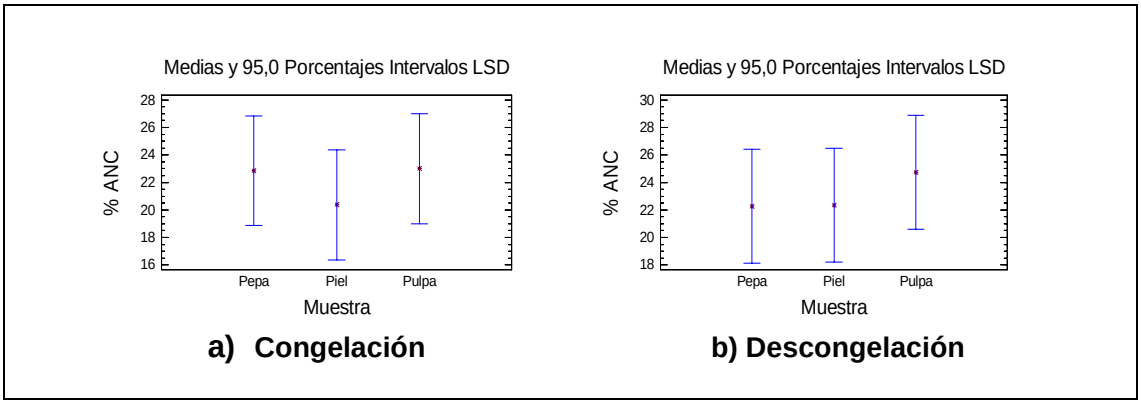
FIGURA 48: Gráfico de Tukey FANC proceso descongelación de la murta 19-1 y 27-1 para pulpa, piel y pepa.

Los valores obtenidos para el contenido de agua no congelada (%ANC) fueron muy variados en todas las secciones y en los diferentes procesos, pero estos resultados a su vez fueron cercanos entre sí (CUADRO 9 y 10). El análisis estadístico (ANEXO 11) al comparar las secciones indicó que en ambos procesos sí existe diferencia significativa con un 95% de confianza en la murta 19-1 (FIGURA 49), caso contrario ocurrió con la murta 27-1 en la cual no se registró diferencia alguna (FIGURA 50).



a) Congelación **b) Descongelación**

FIGURA 49: Contenido de agua no congelada para pulpa, piel y pepa de murta 19-1 en procesos de congelación y descongelación.



a) Congelación **b) Descongelación**

FIGURA 50: Contenido de agua no congelada para pulpa, piel y pepa de murta 27-1 en procesos de congelación y descongelación.

Al observar los datos de contenido de agua no congelada en murta 19-1 se encontró que no existe diferencia significativa con un 95% de confianza entre la pulpa y la pepa; la piel presentó valores un poco más elevados que el resto de las secciones, los cuales gatillaron la diferencia expresada. En el caso de la murta 27-1 no se encontró diferencia significativa con un 95% de confianza entre las secciones, por lo tanto se establece que el contenido de agua no congelada es igual en cada sección. Por lo tanto, se concluye que la fracción de agua no congelada es diferente en cada sección, pero la cantidad de agua no congelada es relativamente la misma.

La pepa fue la sección en la cual existe mayor fracción de agua no congelada y es además la que posee el menor contenido de agua, caso contrario es la de la pulpa la cual posee menor fracción de agua no congelada y mayor contenido de agua. De acuerdo a lo anterior infiere que a mayor contenido de agua menor será la fracción de agua no congelada en el fruto.

5. CONCLUSIONES

El comportamiento de las muestras de murta de ambos ecotipos a través del método de calorimetría diferencial de barrido fue el esperado al observarse 2 picos principales, uno para el proceso de congelación (enfriamiento) y otro para el proceso de fusión (calentamiento), ya sea para las muestras de pulpas o epidermis. Sin embargo, las muestras de semilla presentaron más de un pico en el proceso de congelación, debido a la probable presencia de compuestos, tales como ceras o lípidos.

La determinación del contenido de agua de las muestras frescas de cada sección de la murta mostró que se encuentran en distintas proporciones, siendo la pulpa la que posee mayor cantidad, seguido por la epidermis y finalmente la semilla en ambos ecotipos. Al comparar ambos ecotipos se encontró diferencia significativa en las muestras de pulpas, siendo el ecotipo 27-1 mayor que el 19-1, no fue así el caso de las epidermis y las semillas, las cuales no presentaron diferencia significativa con un 95% de confianza. Como la pulpa representa una mayor parte del fruto se concluye que el ecotipo 27-1 posee mayor cantidad de agua que el ecotipo 19-1.

En cuanto al punto de congelación determinado, en el proceso de congelación se presentó valores más bajos en comparación con el proceso de descongelación; se encontró que dicha diferencia es significativa con un 95% de confianza, esto debido al fenómeno de subenfriamiento que ocurre durante el proceso de eliminación de calor. Los valores en el proceso de descongelación al comparar ambos ecotipos no arrojaron diferencias significativas en las secciones de pulpa y semilla, caso contrario ocurrió con la epidermis que sí mostró diferencia significativa, y como la pulpa, la semilla y parte de la epidermis no presentaron diferencias, se establece que no existe diferencia en el punto de congelación entre los ecotipos estudiados, en los cuales la semilla obtuvo valores más cercanos al cero, seguido por la pulpa y posteriormente la epidermis

La energía latente calculada en ambos procesos y ecotipos fue diferente dependiendo de la sección de la murta. La pulpa presentó valores más elevados que la epidermis y esta a su vez presentó valores más elevados que la semilla. Esta diferencia se debe a las diferentes cantidades de agua en cada sección. La importancia del agua en estos procesos quedó de manifiesto al observar los resultados obtenidos con las muestras en estado seco, las cuales no presentaron prácticamente ningún tipo de transición térmica en comparación con las muestras frescas. En cuanto a los valores obtenidos en ambos procesos la diferencia observada entre las secciones fue significativa con un 95% de confianza. Al comparar entre ambos ecotipos, sólo la epidermis presentó diferencia significativa, no así la pulpa y la semilla. Al observar los resultados entre ambos procesos (congelación – descongelación) no se encontró diferencia significativa con un 95% de confianza, por lo tanto se utiliza la misma cantidad de energía al congelar y descongelar las muestras.

Los valores obtenidos en cuanto al porcentaje de agua no congelada fue muy particular debido a que en ambos procesos y comparando las diferentes secciones

arrojó que las cantidades son muy similares entre sí con valores promedios más o menos entre un 20% a un 25% sin observarse diferencias significativas al 95% de confianza en el caso de la murta 27-1, sin embargo en la murta 19-1 la epidermis presentó valores más elevados (alrededor de un 34%) que la pulpa y la semilla, que ambas a su vez al igual que la murta 27-1 no presentaron diferencia significativa entre sí perteneciendo a un mismo grupo homogéneo. Caso contrario se observó en los valores de fracción de agua no congelada en los cuales sí existen diferencias entre las secciones, donde la semilla tiene mayor fracción de agua no congelada seguido por la epidermis y finalmente la pulpa. Esto indica que existe una relación en la cual a mayor porcentaje de agua menor será la fracción de agua no congelada.

Finalmente el calorímetro diferencial de barrido (DSC) es un instrumento capaz de determinar la fracción de agua no congelada y otras propiedades en frutos como la murta al exponerla bajo condiciones de procesos, tales como enfriamiento o calentamiento. También se detectaron distintas fracciones de agua para cada sección de la fruta.

6. RESUMEN

La presente investigación es un estudio de tipo exploratorio y descriptivo mediante el cual se determinó el comportamiento de congelación y descongelación de la murta (*Ugni molinae* Turcz) a través del método de la calorimetría diferencial de barrido (DSC). Se estableció que con dicho instrumento es factible la determinación de la fracción de agua no congelada en frutos, y que la fracciones de agua no congelada es diferente en cada una de las distintas secciones (pulpa, epidermis y semilla) de la fruta. Tras realizar una revisión bibliográfica pertinente y plantearse los objetivos de investigación, se realizaron los correspondientes ensayos de DSC con las tres secciones del fruto investigado para dos ecotipos de murta. Se obtuvo también valores para energía latente de fusión, punto de congelación al congelar y descongelar el fruto, y porcentaje de agua no congelada. Se demostró que el comportamiento de congelación y descongelación de las muestras de pulpa y epidermis de murta de ambos ecotipos es similar, no así el de la semilla, que presentó más de un pico durante el proceso de congelación. Las diferentes secciones del fruto presentan contenidos de agua significativamente diferentes en ambos ecotipos. Se establece además que el punto de congelación de cada sección del fruto es distinto. La energía latente fue determinada en el proceso de congelación como de descongelación. Se encontraron diferentes valores de energía latente para cada sección del fruto evaluada y ecotipos en ambos procesos. La fracción de agua no congelada fue diferente para cada sección del fruto, pero con respecto a la fruta fresca se encontró que el porcentaje de agua no congelada es relativamente similar para todas las secciones de la murta.

SUMMARY

In this study, exploratory and descriptive, freezing and thawing behaviour of murta (*Ugni molinae* Turcz) was investigated using a differential scanning calorimeter (DSC). The determination of the fraction of non-freezeable water in fruit was possible with DSC, and it was found that in the different sections of the fruit (pulp, peel and seed), this fraction was also different. After a pertinent review in literature and setting of the aim of the study, the corresponding experimental work with the DSC was conducted on the different sections of the fruit of two ecotypes of murta. Values for latent heat of fusion, freezing point during freezing and thawing processes, as well as percentage of non-freezeable water were obtained. The freezing and thawing behaviour of the samples of pulp and peel of murta of either ecotype did not show any significant difference, while that of the seed showed more than one peak during the freezing process. The different sections of the fruit showed significantly different contents of water for both ecotypes. It was also found that freezing point was different in each section of the fruit. Latent heat was determined during freezing and thawing process and different values of latent heat were found in the different sections of the fruit of either ecotype. Non-freezeable water fraction was found to be different in each section of the fruit, however, with respect to fresh fruit the percentage of non-freezeable water was found to be relatively similar in all sections of the murta berry.

7. BIBLIOGRAFÍA

ATKINS, P. 1999. Química Física. 6ta Ed. Editorial Omega S.A. España. 1018 p.

BADUI, S. 1999. Química de los Alimentos. Longman de México Editores S.A. de C.V. México. 648 p.

BARREIRO, J. ALEIDA, J.; SANDOVAL B. 2002. Operaciones de Conservación de Alimentos por Bajas Temperaturas. Ed. Equinoccio. Venezuela. 360 p.

BROWN, L. ESCALONA y GARCÍA, H.; BURSTEN, B.; BURDGE, J. 2004. Química: La Ciencia Central. Ed. Pearson Educación. México. 1152 p.

CANET, W. ÁLVAREZ, M. 2000. Congelación de alimentos vegetales. Aplicación del frío a los alimentos. Ed. A. Madrid Vicente, Ediciones, Mundi Prensa. España. 201- 258 p.

CASP, A.; ABRIL, J. 1999. Procesos de Conservación de Alimentos, Ediciones Mundi Prensa. España. 494 p.

DOWNEY, G. 2002. Quality changes in frozen and thawed, cooked puréed vegetables containing hydrocolloids, gums and dairy powders. International Journal of Food Science and Technology. 37: 869 – 877.

DOWNEY, G. 2003. Effects of cryoprotectant mixtures on physical properties of frozen and thawed puréed cooked potatoes: some introductory studies. International Journal of Food Science and Technology. 38: 857– 868.

FENNEMA, O. 1976. Water and ice. Principles of food science. Part I. Food chemistry. Ed. Fennema. O.R. Marcel Dekker Inc. New York, USA. 13-39 p.

HERRMANN, K. 1976. Alimentos Congelados Tecnología y Conservación. Editorial Acribia. España. 285 p

HOFFMAN, A. 1982. Flora Silvestre de Chile, Zona Austral. Editorial Fundación Claudio Gay. Chile. 258 p.

JEWETT, J.; SERWEY, R. 2005. Física para Ciencias e Ingeniería. Editorial Thomson International. España. 999 p.

JUL, M. 1984. Quality changes during freezer storage : The Quality of Frozen Foods. Ed. Jul, M., Academic Press, Inc., Inglaterra. 44–79 p.

KALICHEVSKY, M. 1995. Potencial food aplications of highpressure effects on ice-water transition. Trends in Food Science & Tecnology, 6: 253-259.

KASAHARA, I. 1986. Refrigeración y Congelación de Alimentos. Editorial Maval. Chile. 132 p.

LABORATORIO DE FÍSICA. 2007. Guía Calor de Fusión. Universidad Carlos III. España. Disponible en la World Wide Web: http://bacterio.uc3m.es/docencia/laboratorio/guiones/termo/calordefusiondelhielo.pdf. Visitado el 25/08/2007

López, O. Alarcón, P. (s.f.). Aplicación de la Microcalorimetría al estudio de la estabilidad e interacciones en proteínas. España. Disponible en la World Wide Web: http://www.ugr.es/~qmfisica/espanol/QFciencias/Docencia/Ficheros/Doctorado/Microcalorimetria/Intro.pdf. Visitado el 20/06/2008

LAVIN, A. MUÑOZ, C. 1988. Propagación de la Murtilla (Ugni Molinae Turcz) Mediante Estacas Apicales Semi Leñosas. Agricultura Técnica 48(1): 58 – 59.

GHANI, M.; CHEMAN, y.; HASHIM, D and RAHMAN, R. 1999. A Differential Scanning Calorimetric (DSC) Study on the Effect of Annealing and Sugars-Emulsifiers on Gelatinization of Sago Starch (Metroxylon sugu). Journal of Food Processing Preservation 23: 443 – 462.

MARTINEZ, N. 1998. Termodinámica y cinética de Sistemas. Alimento Entorno. Editorial Universidad de Politécnica de Valencia. España. 371 p.

METTLER TOLEDO. 2003. Instrucciones de Manejo Sistema STARe de Mettler Toledo. 75 p.

METTLER TOLEDO. 2007. Interpretación Curvas DSC. 10 p.

METTLER TOLEDO. 2007. DMA Analysis of Polyurethane Rubber. 3 p.

NICOLETTI, V.; do AMARAL, P.; TELIS, J. 2006. Sorption Isotherm, Glass Transitions and State Diagram for Freeze-dried Plum Skin and Pulp, Food Science and Technology International 12(3): 181 – 187.

PAINTER, P.; COLEMAN, M. 1996. Fundamentos de Ciencia de Polímeros. Editorial CRC Press Technology & Industrial Arts. 473 p.

PEREZ, C. 1995. Análisis con Statgraphics, Técnicas Básicas. Ed. Alfaomega Grupo Editor S.A. México. 708 p.

REEVE, R. 1970. Relationships of histological structure to texture of fresh and processed fruits and vegetables. Journal of Texture Studies, 1: 247 – 284.

ROLLE, K. 2006. Termodinámica. Editorial Pearson Prentice Hall. México. 768 p.

SAJA, J.; RODRIGUEZ, M.; RODRIGUEZ, M, L. 2005. Materiales – Estructuras, Propiedades y Aplicaciones. (Ed) Thomson Learning Ibero. 393 p.

TORRES, A.; SEGUEL, I.; CONTRERAS, G.; CASTRO, M. 1999. Caracterización Físico – Química de Frutas de Murta (Murtilla) Ugni Molinae Turcz. Agricultura Técnica 59(4): 260 - 270.

VALDEBENITO, G. CAMPOS, J. LARRAIN, O. AGUILERA, M. KAHLER, C. FERRANDO, M. GARCIA, E. SOTOMAYOR, A. 2003. Boletín Divulgativo N°3 *Ugni molinae* Turcz. Conicyt. Chile. 6 p. Disponible en la World Wide Web: http://www.infor.cl/webinfor/pw-sistemagestion/pfnm/paqtecnologicos/txt/boletin%203-%20murta.htm. Visitado el 20/08/2008

VENEGAS, A.; WILCKENS, R.; HEVIA, F.; TAPIA, M.; LANUZA, P.; ARAYA, F. 1993. Murta (*Ugni Molinae* Turcz) II. Algunas características Físicas y Químicas del Fruto. Agrociencia 9(1): 11 – 15.

WILSON, J. D.; BUFFA, A. J. 2003. Física. 5ta Edición. Editorial Pearson Educación. México.

http://www.indium.com/es/products/indiummetal.php . Visitado el 20/08/2008

www.quimica.izt.uam.mx. Visitado el 20/08/2008

ANEXOS

ANEXO 1: Configuración software STARe 9.01.

Como Primer paso se debe diseñar el tratamiento térmico, para ello abrimos el software STARe de Mettler Toledo (FIGURA 1.1), y posteriormente seleccionar FILE → NEW METHOD (FIGURA 1.2).

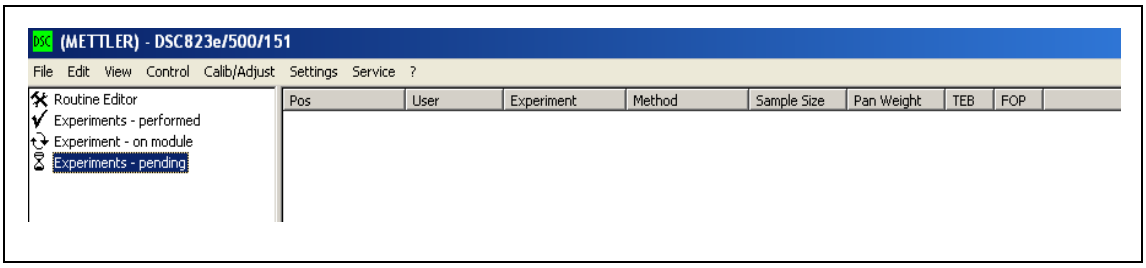


FIGURA 1.1: Software STARe.

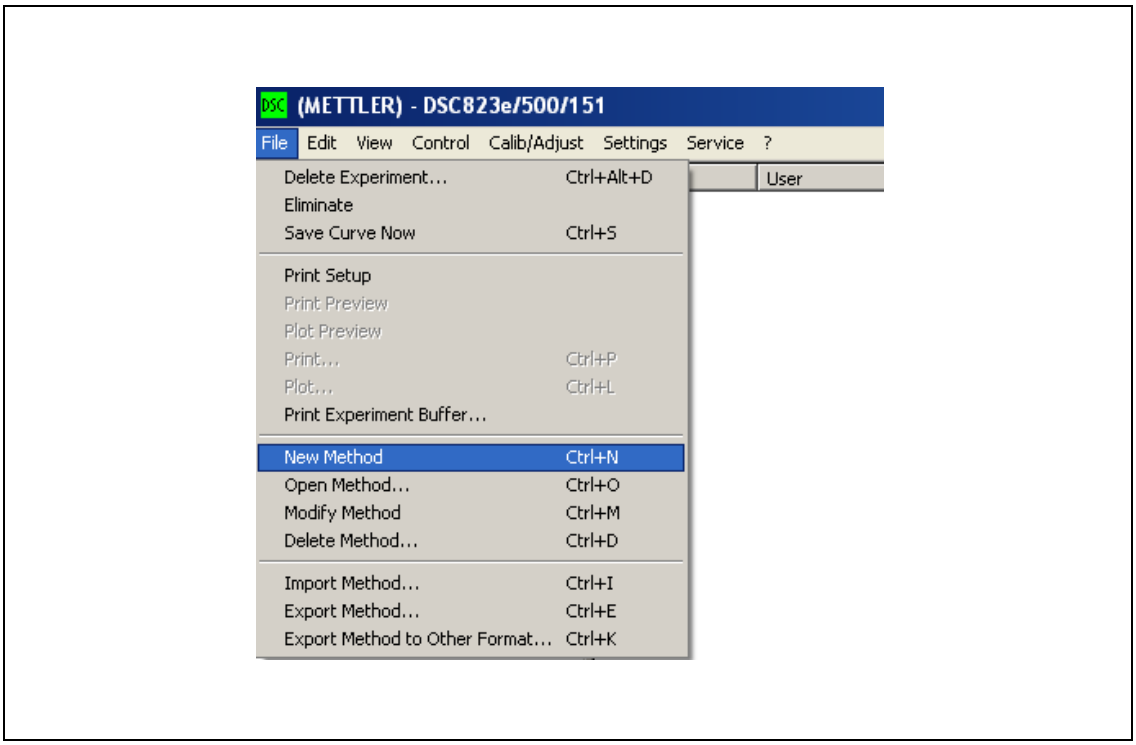


FIGURA 1.2: Nuevo método con STARe.

Una vez abierto se configura el proceso (FIGURA 1.3), en esta ventana agregamos un segmento con la opción ADD DYN (FIGURA 1.4) la cual se utiliza para programar calentamientos o enfriamientos a una determinada velocidad, en este caso de 25 ºC hasta -40 ºC a -10 K/min (FIGURA 1.5).

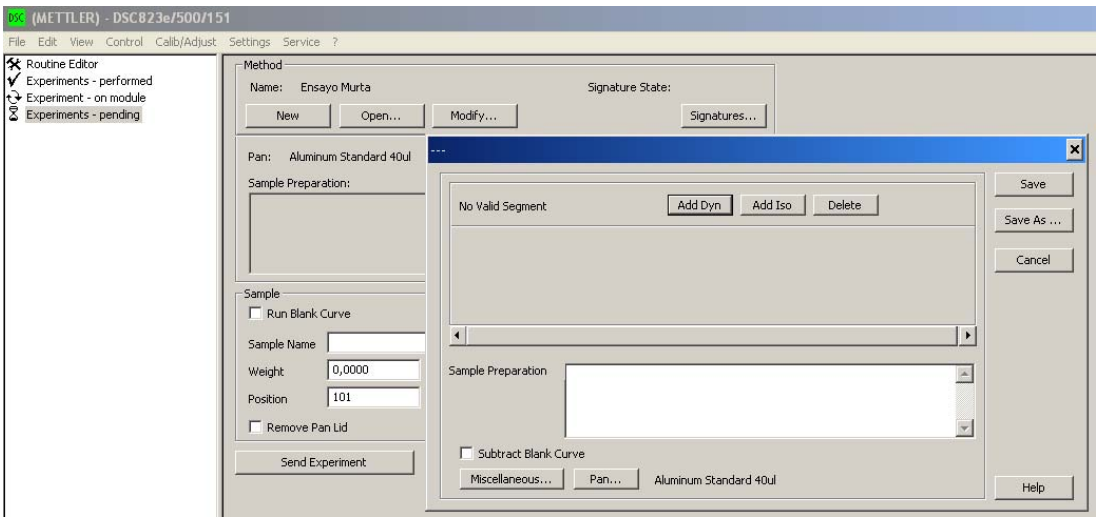


FIGURA 1.3: Ventana de configuración del proceso térmico.

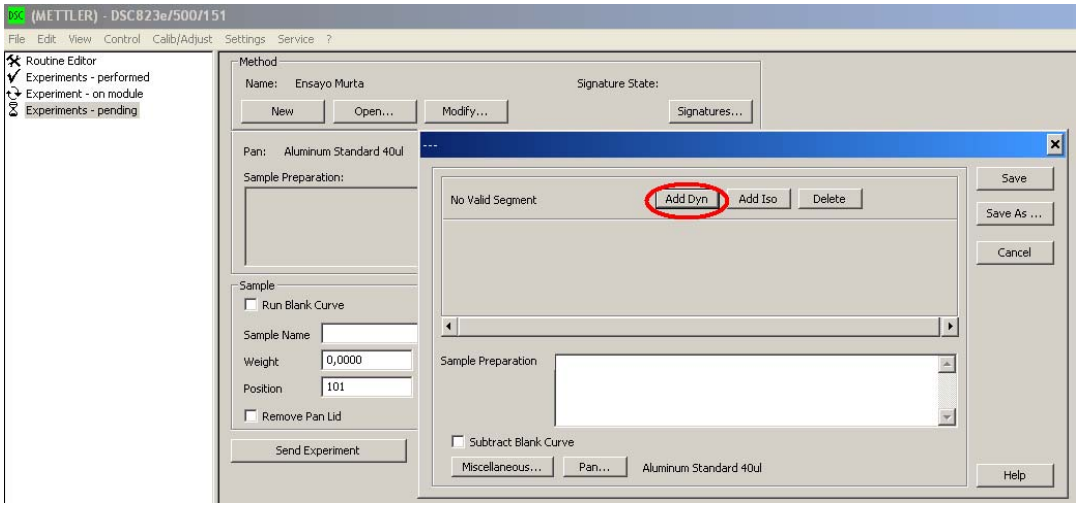


FIGURA 1.4: Selección del segmento Add Dyn.

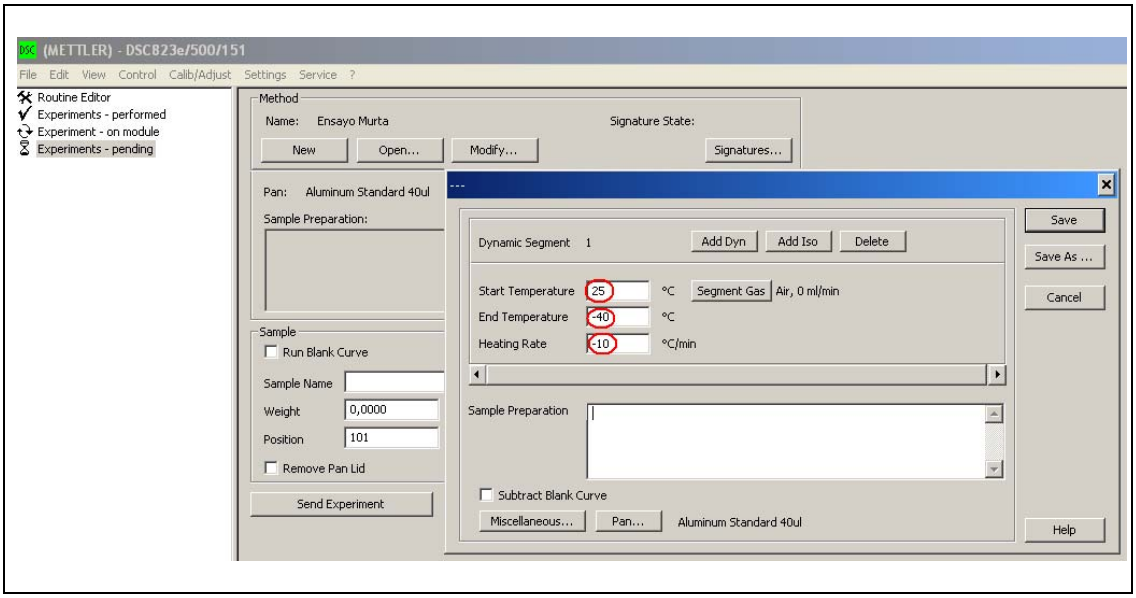


FIGURA 1.5: Ingreso de datos de inicio de temperatura, fin de temperatura y velocidad de enfriamineto.

Luego se configura el tipo de gas a utilizar (FIGURA 1.6), seleccionando la opción SEGMENT GAS → N2 (FIGURA 1.7).

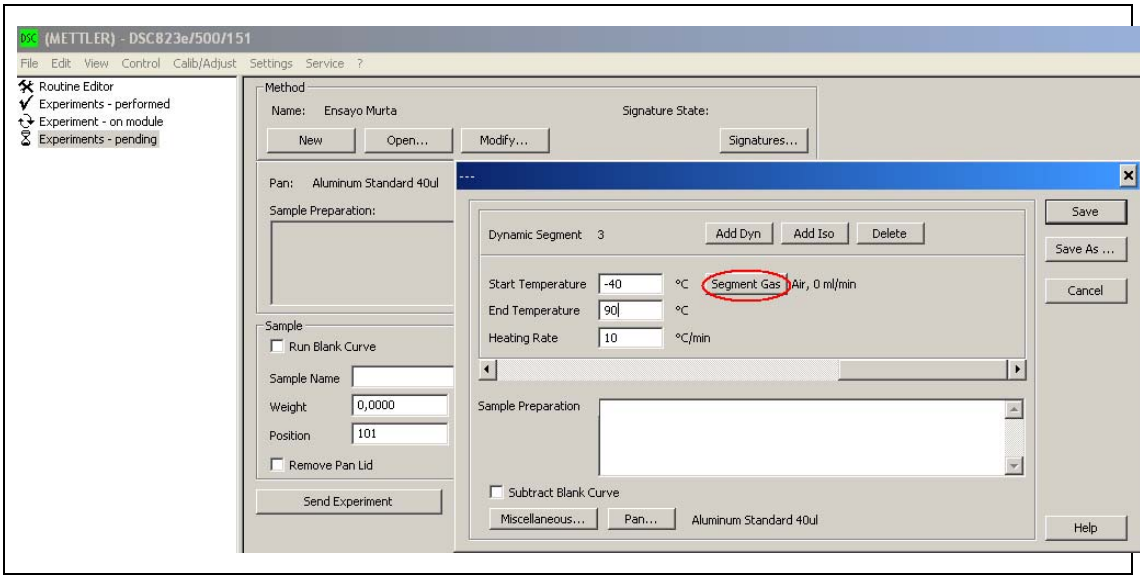


FIGURA 1.6: Configuración del gas a utilizar.

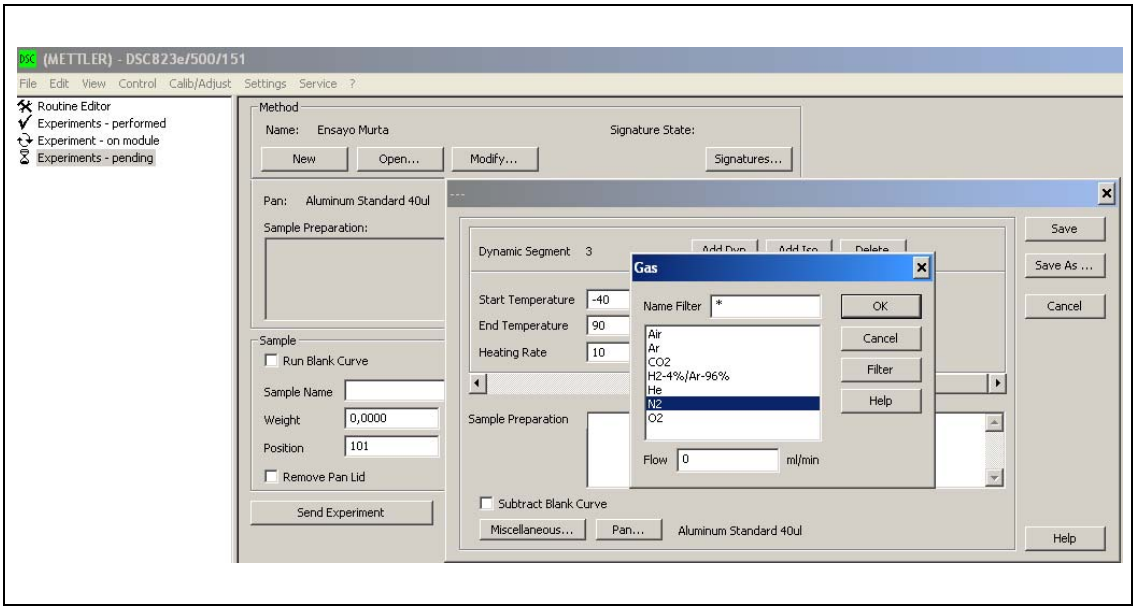


FIGURA 1.7: Selección de gas N2.

Posteriormente se aplica la opción ADD ISO para mantener una cierta temperatura en un determinado tiempo, en este caso la temperatura final anteriormente programada por 2 minutos (FIGURA 1.8).

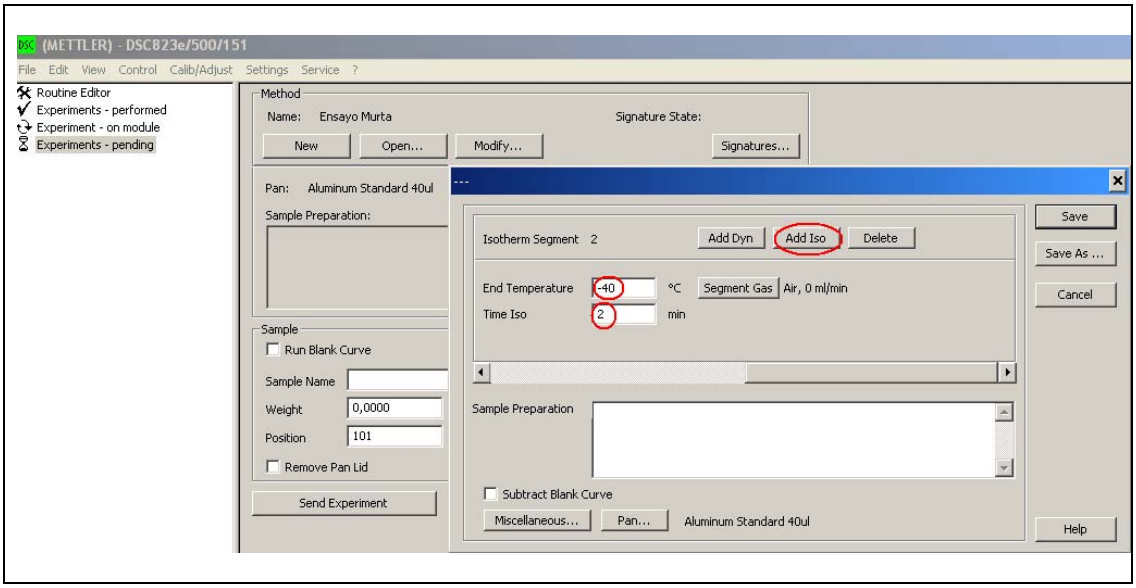


FIGURA 1.8: Configuración Add Iso.

Como falta aplicar el calentamiento se selecciona nuevamente un segmento ADD DYN y así programamos dicho proceso de -40 ºC hasta 90 ºC a una velocidad de calentamiento de 10 K/min (FIGURA 1.9).

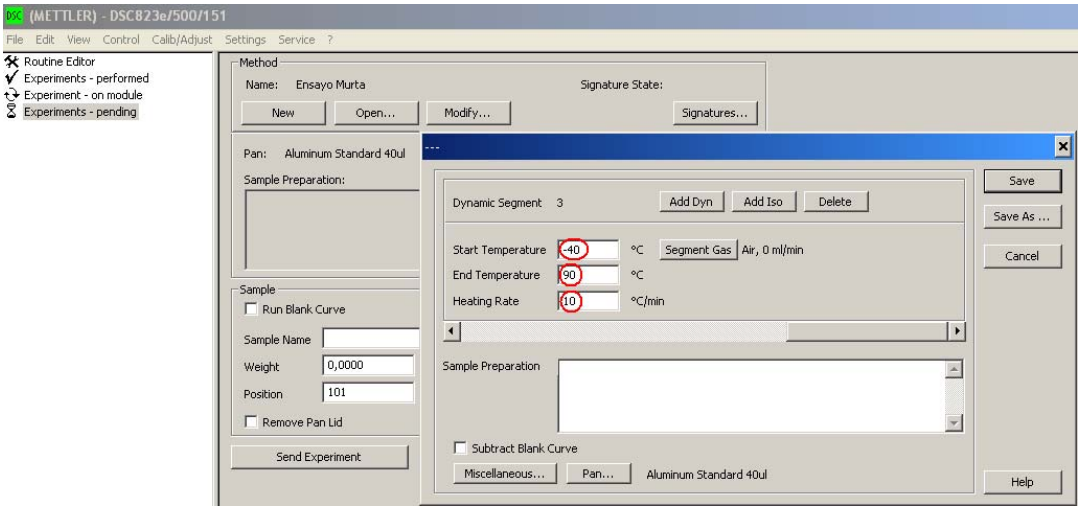


FIGURA 1.9: Ingreso de datos de inicio de temperatura, fin de temperatura y velocidad de calentamiento.

Una vez concluido esto se selecciona el tipo de material del crisol a utilizar con la opción PAN → Aluminium Standard 40 µl (FIGURA 1.10). Finalmente guardamos el programa creado con la opción SAVE AS denominándola con un nombre descriptivo (FIGURA 1.11).

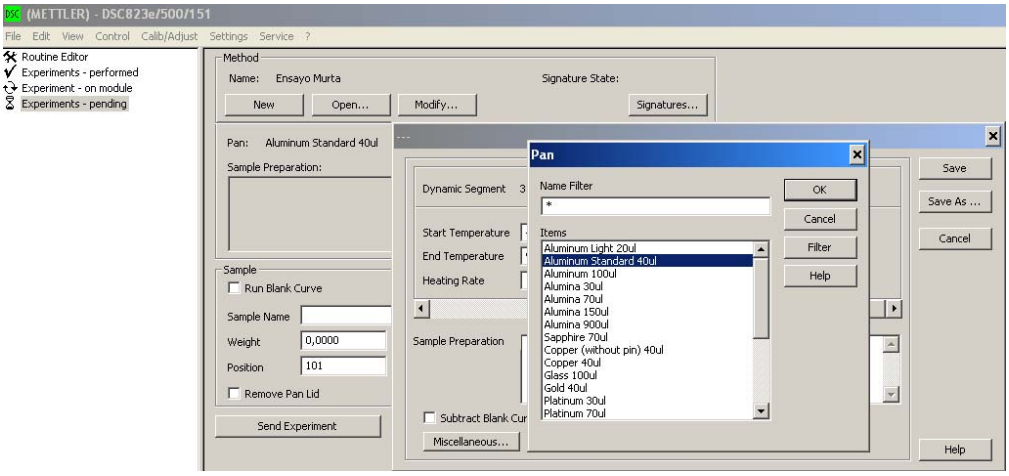


FIGURA 1.10: Selección del material del crisol.

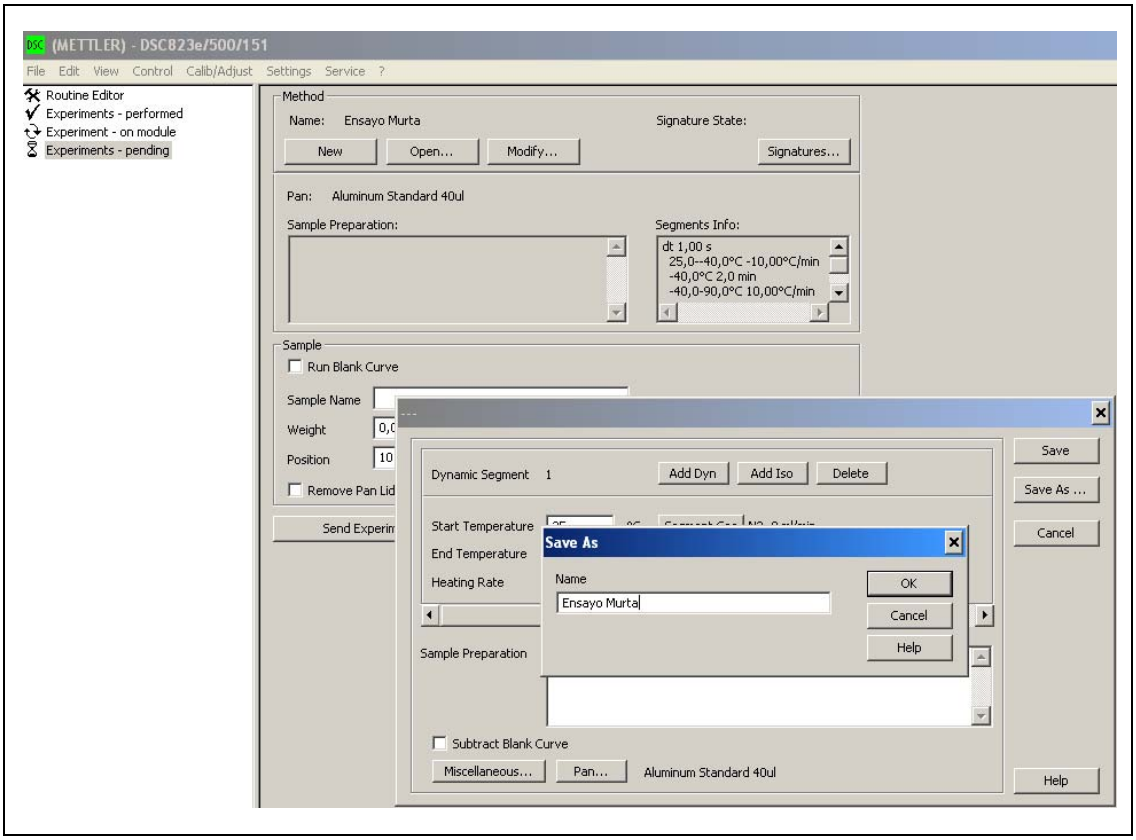


FIGURA 1.11: Guardar el programa creado.

Luego para hacer correr el programa creado, primero se selecciona la opción FILE → OPEN METHOD y así abrir el método (FIGURA 1.12).

Una vez abierto se debe ingresar los datos de peso de la muestra en mg y nombre de la curva y aplicamos la opción SEND EXPERIMENT (FIGURA 1.13).

Finalmente con la muestra y el blanco ya ingresados en el calorímetro diferencial de barrido se aplica la opción CONTROL → START EXPERIMENT (FIGURA 1.14).

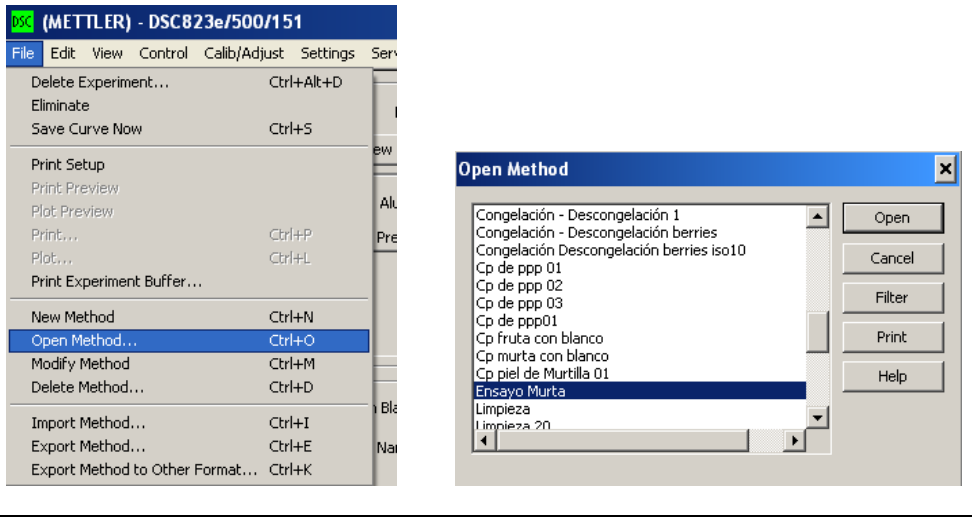


FIGURA 1.12: Abrir el método creado.

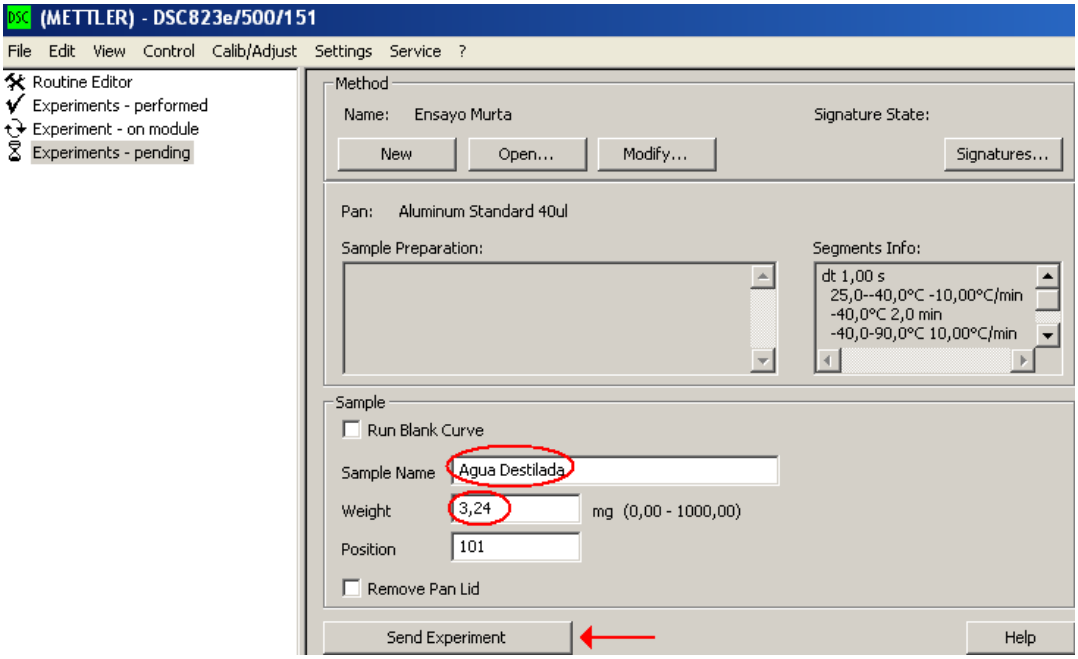


FIGURA 1.13: Ingreso de datos de la muestra.

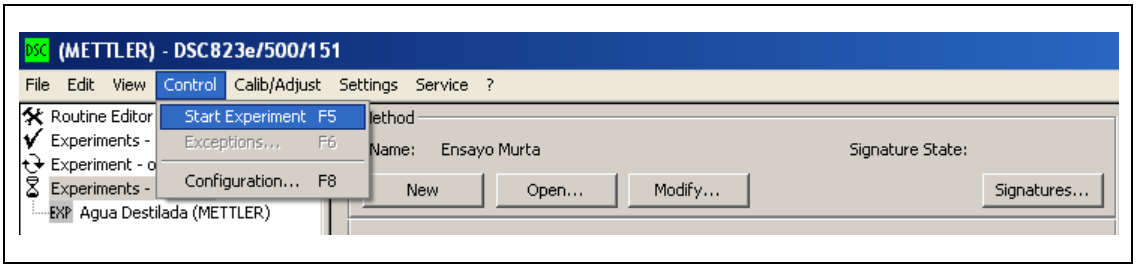


FIGURA 1.14: Inicio del ensayo

ANEXO 2: Métodos de evaluación de termogramas.

Primero se debe ejecutar el programa y abrir la ventana de evaluación, tal como se ve en la figura 2.1.



FIGURA 2.1: Abrir ventana de evaluación

Una vez abierta la ventana de evaluación, se selecciona la curva a analizar, para ello presionamos la opción OPEN CURVE e inmediatamente aparece una ventana con una lista de las curvas, se selecciona la (s) curva (s) de interés y se aplica la opción OPEN (FIGURA 2.2).

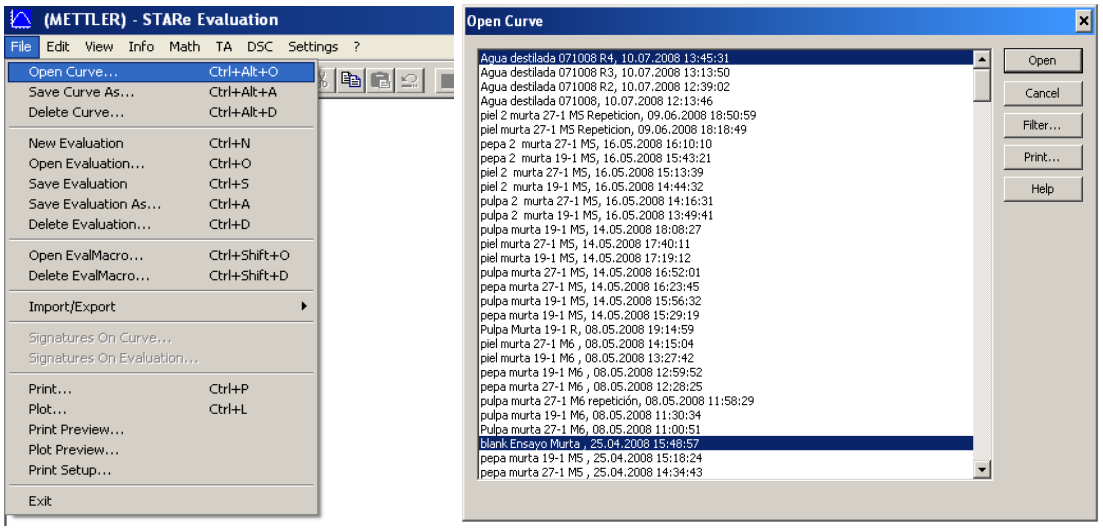


FIGURA 2.2: Selección de curvas a analizar

De esta manera se abrirá un termograma en el cual el eje X está dado por las unidades de tiempo y/o temperatura y el eje Y en mW. (FIGURA 2.3)

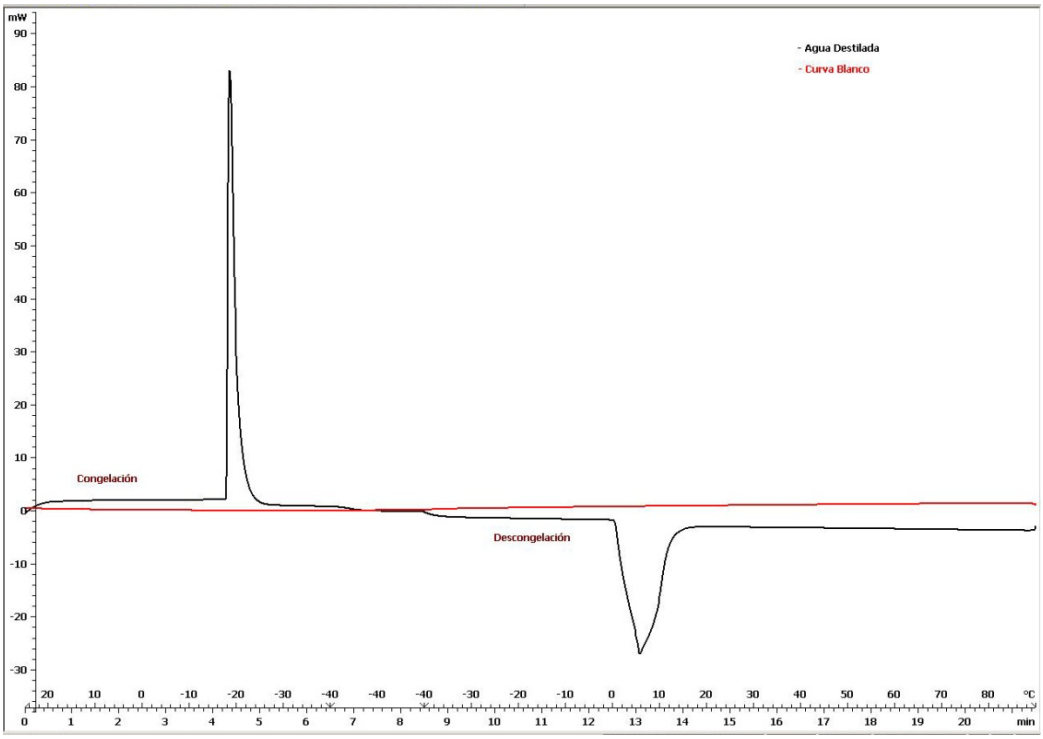


FIGURA 2.3: Termograma típico DSC de una muestra de agua destilada

Según MARTINEZ (1998), la integración de los picos, corregida teniendo en cuenta la velocidad de calentamiento y la cantidad de muestra analizada proporciona el calor latente de la transición. Por lo tanto en primera instancia se debe corregir la curva de la muestra, esto para poder tomar el valor real de la fruta y no incluir en ella el valor del crisol que lo contiene.

Para ello primero se selecciona la curva de la muestra y manteniendo presionado el botón de CONTROL se selecciona la curva blanco, de tal manera que ambas curvas queden seleccionadas en el orden en que se indicó.

Una vez seleccionadas ambas curvas se debe ir a la opción SUBTRACT CURVE, en el menú MATH, tal como se muestra en la FIGURA 2.4.

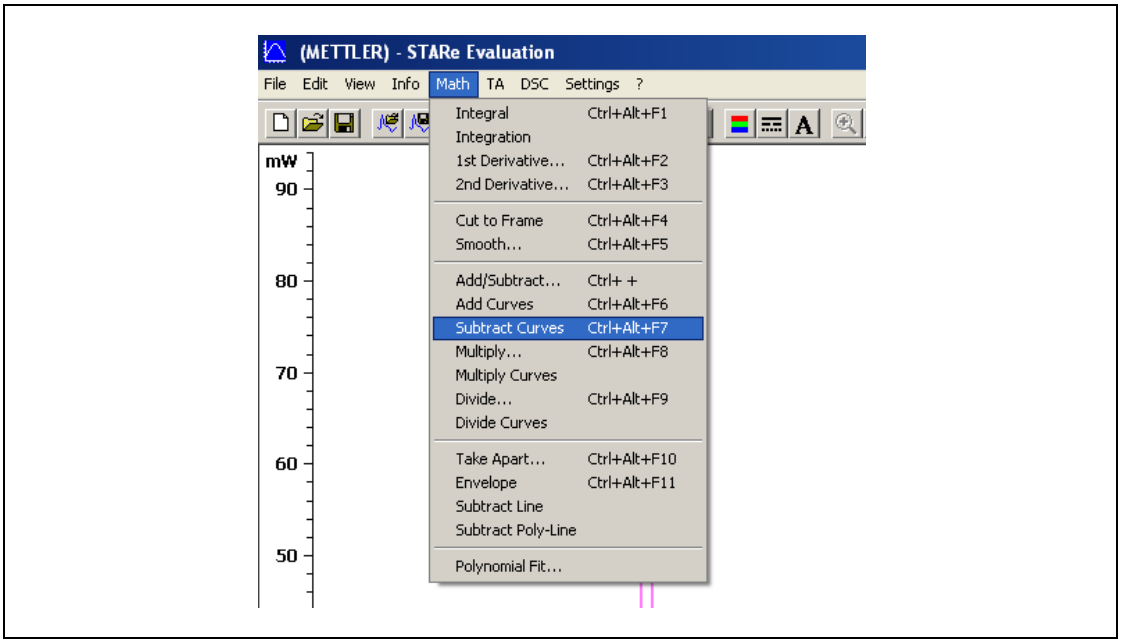


FIGURA 2.4: Corrección de la curva de la muestra

Una vez corregida la curva, ésta se debe normalizar con respecto al tamaño de la muestra, y así poder obtener resultados en w/g o J/g. Esta operación se realiza con el comando NORMALIZE TO SAMPLE SIZE en el menú TA. (FIGURA 2.5).

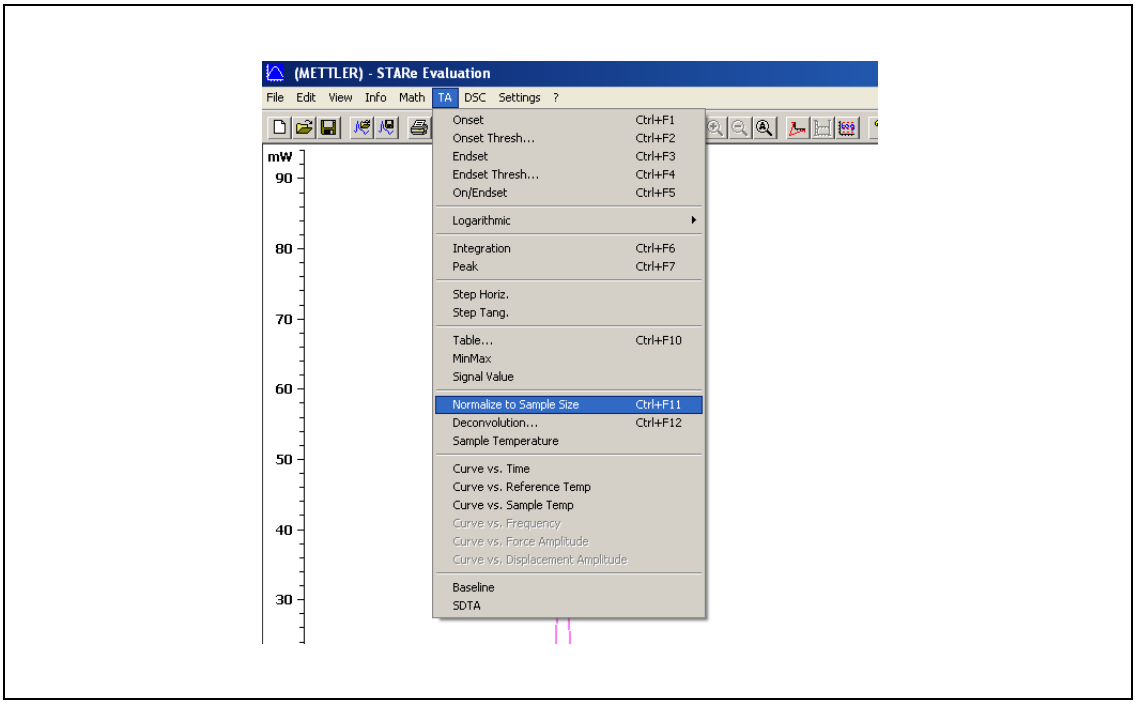


FIGURA 2.5: Normalización de la curva de la muestra

Finalizado los pasos anteriores se configura los límites y línea base de trabajo, esto se hace en el menú SETTINGS opción LIMITS → AUTO LIMITS (FIGURA 2.6). Se escoge esta opción para que el software reconozca en forma automática el inicio exacto de un evento dentro de un rango establecido. Después en el mismo menú SETTINGS configuramos la línea de base, se trabaja con la opción BASELINES → SPLINE (FIGURA 2.6).

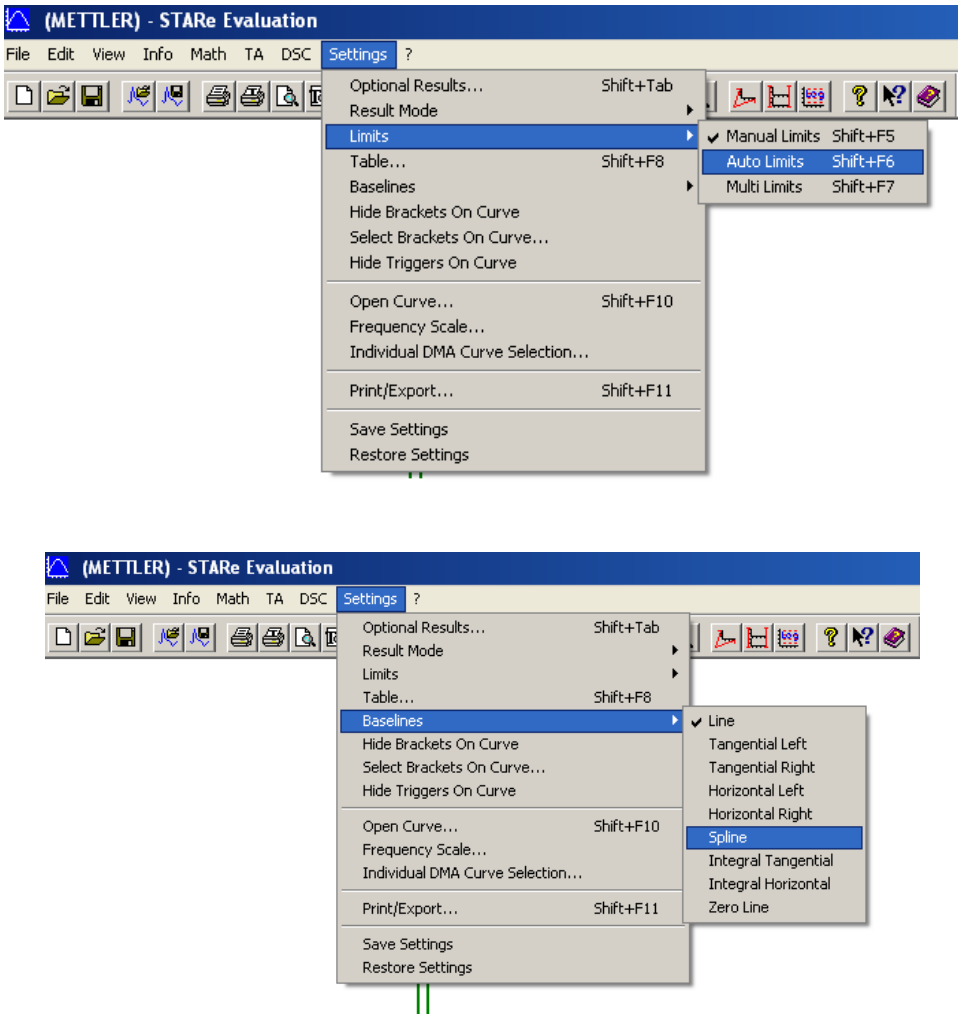


FIGURA 2.6: Configuración de límites y línea de base

Una vez terminados los pasos anteriores se puede obtener el punto de congelación, energía y cantidad de agua no congelada.

ANEXO 3: Medición del contenido de agua en las muestras de murta.

3.1 Pesos iniciales y finales método gravimétrico para la determinación de agua murta 19-1.

	Murta 19-1									
	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
	Repeticiones		Repeticiones		Repeticiones		Repeticiones		Repeticiones	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Capsula pulpa (g)	29,5924	31,0607	27,0731	31,0203	29,5924	31,0607	30,3738	27,8693	27,6224	27,6658
Peso pulpa húmedo (g)	0,5001	0,5001	0,5023	0,5015	0,5001	0,5001	0,5015	0,5006	0,5011	0,5002
Capsula + pulpa (g)	**30,0925**	**31,5608**	**27,5754**	**31,5218**	**30,0925**	**31,5608**	**30,8753**	**28,3699**	**28,1235**	**28,1660**
Capsula piel (g)	27,7503	29,9474	28,8795	30,2124	31,0241	30,4651	27,6717	27,1207	31,0155	27,1176
Peso piel húmedo (g)	0,1021	0,1029	0,1020	0,1040	0,1032	0,1002	0,1006	0,1009	0,1000	0,1002
Capsula + piel (g)	**27,8524**	**30,0503**	**28,9815**	**30,3164**	**31,1273**	**30,5653**	**27,7723**	**27,2216**	**31,1155**	**27,2178**
Capsula pepa (g)	28,3932	24,5007	31,0644	29,493	31,1247	30,5129	25,4541	25,2959	31,1213	30,5097
Peso pepa húmedo (g)	0,0505	0,0506	0,0515	0,0507	0,0503	0,0503	0,0505	0,0507	0,0502	0,0508
Capsula + pepa (g)	**28,4437**	**24,5513**	**31,1159**	**29,5440**	**31,1750**	**30,5632**	**25,5046**	**25,3466**	**31,1715**	**30,5605**
Peso pulpa 5 hrs (g)	29,6814	31,1499	27,1741	31,1208	29,6891	31,1589	30,4650	27,9605	27,7428	27,7859
Peso piel 5 hrs (g)	27,7795	29,9767	28,9103	30,2437	31,0598	30,4995	27,6966	27,1457	31,0619	27,1645
Peso pepa 5 hrs (g)	28,4316	24,5392	31,0999	29,5285	31,1633	30,5513	25,4910	25,3328	31,1603	30,5491
Peso pulpa 6 hrs (g)	29,6810	31,1497	27,1739	31,1205	29,6890	31,1588	30,4648	27,9605	27,7423	27,7858
Peso piel 6 hrs (g)	27,7792	29,9765	28,9101	30,2435	31,0595	30,4993	27,6962	27,1455	31,0616	27,1643
Peso pepa 6 hrs (g)	28,4314	24,5390	31,0998	29,5282	31,1626	30,5507	25,4908	25,3327	31,1601	30,5490
Peso pulpa 7 hrs (g)	29,6810	31,1496	27,1739	31,1204	29,6890	31,1588	30,4648	27,9605	27,7423	27,7858
Peso piel 7 hrs (g)	27,7791	29,9765	28,9101	30,2435	31,0594	30,4993	27,6960	27,1454	31,0616	27,1643
Peso pepa 7 hrs (g)	28,4314	24,5390	31,0998	29,5282	31,1626	30,5507	25,4907	25,3327	31,1601	30,5490

3.2 Pesos iniciales y finales método gravimétrico para la determinación de agua murta 27-1.

	Murta 27-1									
	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
	Repeticiones		Repeticiones		Repeticiones		Repeticiones		Repeticiones	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Capsula pulpa (g)	28,4198	30,9888	23,7672	31,8026	29,3831	30,7649	23,7672	31,8026	29,4980	28,7351
Peso pulpa humedo (g)	0,5012	0,5011	0,5010	0,5007	0,5003	0,5004	0,5010	0,5007	0,5013	0,5002
Capsula + pulpa (g)	**28,9210**	**31,4899**	**24,2682**	**32,3033**	**29,8834**	**31,2653**	**24,2682**	**32,3033**	**29,9993**	**29,2353**
Capsula piel (g)	29,3159	32,0856	25,2173	31,4672	25,2122	31,4614	28,7339	23,8099	25,2110	23,8052
Peso piel humedo (g)	0,1000	0,1004	0,1010	0,0795	0,1005	0,1002	0,1003	0,1024	0,1000	0,1003
Capsula + piel (g)	**29,4159**	**32,1860**	**25,3183**	**31,5467**	**25,3127**	**31,5616**	**28,8342**	**23,9123**	**25,3110**	**23,9055**
Capsula pepa (g)	28,7431	31,0313	30,4693	30,9879	30,2428	30,9835	27,6315	28,4100	30,2400	30,9835
Peso pepa humedo (g)	0,0259	0,0255	0,0256	0,0257	0,0257	0,0257	0,0256	0,0255	0,0252	0,0253
Capsula + pepa (g)	**28,7690**	**31,0568**	**30,4949**	**31,0136**	**30,2685**	**31,0092**	**27,6571**	**28,4355**	**30,2652**	**31,0088**
Peso pulpa 5 hr (g)	28,4995	31,0687	23,8536	31,8884	29,4833	30,8516	23,8360	31,8762	29,6079	28,8445
Peso piel 5 hr (g)	29,3498	32,1189	25,2519	31,4945	25,2557	31,5056	28,7589	23,8358	25,2499	23,8438
Peso pepa 5 hr (g)	28,7631	31,0510	30,4865	31,0049	30,2629	31,0036	27,6498	28,4279	30,2586	31,0019
Peso pulpa 6 hr (g)	28,4995	31,0686	23,8532	31,8883	29,4632	30,8488	23,8359	31,8756	29,6078	28,8443
Peso piel 6 hr (g)	29,3490	32,1187	25,2516	31,4943	25,2556	31,5051	28,7581	23,8353	25,2493	23,8437
Peso pepa 6 hr (g)	28,7628	31,0506	30,4862	31,0048	30,2628	31,0035	27,6492	28,4277	30,2582	31,0018
Peso pulpa 7 hr (g)	28,4995	31,0686	23,8532	31,8883	29,4632	30,8487	23,8359	31,8755	29,6078	28,8443
Peso piel 7 hr (g)	29,3490	32,1187	25,2516	31,4943	25,2556	31,5050	28,7581	23,8351	25,2492	23,8437
Peso pepa 7 hr (g)	28,7628	31,0506	30,4862	31,0048	30,2628	31,0035	27,6491	28,4276	30,2582	31,0018

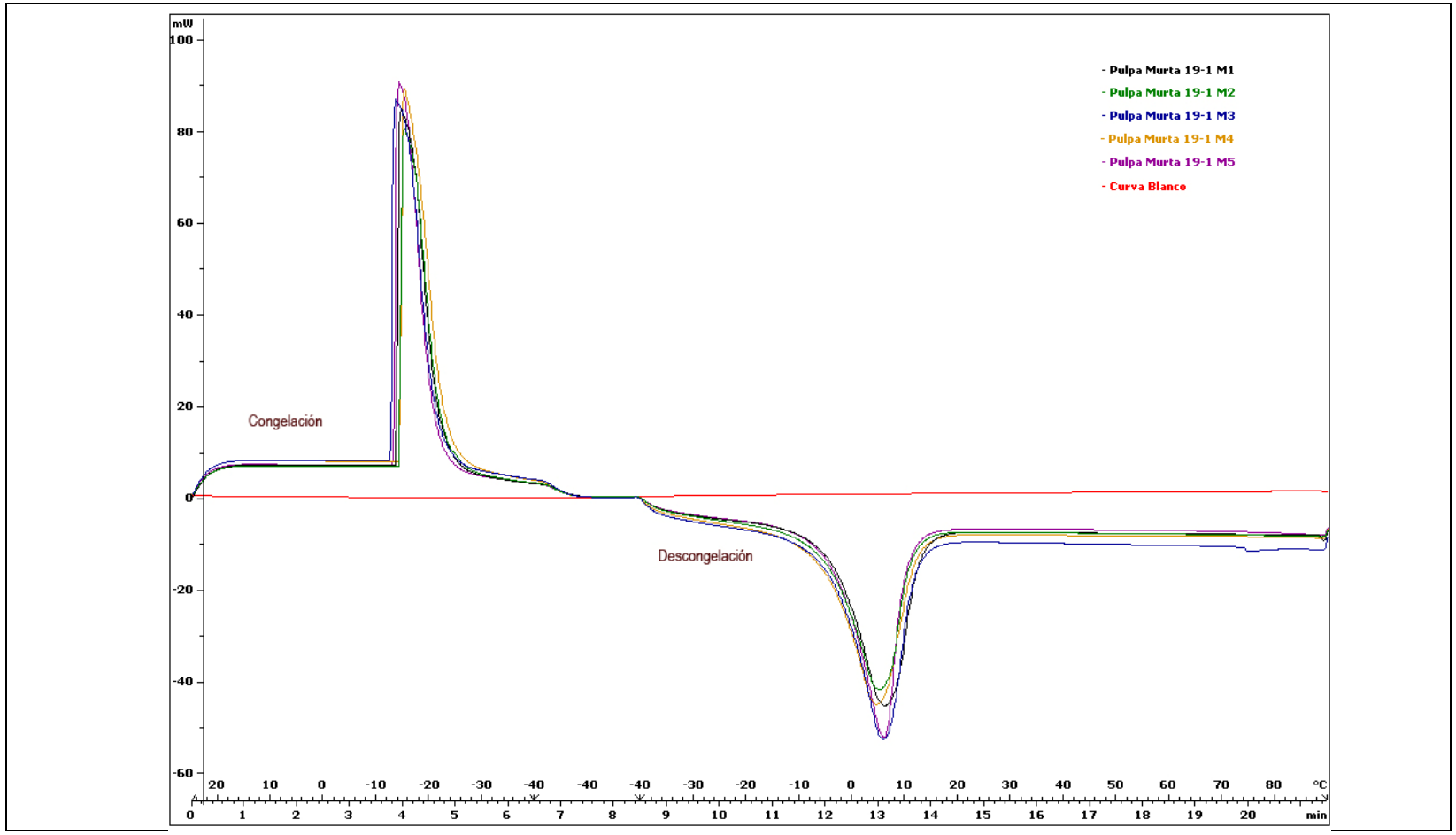
3.3 Resumen de humedades finales para cada sección de murta 19-1.

19-1 M1								
% AGUA								
	5 Horas		6 Horas		7 Horas		Promedio	% diferencia
	1	2	1	2	1	2		
Pulpa	82,2036	82,1636	82,2835	82,2036	82,2835	82,2236	82,2535	0,07290401
Piel	71,4006	71,5258	71,6944	71,7201	71,7924	71,7201	71,7562	0,100628831
Pepa	23,9604	23,9130	24,3564	24,3083	24,3564	24,3083	24,3324	0,197628459
19-1 M2								
% AGUA								
	5 Horas		6 Horas		7 Horas		Promedio	% diferencia
	1	2	1	2	1	2		
Pulpa	79,8925	79,9601	79,9323	80,0199	79,9323	80,0399	79,9861	-0,1345751
Piel	69,8039	68,4615	70,0000	70,0962	70,0000	70,0962	70,0481	-0,13736264
Pepa	31,0680	30,5720	31,2621	31,1637	31,2621	31,1637	31,2129	0,314846803
19-1 M3								
% AGUA								
	5 Horas		6 Horas		7 Horas		Promedio	% diferencia
	1	2	1	2	1	2		
Pulpa	80,6639	80,3639	80,6839	80,3839	80,6839	80,3839	80,5339	0,371747212
Piel	65,4070	65,6687	65,6977	65,8683	65,7946	65,8683	65,8314	-0,11199986
Pepa	23,2604	23,6581	24,6521	24,8509	24,6521	24,8509	24,7515	-0,80645161
19-1 M4								
% AGUA								
	5 Horas		6 Horas		7 Horas		Promedio	% diferencia
	1	2	1	2	1	2		
Pulpa	81,8146	81,7819	81,8544	81,7819	81,8544	81,7819	81,8181	0,088663397
Piel	75,2485	75,2230	75,6461	75,4212	75,8449	75,5203	75,6826	0,427996005
Pepa	26,9307	27,2189	27,3267	27,4162	27,5248	27,4162	27,4705	0,394477318
19-1 M5								
% AGUA								
	5 Horas		6 Horas		7 Horas		Promedio	% diferencia
	1	2	1	2	1	2		
Pulpa	75,9729	75,9896	76,0726	76,0096	76,0726	76,0096	76,0411	0,082873461
Piel	53,6000	53,1936	53,9000	53,3932	53,9000	53,3932	53,6466	0,940234559
Pepa	22,3108	22,4409	22,7092	22,6378	22,7092	22,6378	22,6735	0,314269927

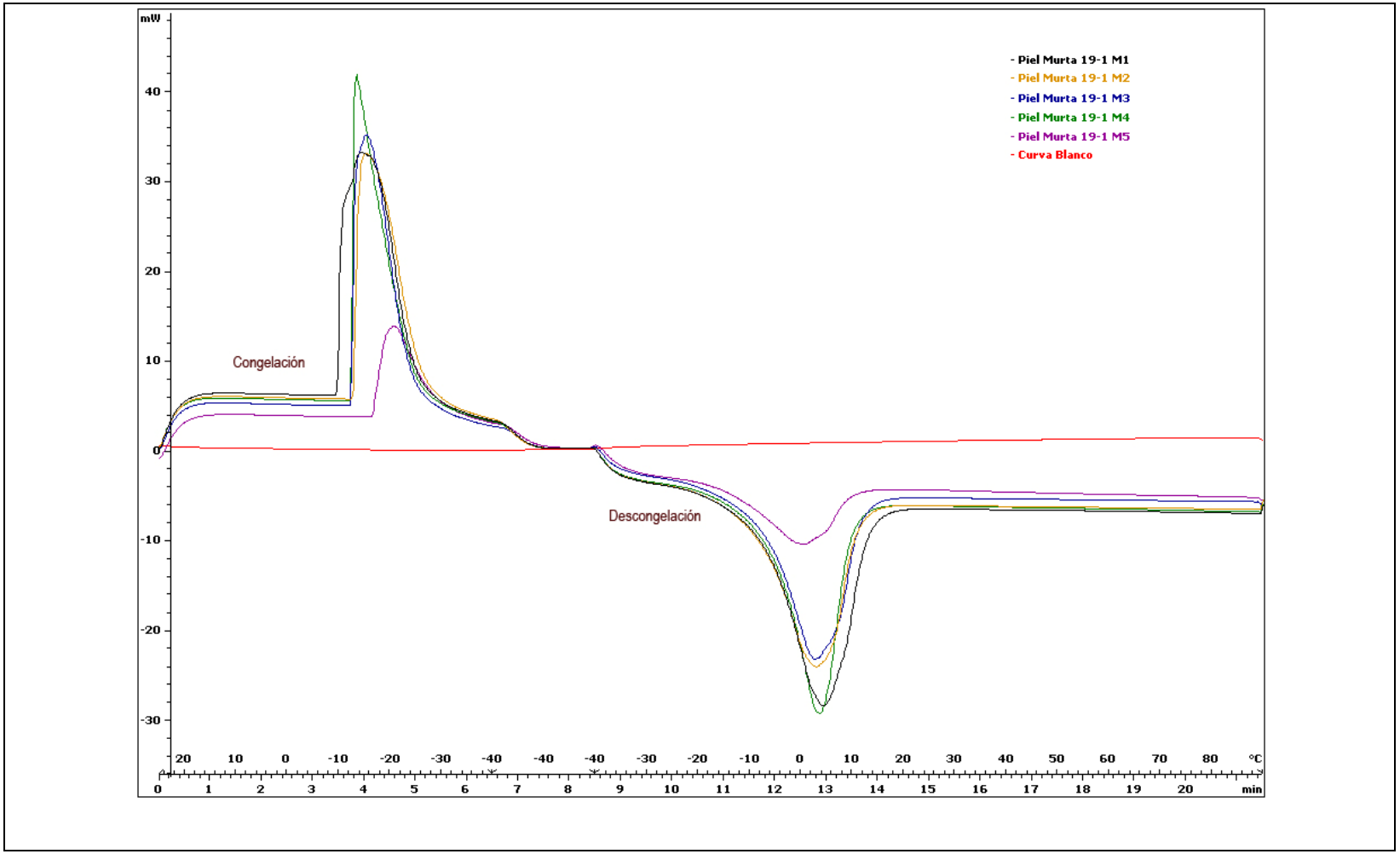
3.4 Resumen de humedades finales para cada sección de murta 19-1.

27-1 M1								
% AGUA								
	5 Horas		6 Horas		7 Horas		Promedio	% diferencia
	1	2	1	2	1	2		
Pulpa	84,0982	84,0551	84,0982	84,0750	84,0982	84,0750	84,0865997	0,027502957
Piel	66,1000	66,8327	66,9000	67,0319	66,9000	67,0319	66,9659363	-0,19711885
Pepa	22,7799	22,7451	23,9382	24,3137	23,9382	24,3137	24,1259747	-1,56862745
27-1 M2								
% AGUA								
	5 Horas		6 Horas		7 Horas		Promedio	% diferencia
	1	2	1	2	1	2		
Pulpa	82,7545	82,8640	82,8343	82,8840	82,8343	82,8840	82,8591469	-0,05991612
Piel	65,7426	65,6604	66,0396	65,9119	66,0396	65,9119	65,9757768	0,193299577
Pepa	32,8125	33,8521	33,9844	34,2412	33,9844	34,2412	34,1128101	-0,75584776
27-1 M3								
% AGUA								
	5 Horas		6 Horas		7 Horas		Promedio	% diferencia
	1	2	1	2	1	2		
Pulpa	79,9720	82,6739	83,9896	83,2334	83,9896	83,2534	83,6215018	0,876547691
Piel	56,7164	55,8882	56,8159	56,3872	56,8159	56,4870	56,6514732	0,578877272
Pepa	21,7899	21,7899	22,1790	22,1790	22,1790	22,1790	22,1789883	0
27-1 M4								
% AGUA								
	5 Horas		6 Horas		7 Horas		Promedio	% diferencia
	1	2	1	2	1	2		
Pulpa	86,2675	85,3006	86,2874	85,4204	86,2874	85,4404	85,8639043	0,981651365
Piel	75,0748	74,7070	75,8724	75,1953	75,8724	75,3906	75,6315039	0,634958114
Pepa	28,5156	29,8039	30,8594	30,5882	31,2500	30,9804	31,1151961	0,862745098
27-1 M5								
% AGUA								
	5 Horas		6 Horas		7 Horas		Promedio	% diferencia
	1	2	1	2	1	2		
Pulpa	78,0770	78,1287	78,0969	78,1687	78,0969	78,1687	78,1328402	-0,09191726
Piel	61,1000	61,5155	61,7000	61,6152	61,8000	61,6152	61,7075773	0,299102692
Pepa	26,1905	27,2727	27,7778	27,6680	27,7778	27,6680	27,722881	0,395256917

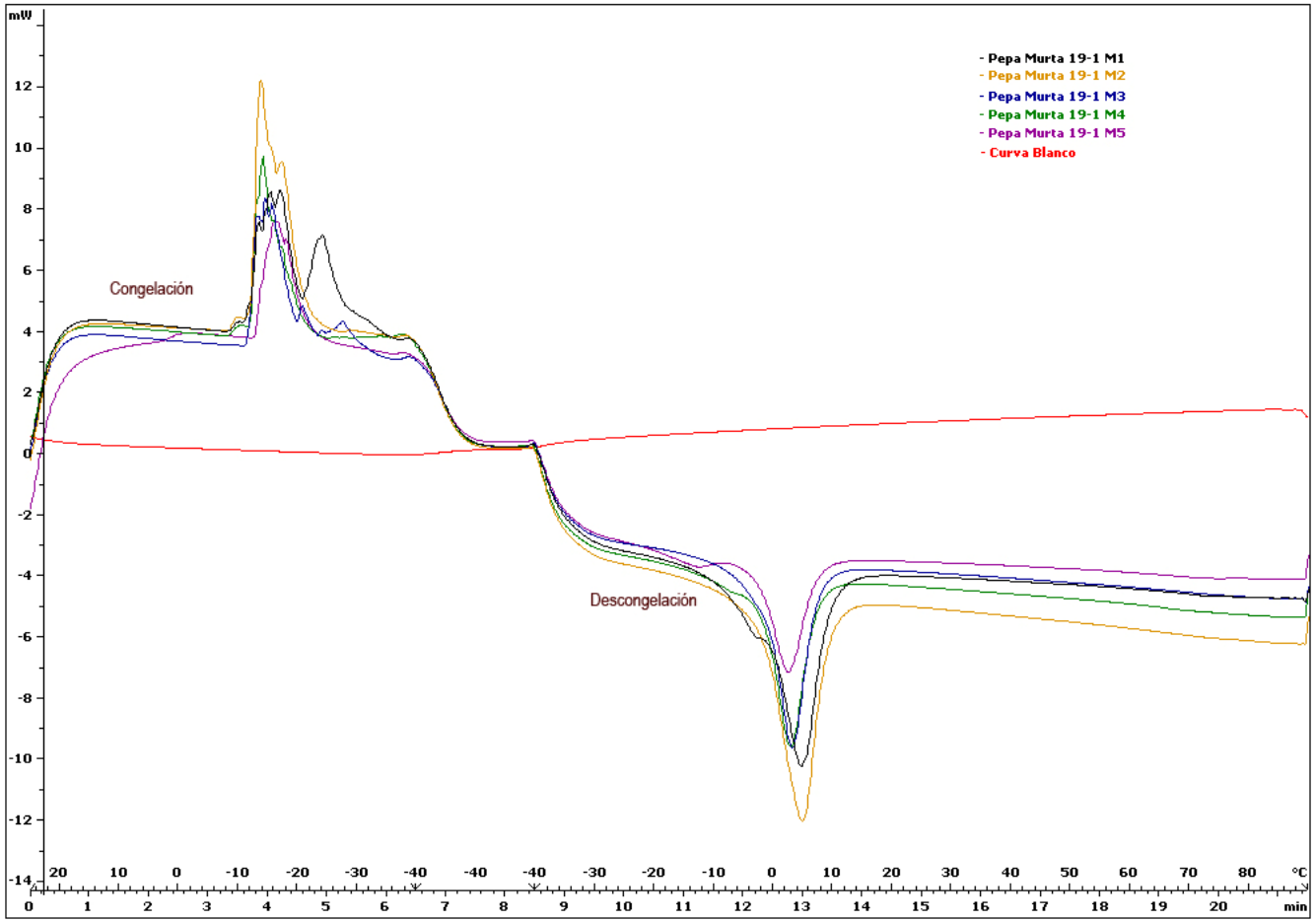
ANEXO 4:Termogramas comportamiento de diferentes secciones de la murta y ecotipos.



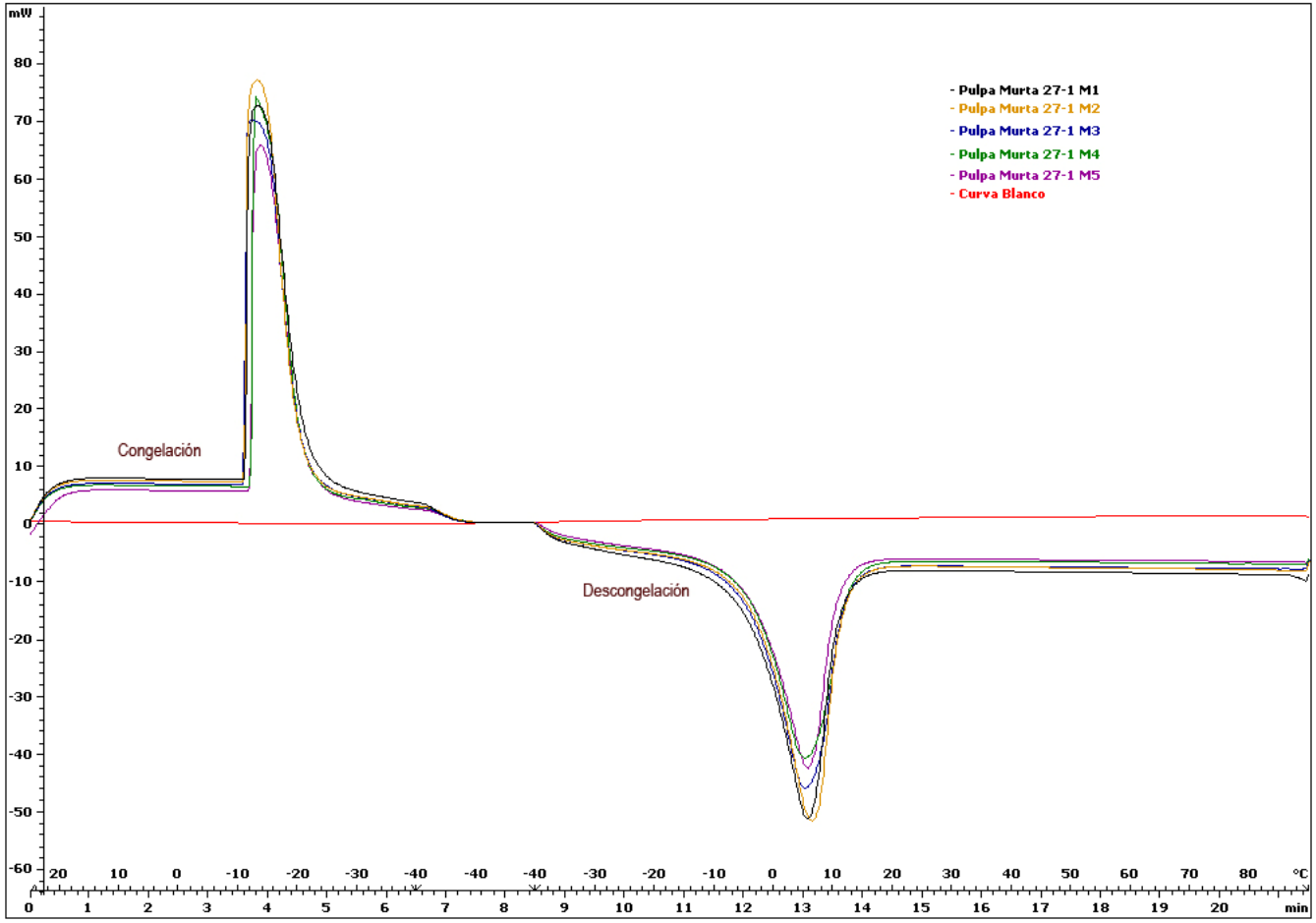
4.1 Termograma comportamiento de las pulpas 19-1 al congelarlas y descongelarlas.



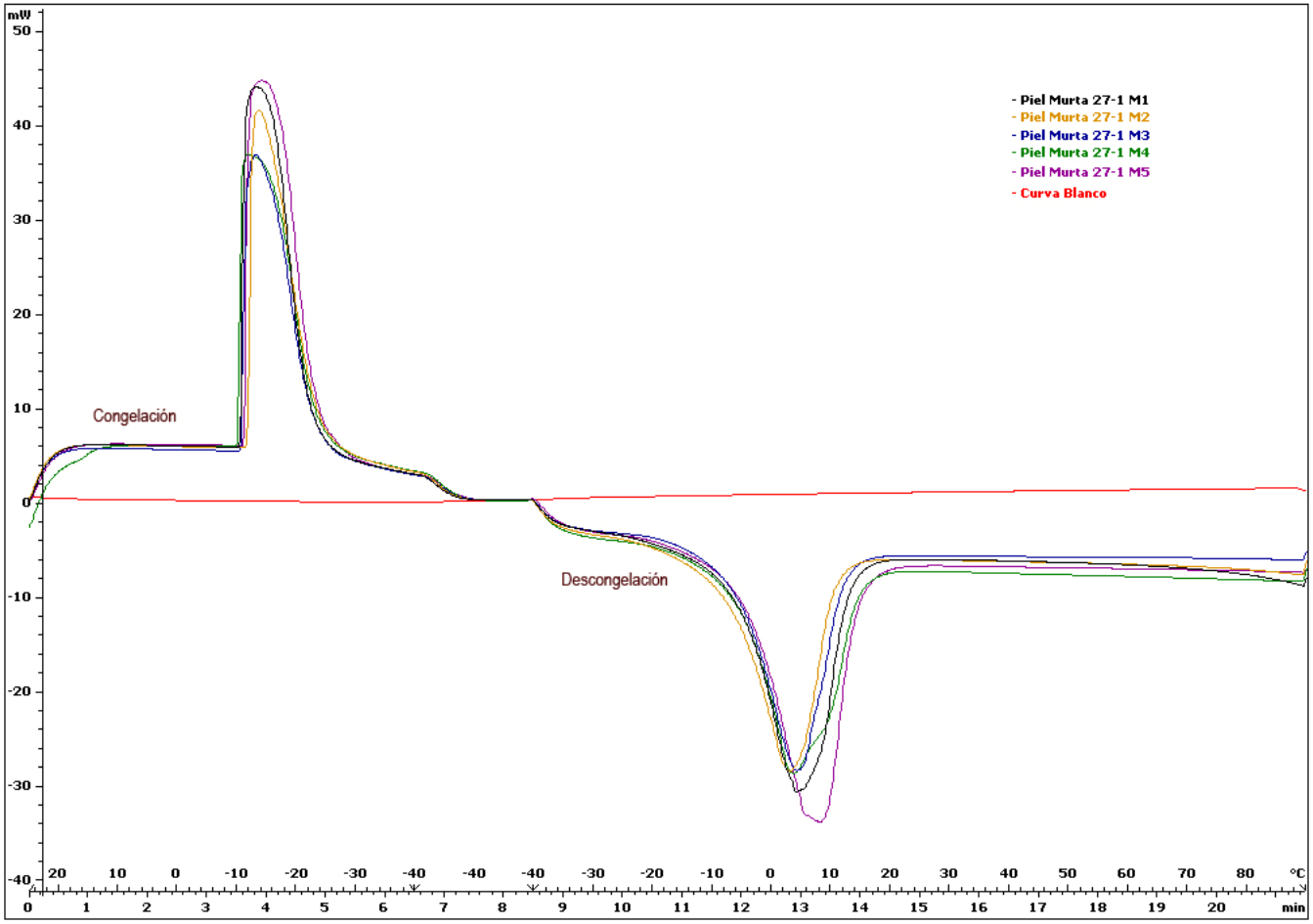
4.2 Termograma comportamiento de las pieles 19-1 al congelarlas y descongelarlas.



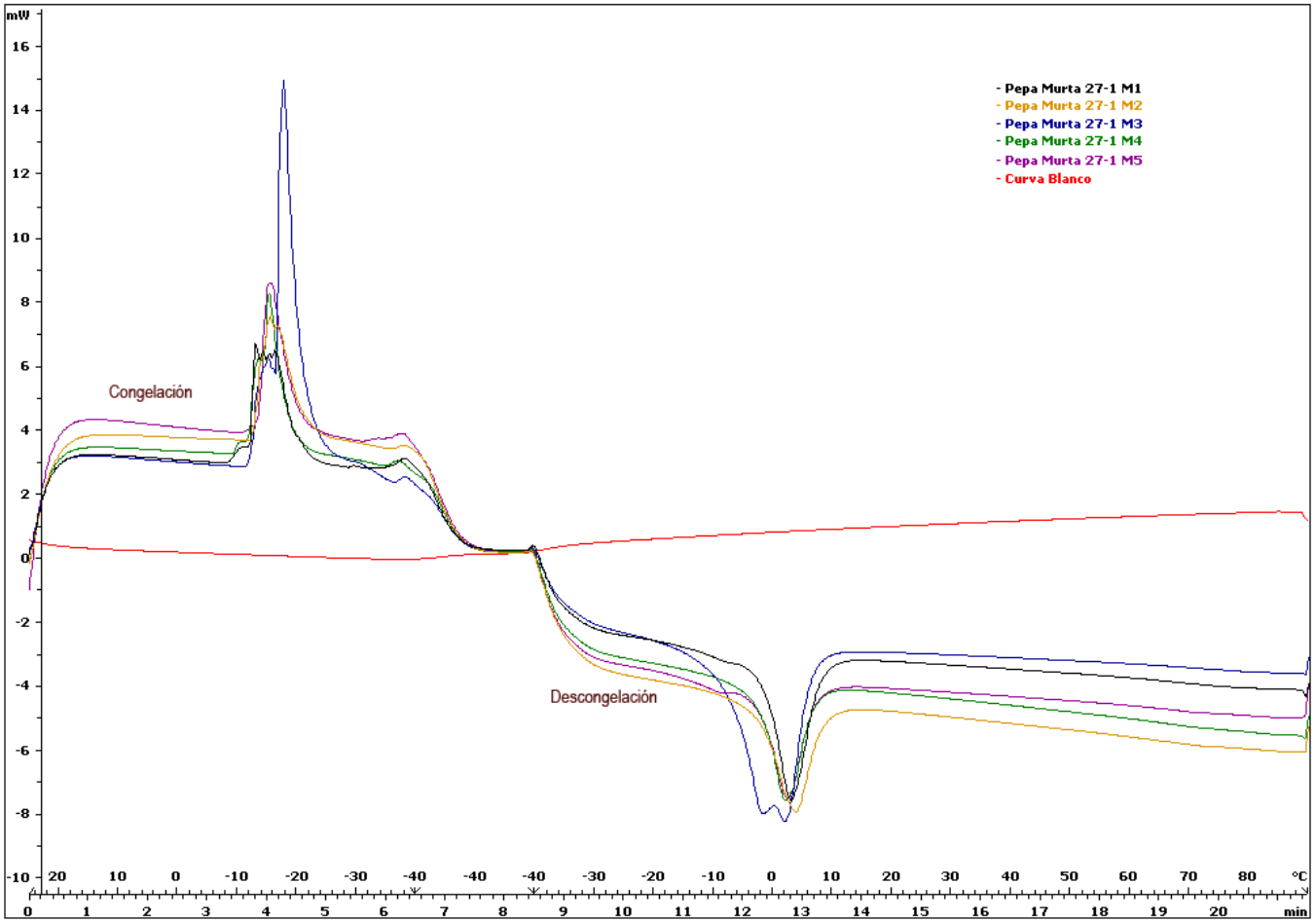
4.3 Termograma comportamiento de las pepas 19-1 al congelarlas y descongelarlas.



4.4 Termograma comportamiento de las pulpas 27-1 al congelarlas y descongelarlas.

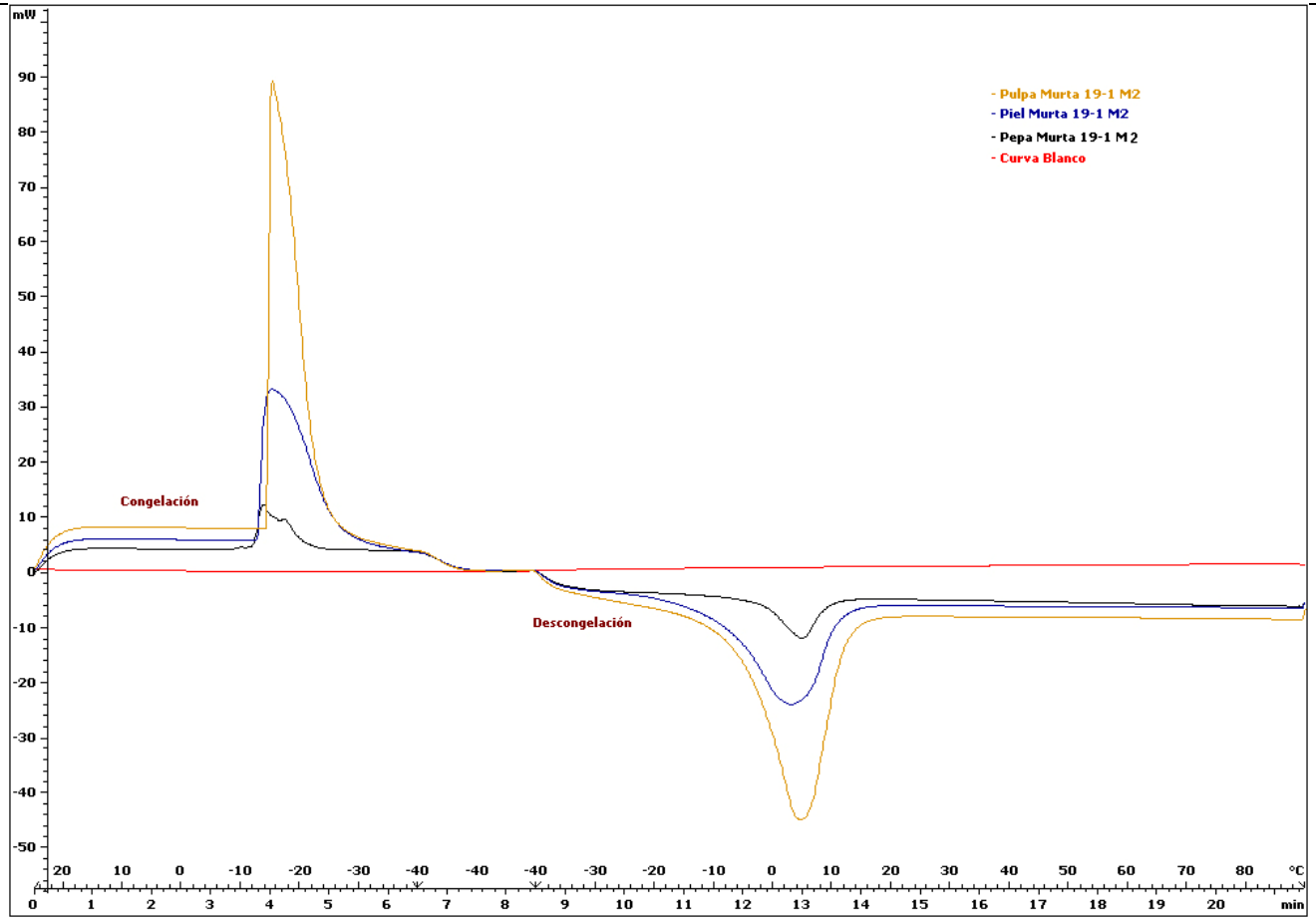


4.5 Termograma comportamiento de las pieles 27-1 al congelarlas y descongelarlas.

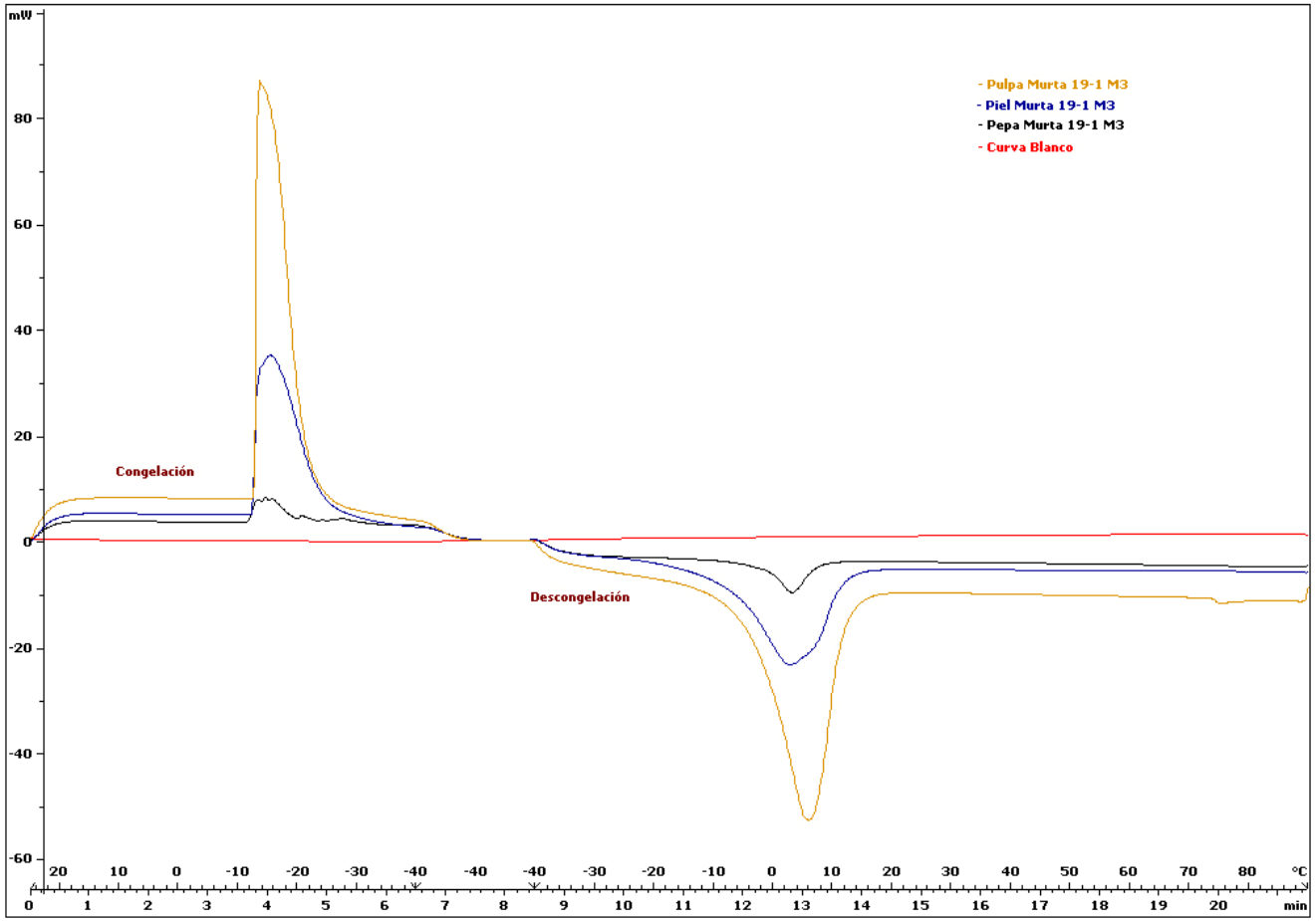


4.6 Termograma comportamiento de las pepas 27-1 al congelarlas y descongelarlas.

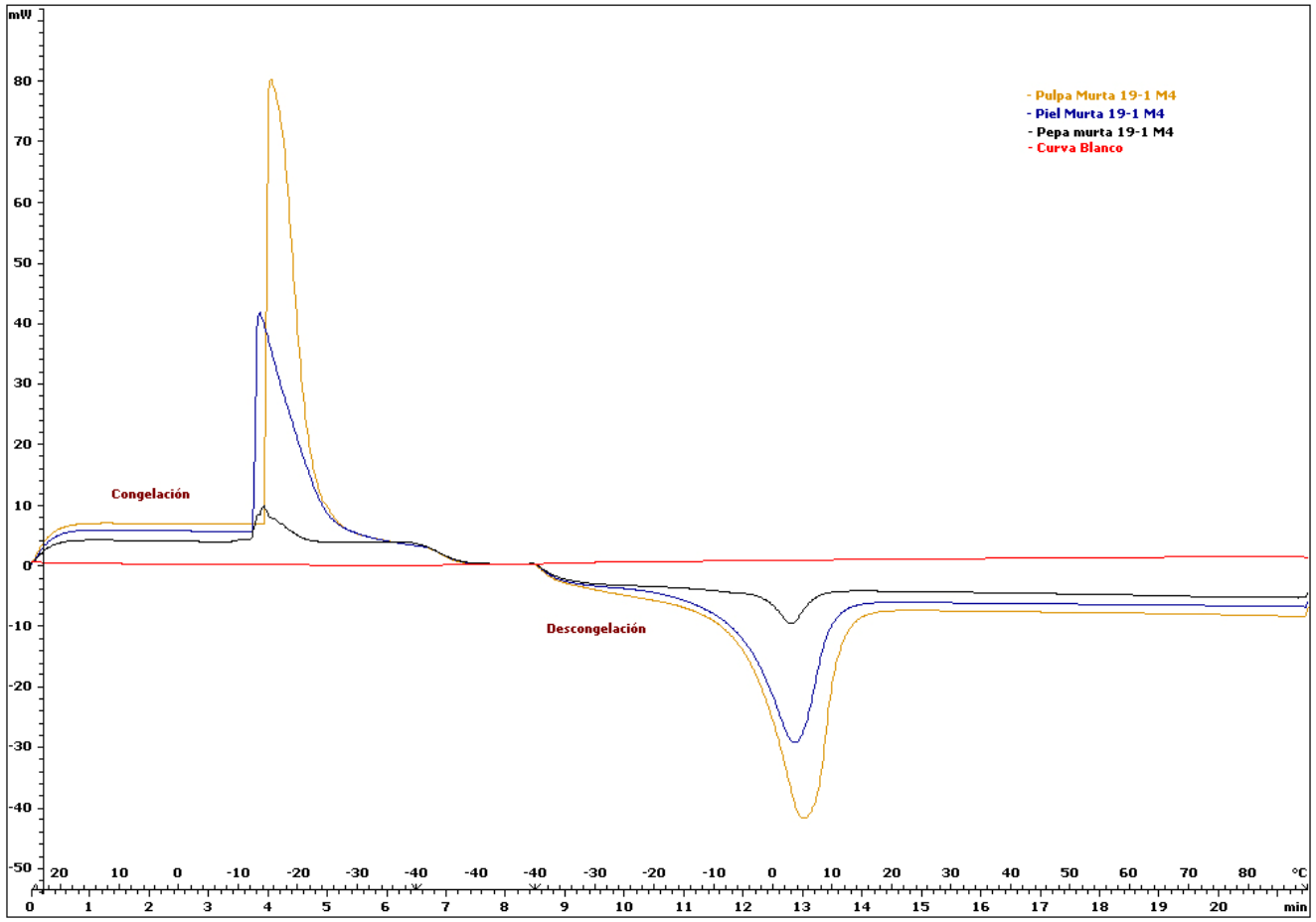
ANEXO 5: Termograma comparación entre secciones de la murta.



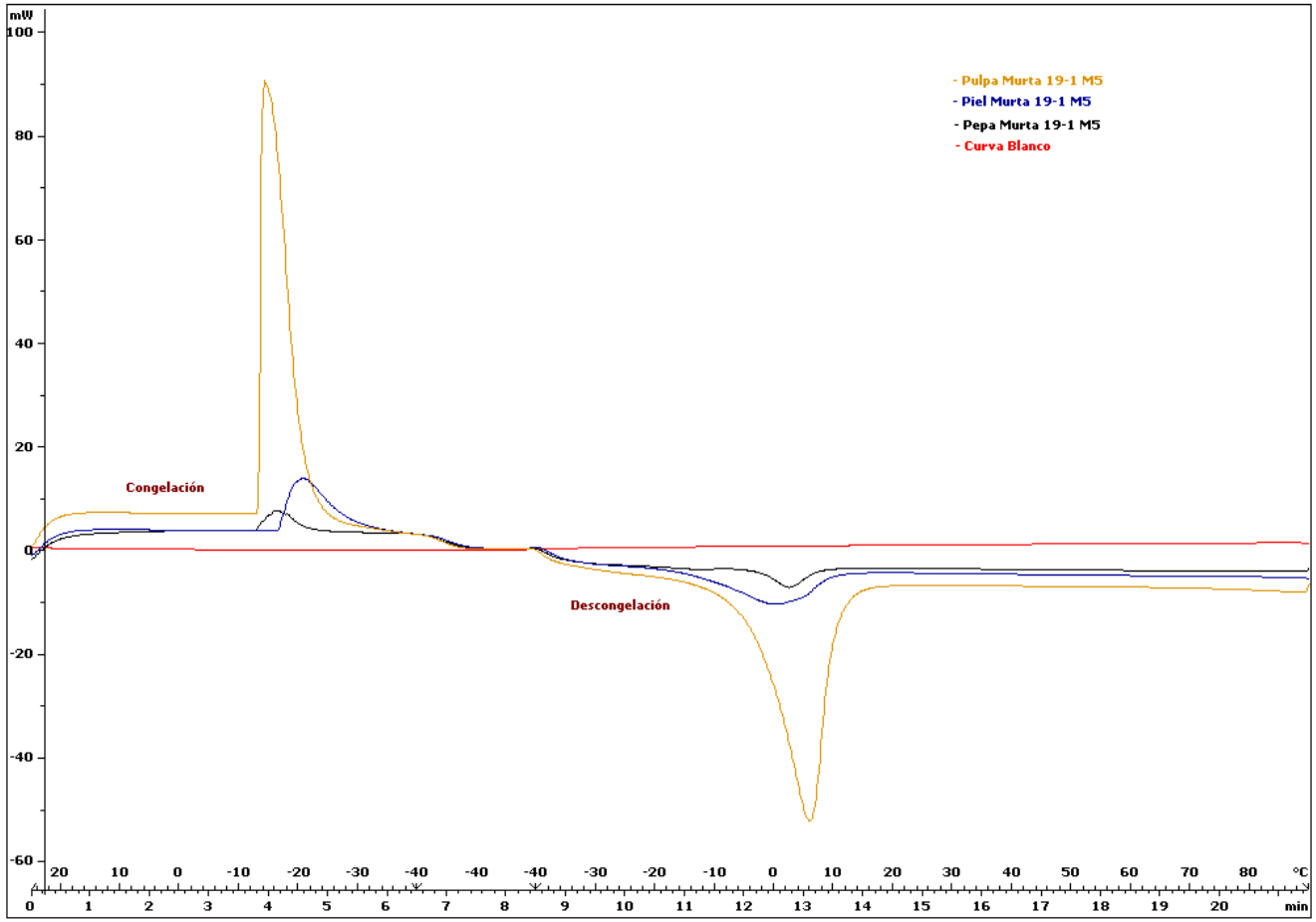
5.1 Termograma pulpa piel y pepa de murta 19-1 muestra 2.



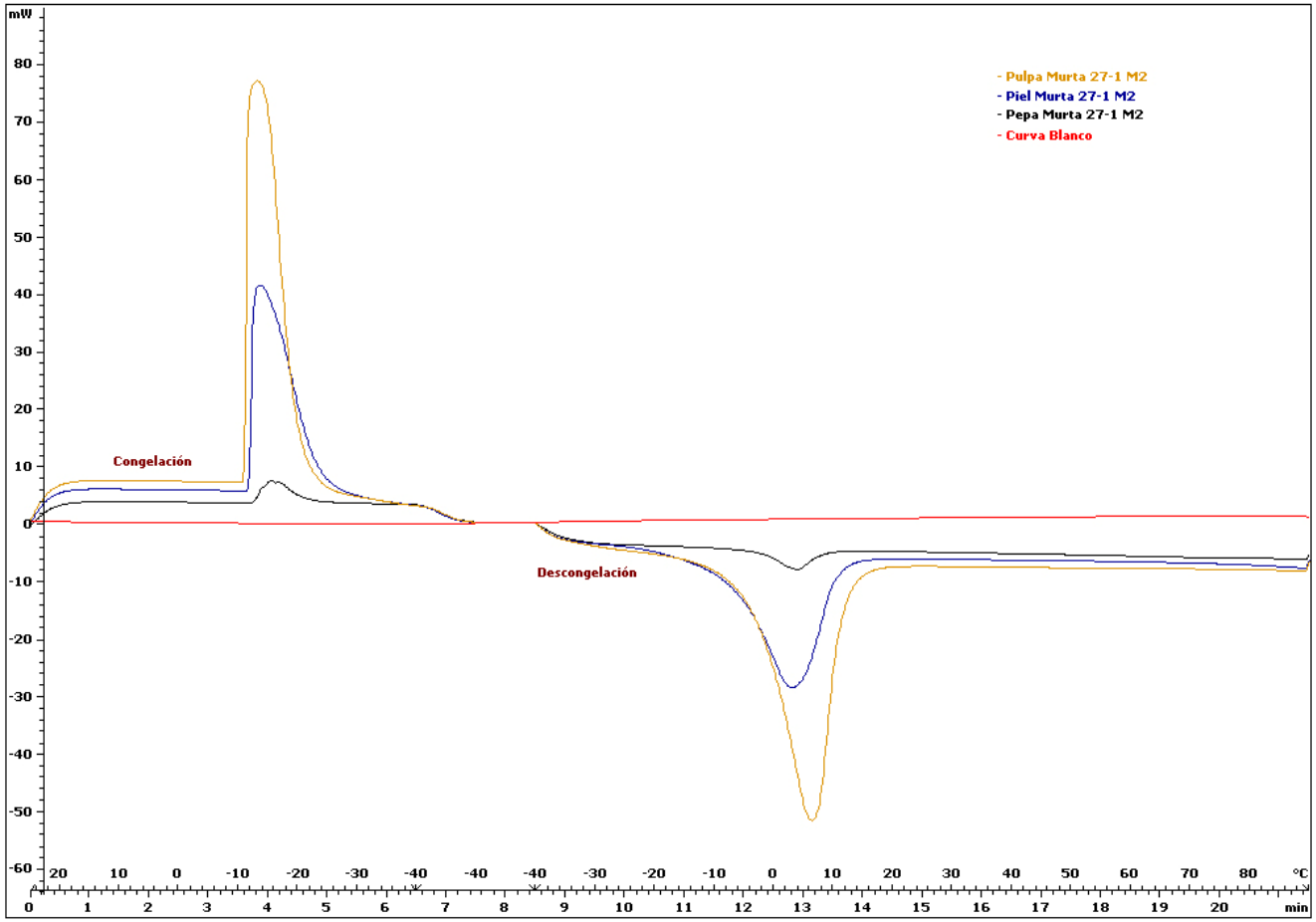
5.2 Termograma pulpa piel y pepa de murta 19-1 muestra 3.



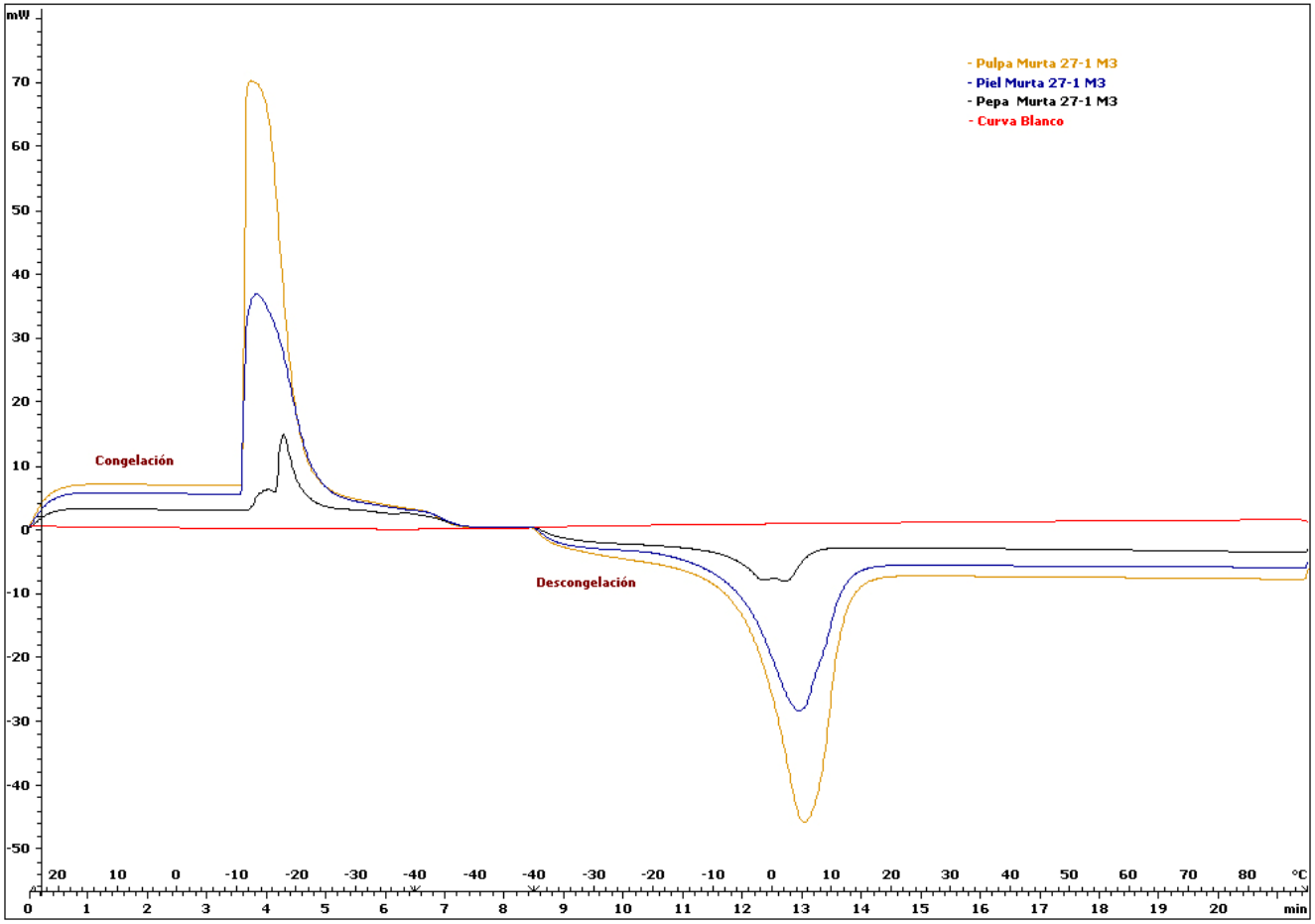
5.3 Termograma pulpa piel y pepa de murta 19-1 muestra 4.



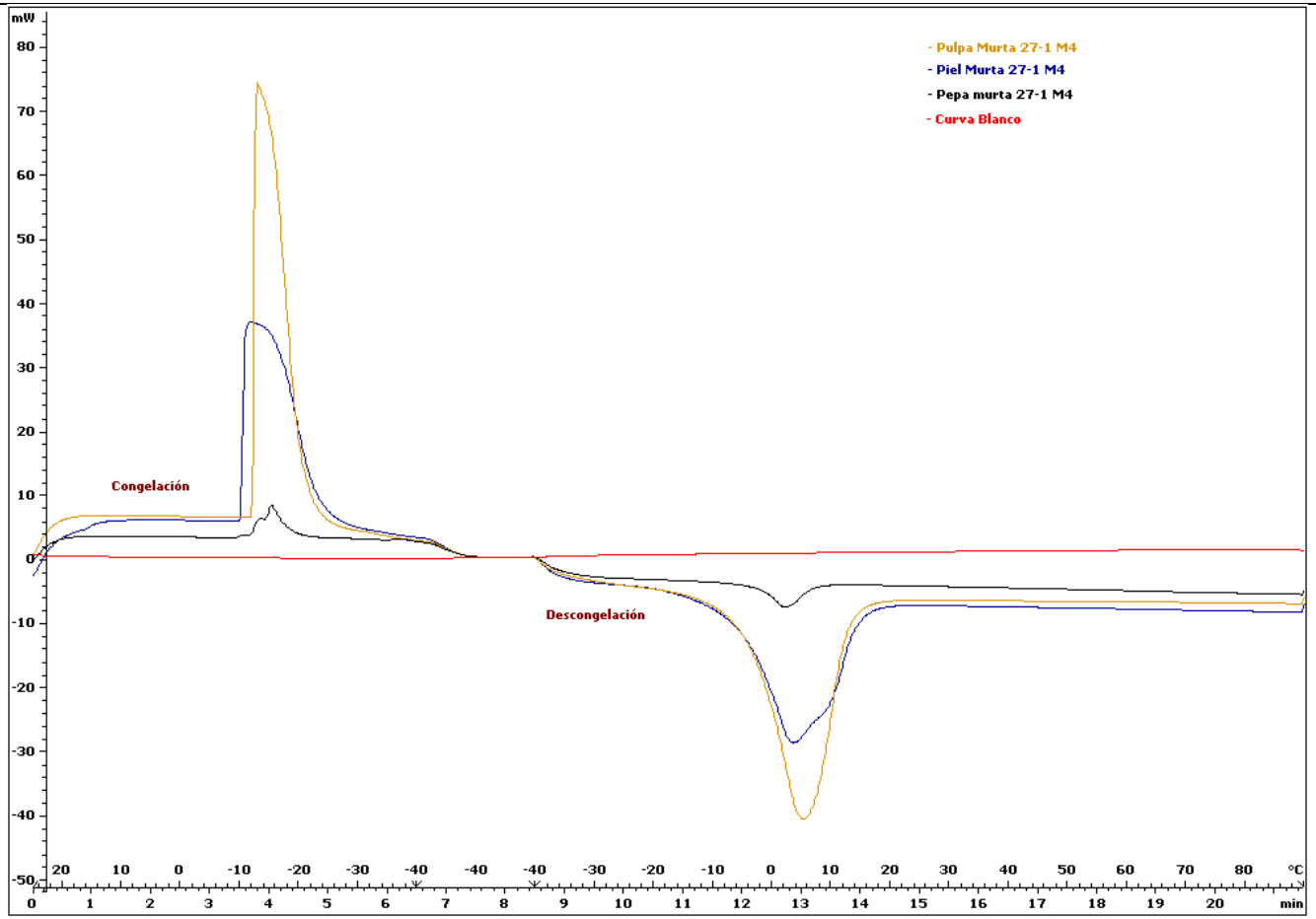
5.4 Termograma pulpa piel y pepa de murta 19-1 muestra 5.



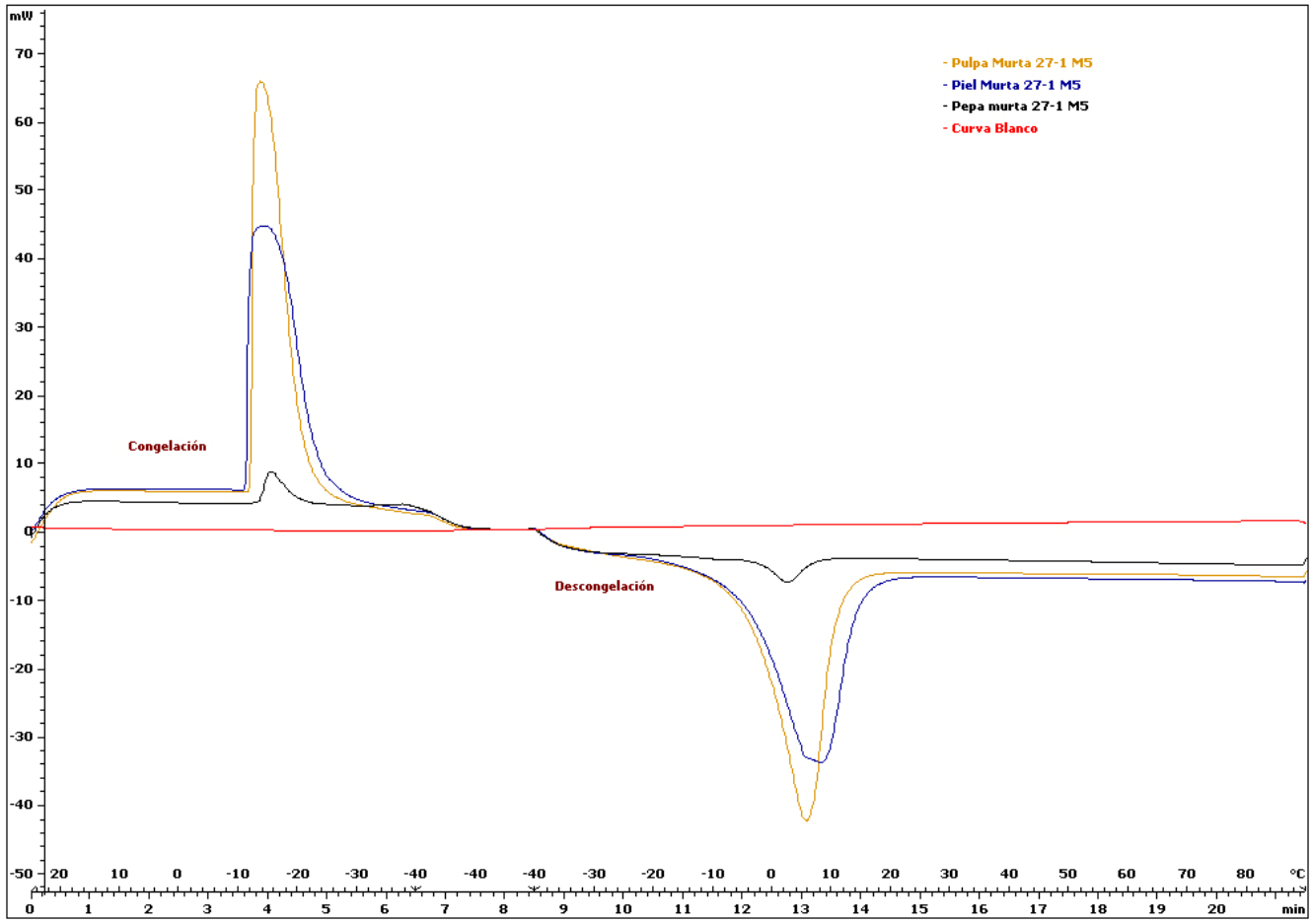
5.5 Termograma pulpa piel y pepa de murta 27-1 muestra 2.



5.6 Termograma pulpa piel y pepa de murta 27-1 muestra 3.

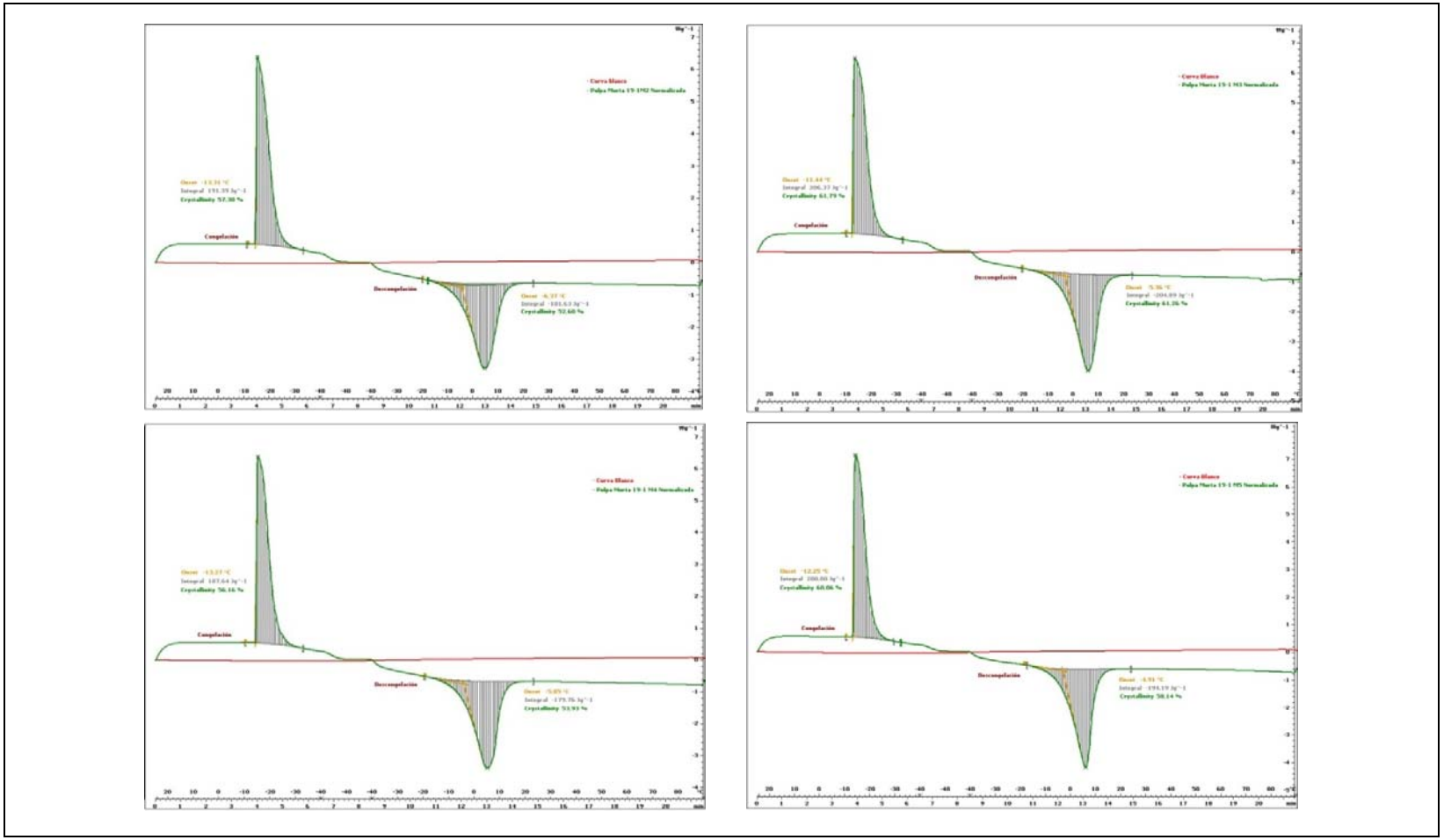


5.7 Termograma pulpa piel y pepa de murta 27-1 muestra 4.

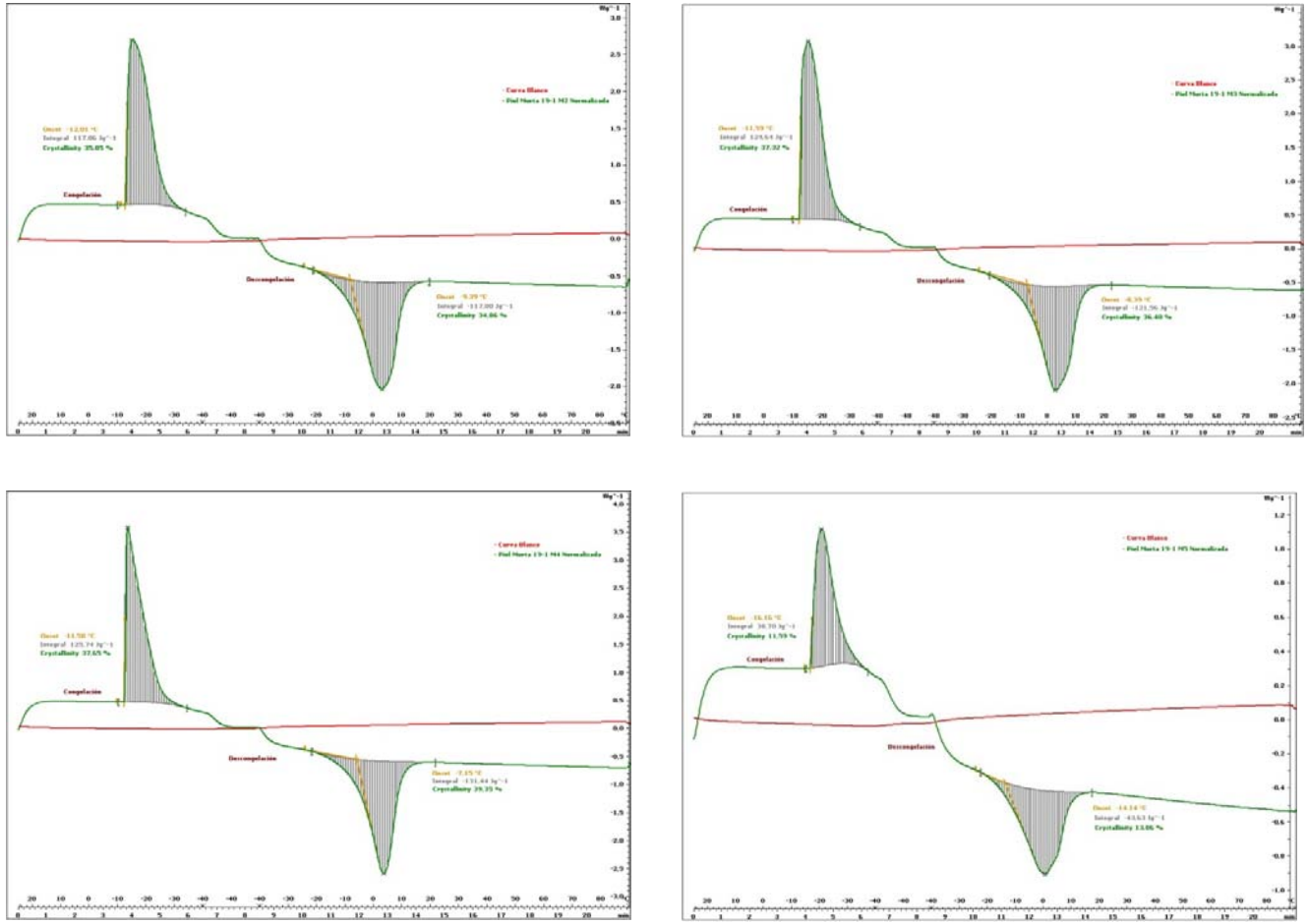


5.8 Termograma pulpa piel y pepa de murta 27-1 muestra 5.

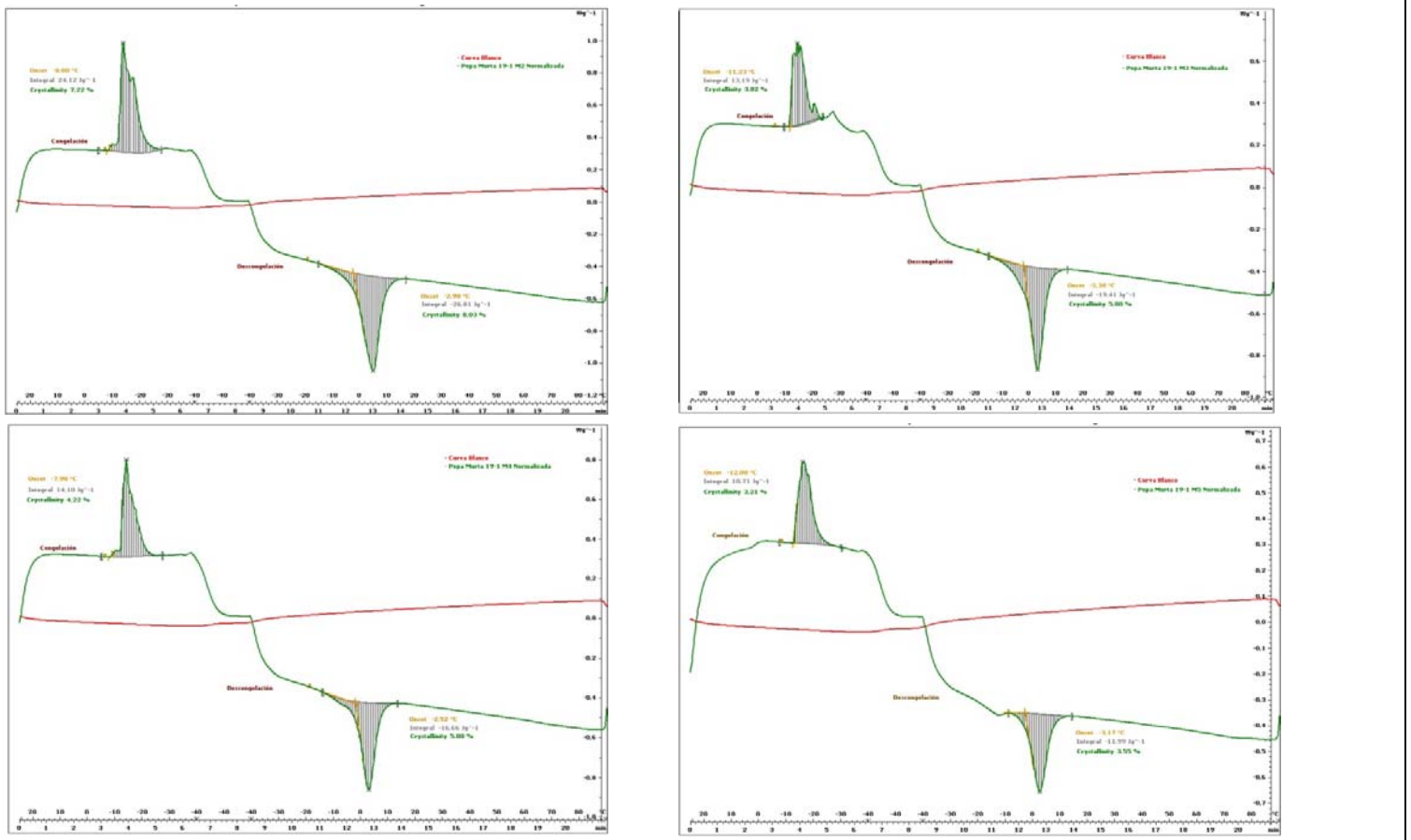
ANEXO 6: Termograma evaluación de curvas DSC.



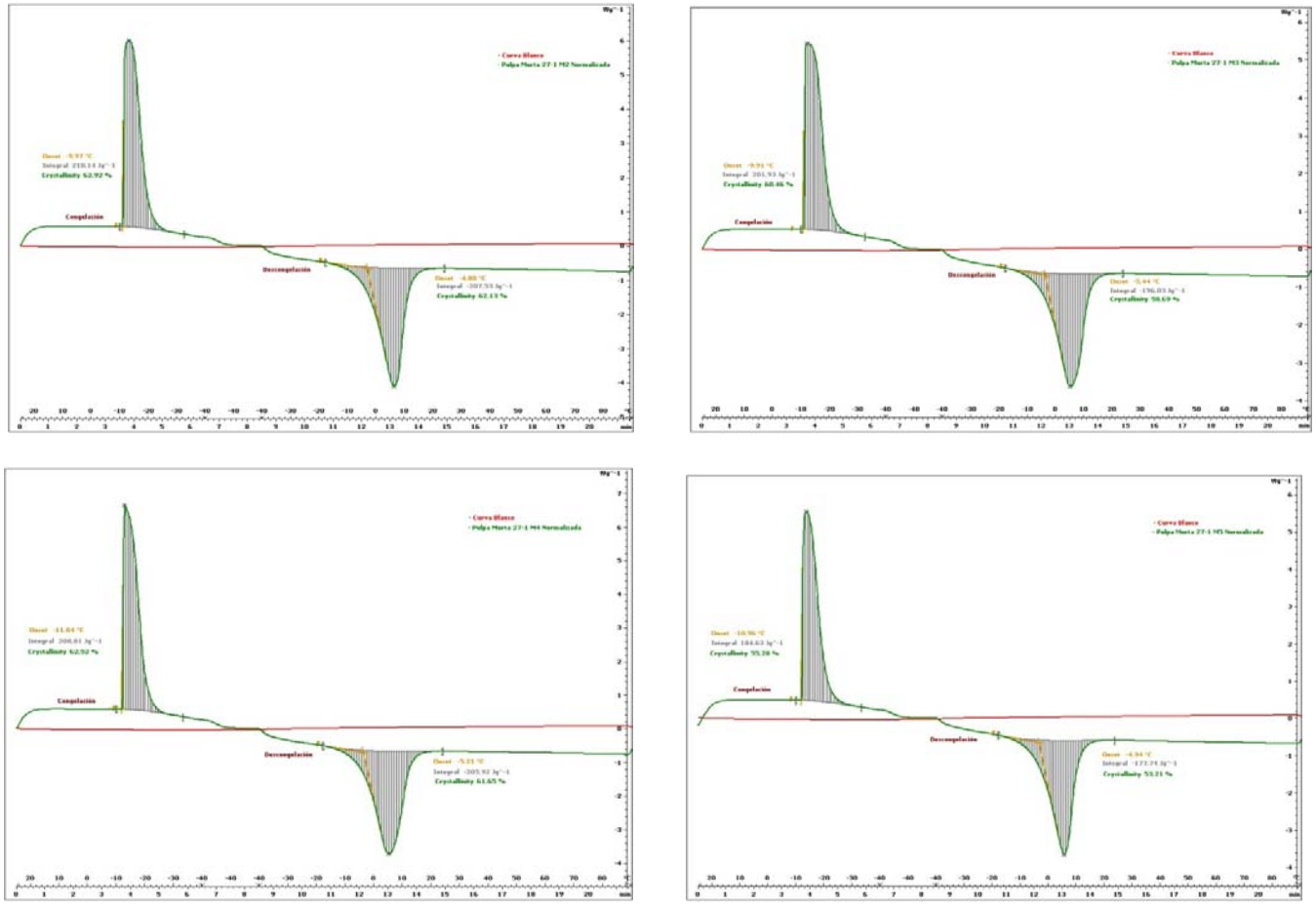
6.1 Evaluación termogramas de pulpas de murta 19-1.



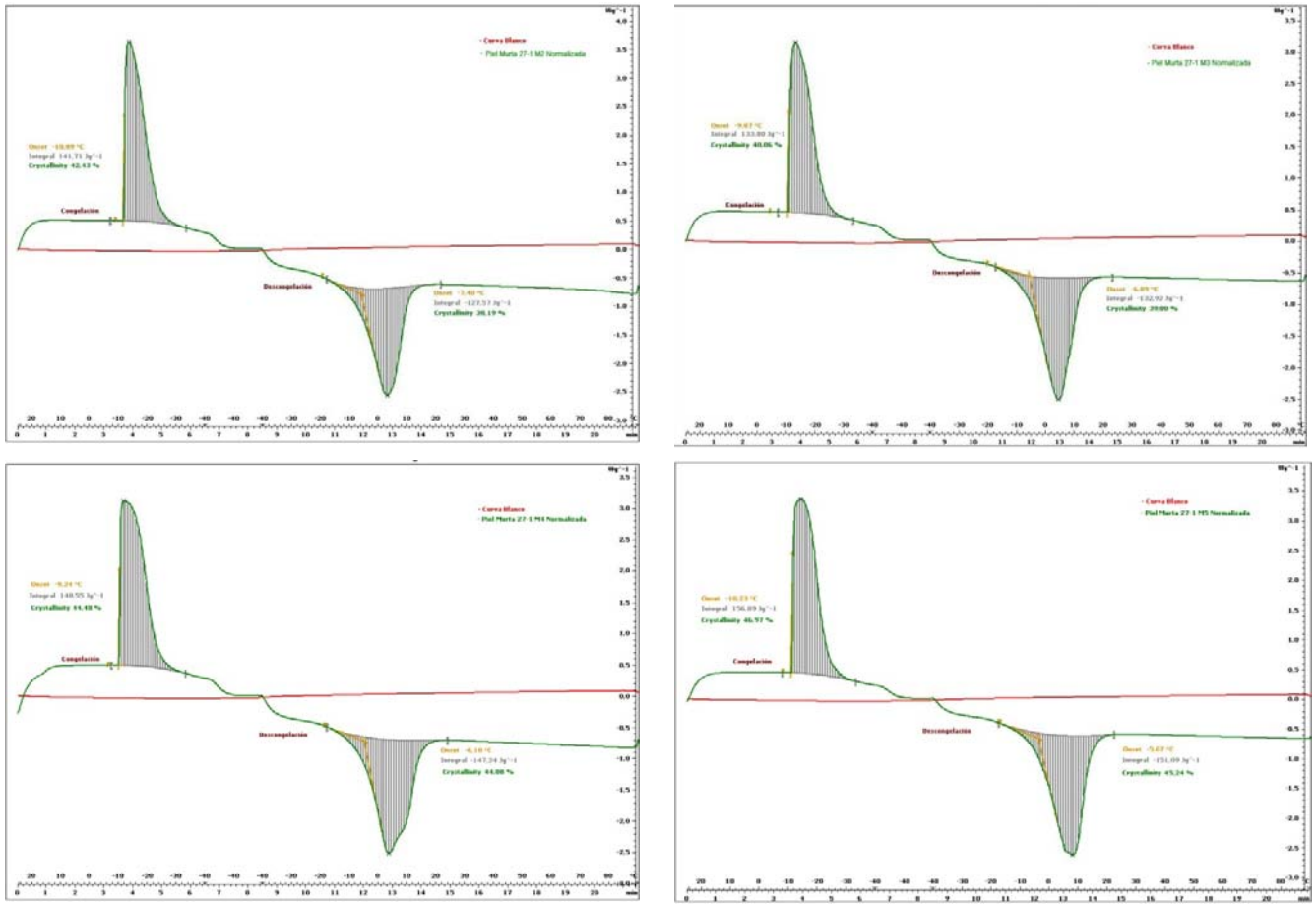
6.2 Evaluación termogramas de pieles de murta 19-1.



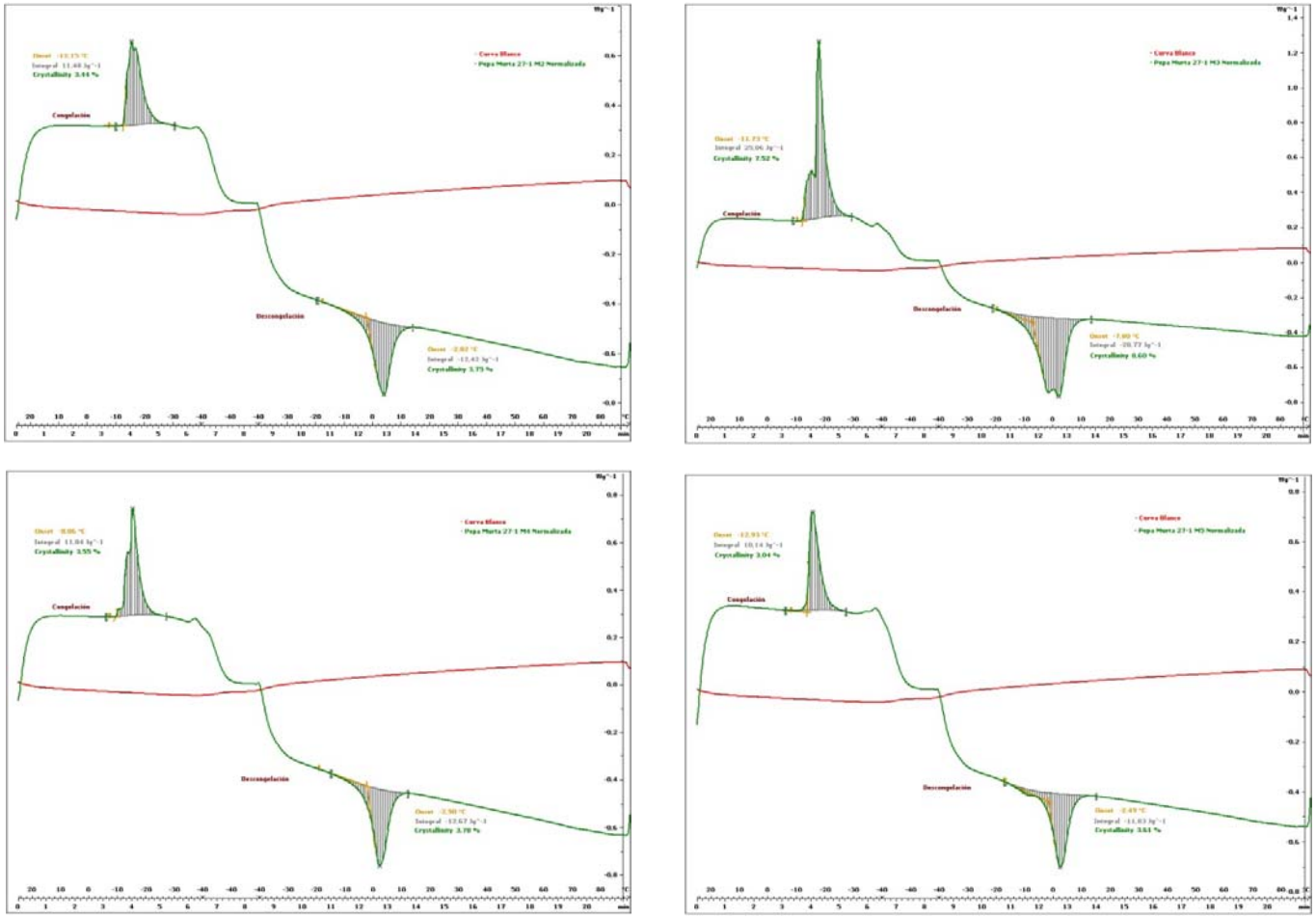
6.3 Evaluación termogramas de pepas de murta 19-1.



6.4 Evaluación termogramas de pulpas de murta 27-1.

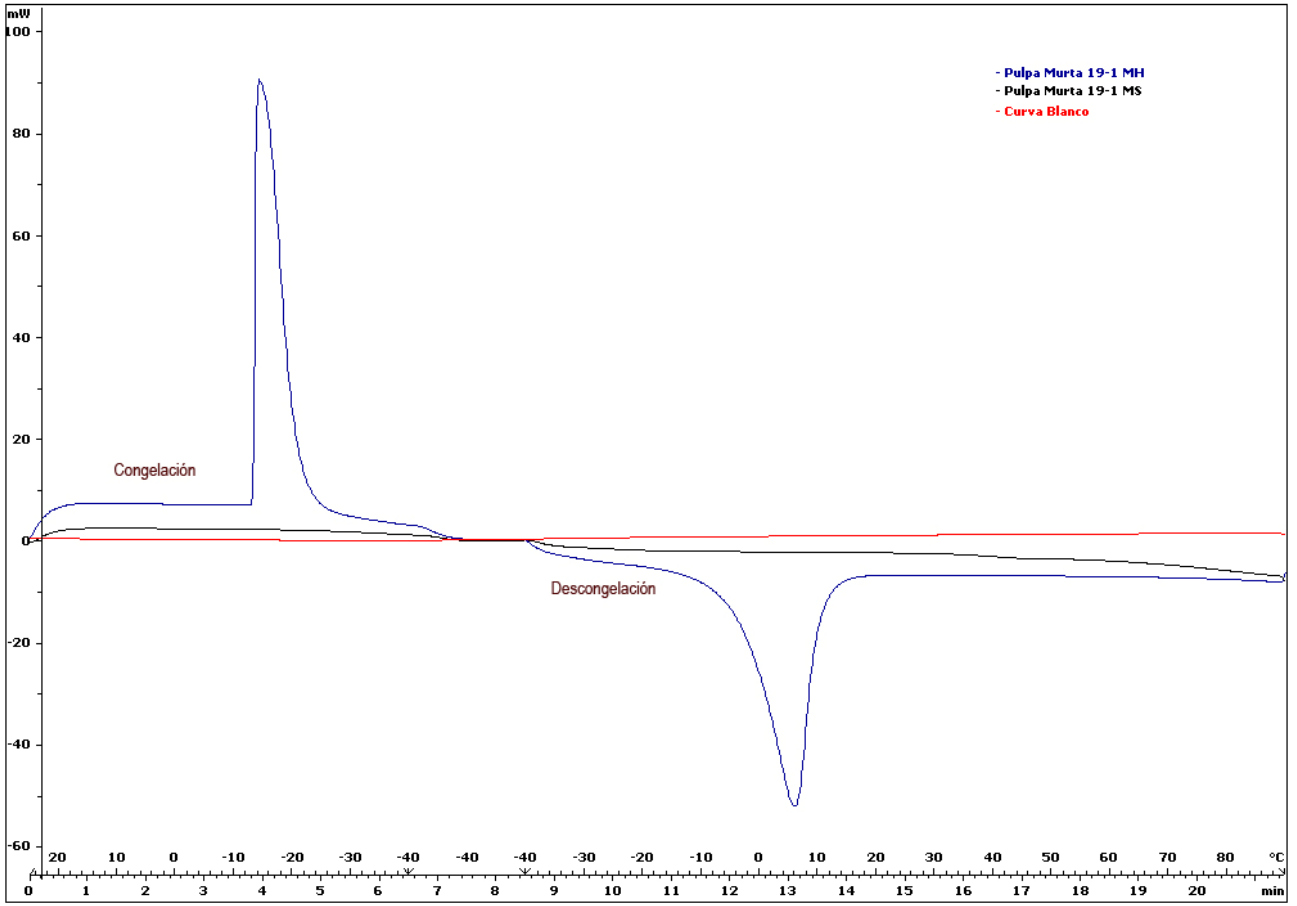


6.5 Evaluación termogramas de pieles de murta 27-1.

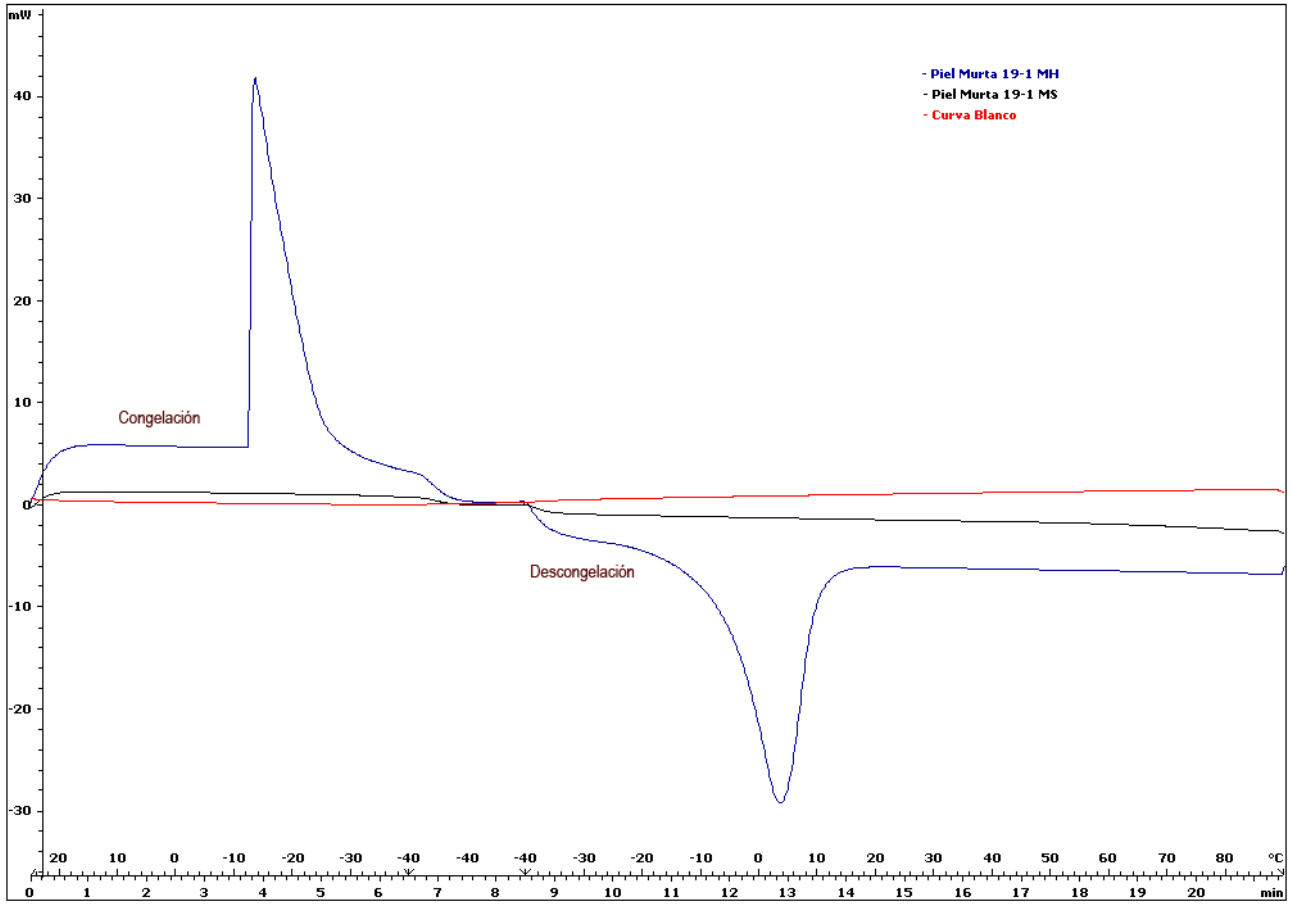


6.6 Evaluación termogramas de pepas de murta 27-1.

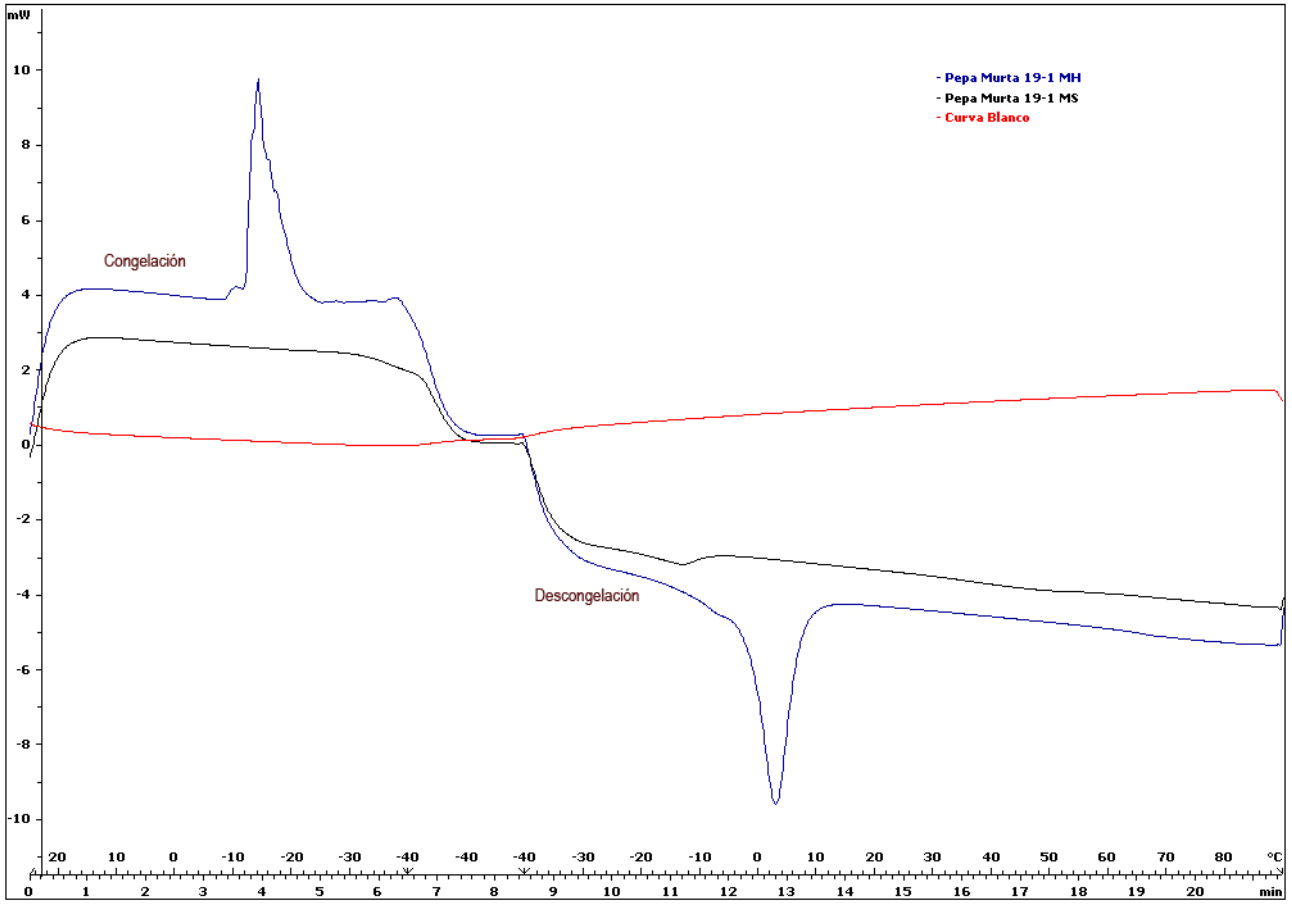
ANEXO 7: Termogramas comparación muestras secas y frescas.



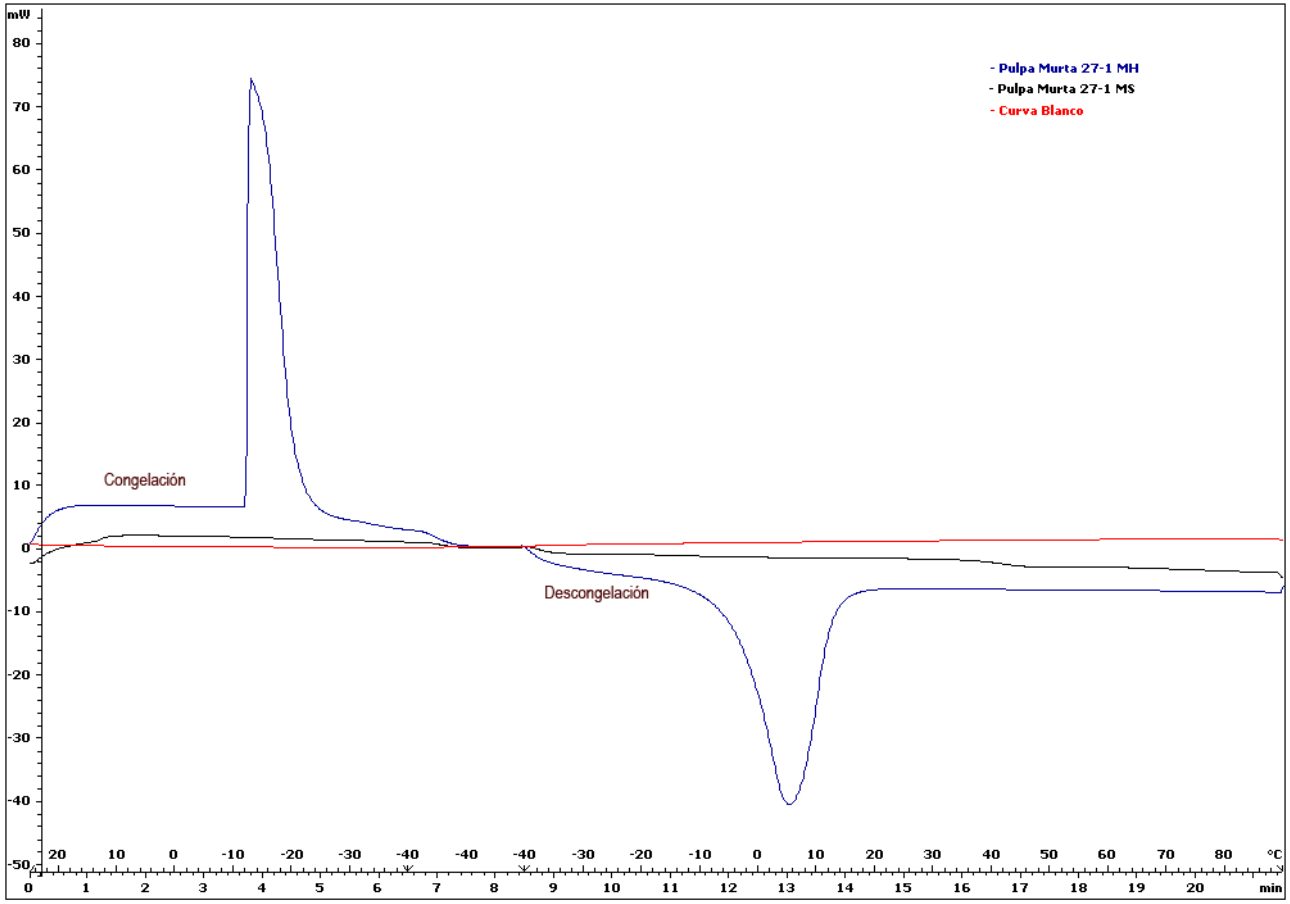
7.1 Termograma pulpa murta 19-1 muestra seca y muestra fresca.



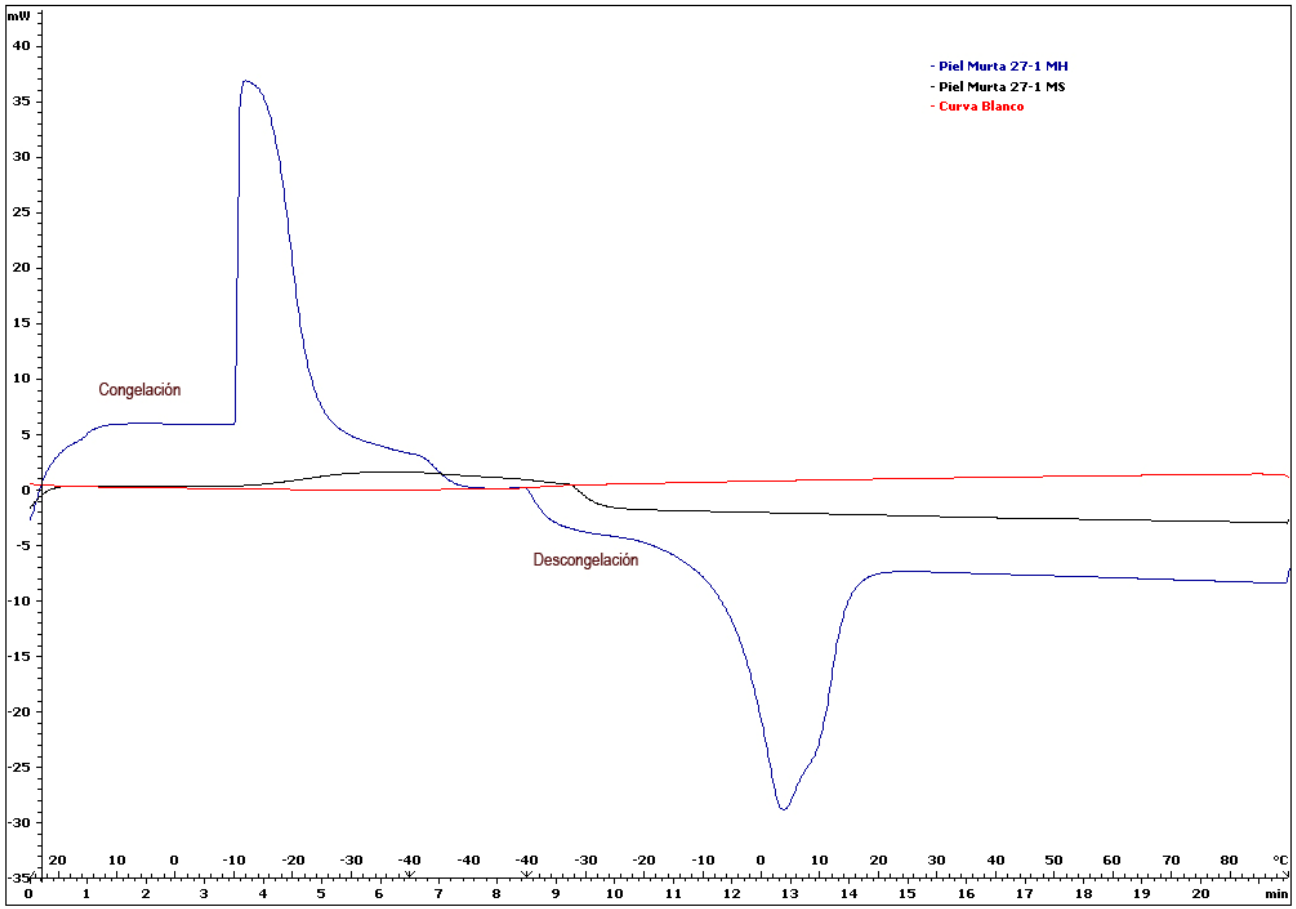
7.2 Termograma piel murta 19-1 muestra seca y muestra fresca.



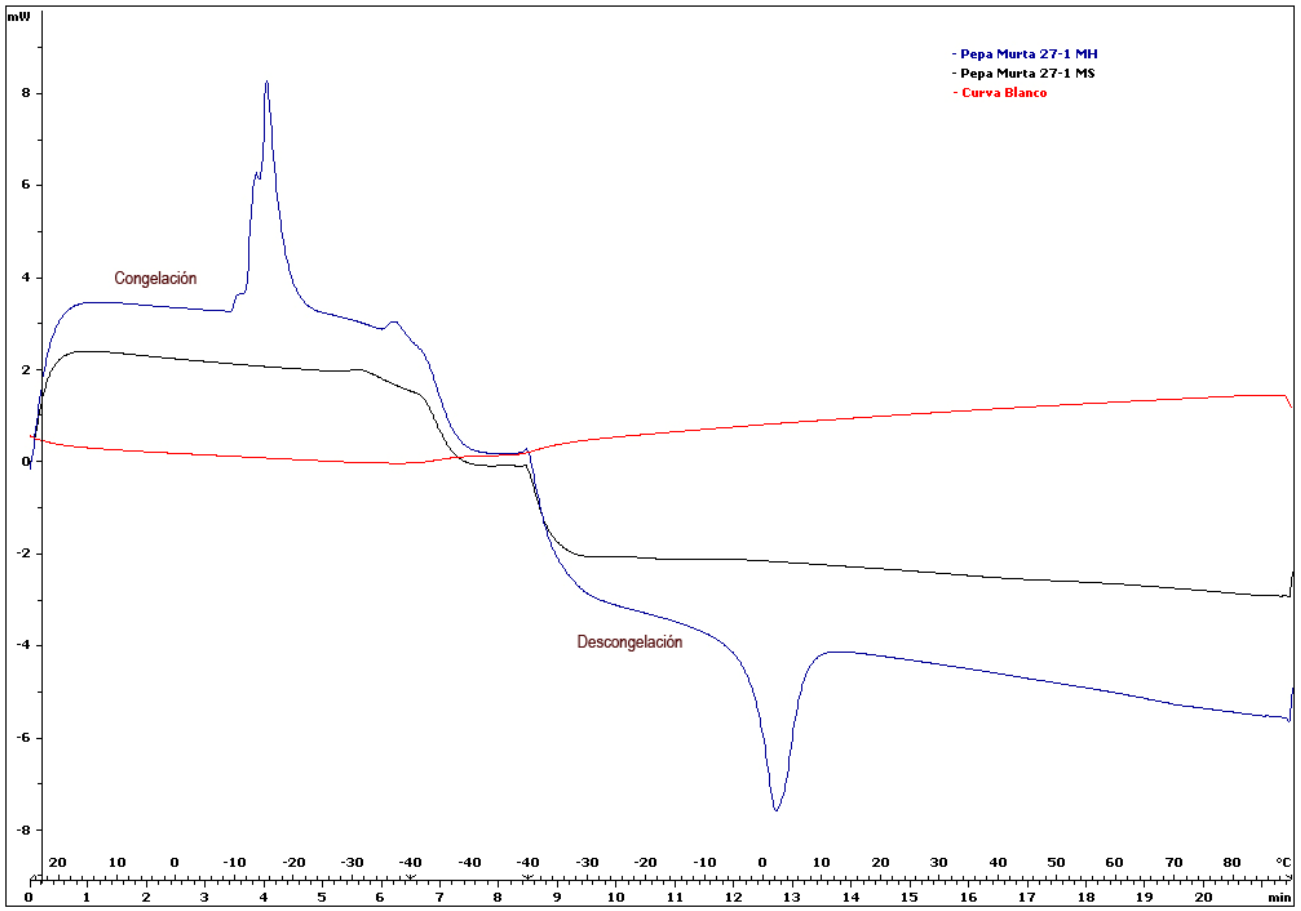
7.3 Termograma pepa murta 19-1 muestra seca y muestra fresca.



7.4 Termograma pulpa murta 27-1 muestra seca y muestra fresca.



7.5 Termograma piel murta 27-1 muestra seca y muestra fresca.



7.6 Termograma pepa murta 27-1 muestra seca y muestra fresca.

ANEXO 8: Análisis estadístico de contenido de agua de muestras de murta.

- **Comparación entre pulpas, pieles y pepas de murta 19-1**

CUADRO 8.1: Contraste de varianza % agua pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Contraste de Varianza	
Pulpa 19-1	
Contraste C de Cochran	0,8057740
P-valor	0,0002446
Pulpa 27-1	
Contraste C de Cochran	0,6037870
P-valor	0,0633886

En el caso de la pulpa 19-1 el valor P fue menor a 0,05 que era lo esperado debido a que los datos corresponden a tres secciones de la murta diferentes. En la pulpa 27-1 el valor P fue mayor a 0,05 por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras (CUADRO 8.1) aunque la diferencia de los valores es notoria, más que nada se realizó para corroborar y mostrar gráficamente dicha diferencia (FIGURA 24).

El análisis de varianza mostró que si existe una diferencia significativa con un 95% de confianza entre las muestras de pulpa, piel y pepa (CUADRO 8.2), ya que el valor P fue inferior a 0,05

CUADRO 8.2: Análisis de varianza % agua pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Análisis de Varianza					
Pulpa 19-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	15961,3	2	7980,64	303,22	0
Intra grupos	710,627	27	7980,64		
Total (Corr.)	16671,9	29			
Pulpa 27-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	15826,2	2	7913,09	326,19	0
Intra grupos	654,997	27	24,2592		
Total (Corr.)	16481,2	29			

- **Comparación pulpas, pieles y pepas de murta 19-1.**

CUADRO 8.3: Contraste de varianza % agua pulpas, pieles y pepas de murta 19-1.

Contraste de Varianza	
Pulpas	
Contraste C de Cochran	0,786775
P-valor	0,0921537
Pieles	
Contraste C de Cochran	0,672153
P-valor	0,228788
Pepas	
Contraste C de Cochran	0,577718
P-valor	0,397188

El valor P fue mayor a 0,05 por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras evaluadas (CUADRDO 8.3).

El análisis de varianza (CUADRO 8.4) mostró que si existe una diferencia significativa con un 95% de confianza entre las muestras, ya que el valor P es inferior a 0,05.

CUADRO 8.4: Análisis de varianza % agua pulpas, pieles y pepas de murta 19-1.

Análisis de Varianza					
Pulpas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	48,5244	4	12,1311	1060,49	0
Intra grupos	0,0571955	5	0,0114391		
Total (Corr.)	48,5816	9			
Pieles					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	572,414	4	143,103	3744,94	0
Intra grupos	0,191062	5	0,0382125		
Total (Corr.)	572,605	9			
Pepas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	586,974	4	22,3516	3267,33	0
Intra grupos	0,0342048	5	0,00684095		
Total (Corr.)	89,4407	9			

En el gráfico de tukey se observa la variabilidad de los valores y que la muestra 5 es la más alejada del grupo, en el caso de la pulpa y la piel con el valor mínimo de entre todas las muestras (FIGURA 8.1)

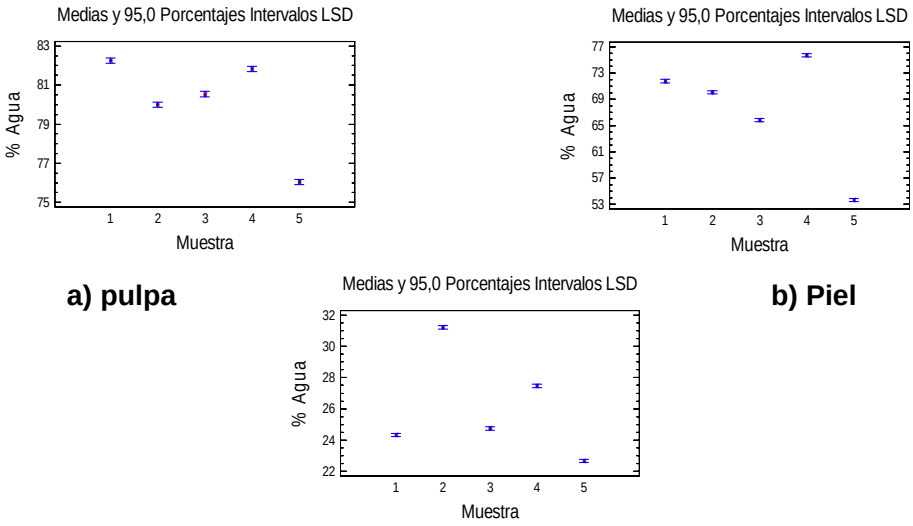


FIGURA 8.1: Gráfico de Tukey muestras % agua de pulpas, pieles y pepas de murta 19-1.

En el contraste múltiple de varianza (CUADRO 8.5) se ve más claramente que no existen grupos homogéneos, por lo tanto, existe una variabilidad en el % de agua en las muestras y no se puede obtener un valor fijo, sino más bien un rango de valores (CUADRO 8.5).

CUADRO 8.5: Contraste Múltiple % agua pulpas, pieles y pepas de murta 19-1.

Contraste Múltiple de Rango para % Agua según Muestra			
Pulpas			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
5	2	76,0411	A
4	2	79,9861	B
3	2	80,5339	C
2	2	81,8182	D
1	2	82,2536	E
Pieles			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
5	2	53,6466	A
3	2	65,8315	B
2	2	70,0481	C
1	2	71,7562	D
4	2	75,6826	E
Pepas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
5	2	22,6735	A
1	2	24,3323	B
3	2	24,7515	C
4	2	27,4705	D
2	2	31,2129	E

- **Comparación pulpas, pieles y pepas de murta 27-1.**

CUADRO 8.6: Contraste de varianza % agua pulpas, pieles y pepas de murta 27-1.

Contraste de Varianza	
Pulpas	
Contraste C de Cochran	0,565975
P-valor	0,422122
Pieles	
Contraste C de Cochran	0,568723
P-valor	0,416204
Pepas	
Contraste C de Cochran	0,483396
P-valor	0,769754

El valor P fue mayor a 0,05 por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras evaluadas (CUADRDO 8.6).

El análisis de varianza (CUADRO 8.7) mostró que si existe una diferencia significativa con un 95% de confianza entre las muestras, ya que el valor P es inferior a 0,05.

CUADRO 8.7: Análisis de varianza % agua pulpas, pieles y pepas de murta 27-1.

Análisis de la Varianza					
Pulpas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	66,8807	4	16,7202	131,91	0
Intra grupos	0,633782	5	0,126756		
Total (Corr.)	67,5144	9			
Pieles					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	395,275	4	98,8187	2421,06	0
Intra grupos	0,204081	5	0,0408162		
Total (Corr.)	395,479	9			
Pepas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	191,858	4	47,9646	1644,39	0
Intra grupos	0,145843	5	0,0291687		
Total (Corr.)	192,004	9			

El gráfico de Tukey en el caso de las pulpas mostró que las muestras 1, 2, 3 y 4 son relativamente similares, no así la muestra 5 que presenta un valor más distante e inferior que las demás. En cuanto a la piel y la pepa se muestran valores variados entre sí (FIGURA 8.2).

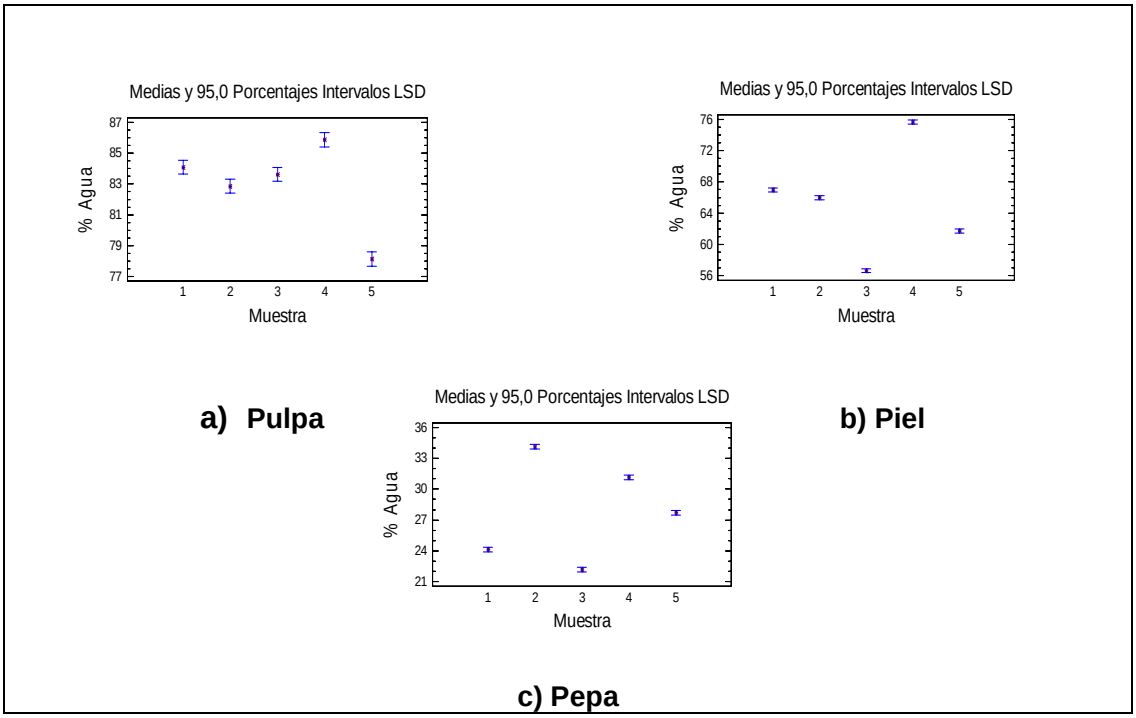


FIGURA 8.2: Gráfico de Tukey muestras % Agua de pulpas de murta 27-1.

El test de contrastes múltiples en el caso de las pulpas a diferencia de la murta 19-1, mostró que entre las muestras 1 y 3 no existe diferencia significativa con un 95% de confianza., igual es el caso entre las muestras 2 y 3. Aunque la variabilidad de los valores de las muestras es menor que en otros casos, es difícil presentar un valor fijo ya que de todas maneras si existe diferencia significativa entre todas las muestras. En las piles y las pepas no se detectaron grupos homogéneos (CUADRO 8.8).

CUADRO 8.8: Contraste Múltiple % Agua pulpas de murta 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para % Agua según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Pulpas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
5	2	78,1328	A
2	2	82,8592	B
3	2	83,6215	BC
1	2	84,0866	C
4	2	85,8639	D
Pieles			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
3	2	56,6514	A
5	2	61,7076	B
2	2	65,9758	C
1	2	66,9659	D
4	2	75,6315	E
Pepas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
3	2	22,179	A
1	2	24,126	B
5	2	27,7229	C
4	2	31,1152	D
2	2	34,1128	E

- **Comparación entre ecotipos 19-1 y 27-1**

CUADRO 8.9: Contraste de varianza % agua pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste de Varianza	
Pulpas 19-1 y 27-1	
Contraste C de Cochran	0,581540
P-valor	0,631865
Pieles 19-1 y 27-1	
Contraste C de Cochran	0,591483
P-valor	0,590242
Pepas 19-1 y 27-1	
Contraste C de Cochran	0,682209
P-valor	0,270532

El valor P fue mayor a 0,05 por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras (CUADRO 8.9).

El análisis de varianza aplicado a las muestras mostró que si existe diferencia significativa entre las muestras con un 95% de confianza entre ambos ecotipos al comparar las pulpas, no es el caso de las pieles y las pepas (CUADRO 8.10).

CUADRO 8.10: Análisis de varianza % agua pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Análisis de la Varianza					
Pulpas 19-1 y 27-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	38,8154	1	38,8154	6,02	0,0246
Intra grupos	116,096	18	6,44978		
Total (Corr.)	154,911	19			
Pieles 19-1 y 27-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	20,1312	1	20,1312	0,37	0,5483
Intra grupos	968,084	18	53,7824		
Total (Corr.)	988,215	19			
Pepas 19-1 y 27-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	15,5412	1	15,5412	0,99	0,332
Intra grupos	281,445	18	15,6358		
Total (Corr.)	296,986	19			

En términos generales, sólo se observó diferencia significativa con un 95% de confianza entre las muestras de pulpas, es aquí además donde se acumula la mayor cantidad de agua del fruto y es la sección de mayor proporción, por lo tanto a la hora de realizar un análisis del fruto, los resultados obtenidos por la pulpa tendrían mayor peso que las otras 2 secciones. (CUADRO 8.11).

CUADRO 8.11: Contraste Múltiple % agua pulpas de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para % Agua según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Pulpas 19-1 y 27-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa 19-1	10	80,1266	A
Pulpa 27-1	10	82,9128	B
Pieles 19-1 y 27-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Piel 19-1	10	65,3864	A
Piel 27-1	10	67,3930	A
Pepas 19-1 y 27-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa 19-1	10	26,0882	A
Pepa 27-1	10	27,8512	A

ANEXO 9: Análisis estadístico del valor de onset de las muestras de murta.

- **Comparación entre pulpas, pieles y pepas de murta 19-1 y 27-1 durante el proceso de congelación.**

CUADRO 9.1: Contraste de varianza Onset pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Contraste de Varianza	
Murta 19-1	
Contraste C de Cochran	0,565057
P-valor	0,350026
Murta 27-1	
Contraste C de Cochran	0,563323
P-valor	0,466215

El valor P fue mayor a 0,05 por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras (CUADRO 9.1).

El análisis de varianza mostró que no existe diferencia significativa entre las secciones del fruto con un 95% de confianza (CUADRO 9.2).

CUADRO 9.2: Análisis de varianza Onset pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Análisis de la Varianza					
Murta 19-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	31,1451	2	15,5725	3,84	0,0514
Intra grupos	48,6709	12	4,05591		
Total (Corr.)	79,816	14			
Murta 27-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	1,53925	2	0,769627	0,43	0,6616
Intra grupos	21,5942	12	1,79952		
Total (Corr.)	23,1335	14			

En el análisis de contraste múltiple en la murta 19-1 mostró la existencia de 2 grupos homogéneos en los cuales no existe diferencia significativa con un 95% de confianza entre las muestras de pepa – piel y las muestras de piel – pulpa. En el caso de la murta 27-1 solo se observó un grupo homogéneo (CUADRO 9.3).

CUADRO 9.3: Contraste Múltiple Onset pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para Onset según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Murta 27-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa	5	-12,600	A
Piel	5	-12,040	AB
Pepa	5	-9,302	B
Murta 27-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa	5	-10,740	A
Pulpa	5	-10,376	A
Piel	5	-9,956	A

- **Comparación entre pulpas, pieles y pepas de murta 19-1 y 27-1 durante el proceso de descongelación.**

CUADRO 9.4: Contraste de varianza Onset pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Contraste de Varianza	
Murta 19-1	
Contraste C de Cochran	0,930181
P-valor	0,0003365
Murta 27-1	
Contraste C de Cochran	0,864264
P-valor	0,0045389

El contraste de varianza arrojó un valor de P inferior a 0,05, lo cual invalida la mayoría de los análisis estándar, pero se debe recordar que se están evaluando 3 secciones completamente diferentes (CUADRO 9.4).

El análisis de varianza presentó que existe diferencia significativa con un 95% de confianza entre las secciones de la murta (CUADRO 9.5).

CUADRO 9.5: Análisis de varianza Onset pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Análisis de la Varianza					
Murta 19-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	118,297	2	59,1485	22,06	0,0001
Intra grupos	32,1721	12	2,68101		
Total (Corr.)	150,469	14			
Murta 27-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	18,8468	2	9,42338	4,35	0,038
Intra grupos	25,9952	12	2,16627		
Total (Corr.)	44,842	14			

El contraste múltiple para la murta 19-1 no mostró ningún grupo homogéneo (CUADRO 9.6). En la murta 27-1 Pese a haber diferencia significativa entre las muestras el contraste múltiple mostró que existen 2 grupos homogéneos, esto debido al leve solapamiento mostrado en el gráfico de Tukey (FIGURA 31)

CUADRO 9.6: Contraste Múltiple Onset pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para Onset según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Murta 19-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Piel	5	-9,458	A
Pulpa	5	-5,506	B
Pepa	5	-2,606	C
Murta 27-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Piel	5	-6,34	A
Pulpa	5	-5,192	AB
Pepa	5	-3,606	B

- **Comparación entre el proceso de congelación y descongelación para la murta 19-1.**

CUADRO 9.7: Contraste de varianza Onset pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 19-1.

Contraste de Varianza	
Pulpas	
Contraste C de Cochran	0,621444
P-valor	0,642832
Pieles	
Contraste C de Cochran	0,521106
P-valor	0,936721
Pepas	
Contraste C de Cochran	0,960953
P-valor	0,0089101

El valor P fue mayor a 0,05 por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras (CUADRO 9.7).

El análisis de varianza indicó que existe diferencia significativa entre ambos procesos con un 95% de confianza para las pulpas y las pepas, no así en el caso de las pieles (CUADRO 9.8).

CUADRO 9.8: Análisis de varianza Onset pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 19-1.

Análisis de la Varianza					
Pulpas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	125,812	1	125,81	256,56	0
Intra grupos	3,92312	8	0,49039		
Total (Corr.)	129,735	9			
Pieles					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	16,6668	1	16,6668	2,32	0,1661
Intra grupos	57,4277	8	7,17846		
Total (Corr.)	74,0945	9			
Pepas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	112,091	1	112,091	46	0,0001
Intra grupos	19,4922	8	2,43652		
Total (Corr.)	131,583	9			

Como era de esperar el contraste múltiple no presentó ningún grupo homogéneo para laS pulpas y las pepas. Si se encontró un grupo homogéneo en el caso de las pieles (CUADRO 9.9).

CUADRO 9.9: Contraste Múltiple Onset pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 19-1.

Contraste Múltiple de Rango para Onset según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
		Pulpas	
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa 19-1Cong	5	-12,600	A
Pulpa 19-1Desc	5	-5,506	B
		Pieles	
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Piel 19-1Cong	5	-12,040	A
Piel 19-1Desc	5	-9,458	A
		Pepas	
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa 19-1Cong	5	-9,302	A
Pepa 19-1Desc	5	-2,606	B

- **Comparación entre el proceso de congelación y descongelación para la murta 27-1.**

CUADRO 9.10: Contraste de varianza Onset pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 27-1.

Contraste de Varianza	
Pulpas	
Contraste C de Cochran	0,755743
P-valor	0,299676
Pieles	
Contraste C de Cochran	0,653647
P-valor	0,553568
Pepas	
Contraste C de Cochran	0,546509
P-valor	0,860876

El valor P fue mayor a 0,05 por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico 9e las muestras (CUADRO 8.10).

El análisis de varianza mostró que existe diferencia significativa entre las muestras evaluadas (CUADRO 9.11).

CUADRO 9.11: Análisis de varianza Onset pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 27-1.

Análisis de la Varianza					
Pulpas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	67,1846	1	67,1846	311,18	0
Intra grupos	1,7272	8	0,2159		
Total (Corr.)	68,9118	9			
Pieles					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	32,6886	1	32,6886	55,02	0,0001
Intra grupos	4,75272	8	0,59409		
Total (Corr.)	37,4414	9			
Pepas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	127,235	1	127,235	24,76	0,0011
Intra grupos	41,1095	8	5,13869		
Total (Corr.)	168,344	9			

Como era de esperar el contraste múltiple no presentó grupos homogéneos (CUADRO 9.12).

CUADRO 9.12: Contraste Múltiple Onset pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para Onset según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Pulpas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa 27-1Cong	5	-10,376	A
Pulpa 27-1Desc	5	-5,1920	B
Pieles			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Piel 27-1Cong	5	-9,956	A
Piel 27-1Desc	5	-6,340	B
Pepas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa 27-1Cong	5	-10,74	A
Pepa 27-1Desc	5	-3,606	B

- **Comparación murta 19-1 y 27-1 proceso congelación**

CUADRO 9.13: Contraste de varianza Onset pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste de Varianza	
Pulpas	
Contraste C de Cochran	0,651294
P-valor	0,559972
Pieles	
Contraste C de Cochran	0,943525
P-valor	0,184159
Pepas	
Contraste C de Cochran	0,501181
P-valor	0,996457

El valor P fue mayor a 0,05 por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras (CUADRO 9.13).

El análisis de varianza mostró que existe diferencia significativa con un 0,05% de confianza para las pulpas entre ambos ecotipos, no así para las pieles y las pepas (CUADRO 9.14).

CUADRO 9.14: Análisis de varianza Onset pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Análisis de la Varianza					
Pulpas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	12,3654	1	12,3654	26,43	0,0009
Intra grupos	3,74332	8	0,467915		
Total (Corr.)	16,1088	9			
Pieles					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	10,8576	1	10,8576	2,98	0,1226
Intra grupos	29,1479	8	3,64349		
Total (Corr.)	40,0056	9			
Pepas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	5,16961	1	5,16961	1,11	0,3236
Intra grupos	37,3739	8	4,67174		
Total (Corr.)	42,5435	9			

El contraste múltiple no represento ningún grupo homogéneo, en el caso de las pulpas. Si se observó un grupo homogéneo para las pieles y las pepas (CUADRO 9.15).

CUADRO 9.15: Contraste Múltiple Onset pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para Onset según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Pulpas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa 19-1	5	-12,600	A
Pulpa 27-1	5	-10,376	B
Pieles			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Piel 19-1	5	-12,040	A
Piel 27-1	5	-9,956	A
Pepas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa 19-1	5	-10,740	A
Pepa 27-1	5	-9,302	A

- **Comparación murta 19-1 y 27-1 proceso descongelación.**

CUADRO 9.16: Contraste de varianza Onset pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste de Varianza	
Pulpas	
Contraste C de Cochran	0,778773
P-valor	0,25034
Pieles	
Contraste C de Cochran	0,905953
P-valor	0,0597415
Pepas	
Contraste C de Cochran	0,967232
P-valor	0,0630155

El valor P fue mayor a 0,05 por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras (CUADRO 9.16).

El análisis de varianza mostró que no existe diferencia significativa entre ambos ecotipos con un 95% de confianza para las pulpas (CUADRO 9.17). Las pepas y las pieles presentaron en el resumen estadístico un fuera de rango en la curtosis tipificada, por lo tanto se evalúa el contraste de Kruskal – Wallis, en el cual se expresa que si existe diferencia significativa para las pieles y no así para las pepas. (CUADRO 9.18).

CUADRO 9.17: Análisis de varianza Onset pulpas de murtas 19-1 y 27-1.

Análisis de la Varianza					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,24649	1	0,24649	1,03	0,339
Intra grupos	1,907	8	0,238375		
Total (Corr.)	2,15349	9			

CUADRO 9.18: Contraste Kruskal - Wallis Onset pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste de Kruskal-Wallis para Onset según Muestra		
Pieles		
Muestra	**Tamaño muestral**	**Rango Promedio**
Pepa 19-1	5	3,2
Pepa 27-1	5	7,8
Estadístico	5,77091	
P-Valor	0,0162911	
Pepas		
Muestra	**Tamaño muestral**	**Rango Promedio**
Pepa 19-1	5	5,7
Pepa 27-1	5	5,3
Estadístico	0,0439024	
P-Valor	0,8340350	

El contraste múltiple por su parte mostró solamente un grupo homogéneo para las pulpas y las pepas, no así para las pieles (CUADRO 9.19).

CUADRO 9.19: Contraste Múltiple Onset pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para Onset según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Pulpas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa 19-1	5	-5,506	A
Pulpa 27-1	5	-5,192	A
Pieles			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Piel 19-1	5	-9,458	A
Piel 27-1	5	-6,34	B
Pepas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa 19-1	5	-3,606	A
Pepa 27-1	5	-2,606	A

ANEXO 10: Análisis estadístico de energía latente de las muestras de murta.

- **Comparación entre pulpas, pieles y pepas de murta 19-1 y 27-1 durante el proceso de congelación.**

CUADRO 10.1: Contraste de varianza Energía pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Contraste de Varianza	
Murta 19-1	
Contraste C de Cochran	0,9348980
P-valor	0,0002554
Murta 27-1	
Contraste C de Cochran	0,577034
P-valor	0,317635

El valor P fue menor a 0,05 para la murta 19-1 que era lo esperado, ya que los datos corresponden a tres secciones de la murta diferentes, y más que nada se realizó para corroborar y mostrar gráficamente dicha diferencia (CUADRO 10.1).

El análisis de varianza mostró que si existe una diferencia significativa con un 95% de confianza entre las muestras de pulpa, piel y pepa (CUADRO 10.2).

CUADRO 10.2: Análisis de varianza Energía pulpa, piel y pepa de murta 19-1 Y 27-1.

Análisis de la Varianza					
Murta 19-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	82508,1	2	41254,1	72,22	0
Intra grupos	6854,27	12	571,189		
Total (Corr.)	89362,4	14			
Murta 27-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	92679,4	2	46339,7	394,59	0
Intra grupos	1409,23	12	117,436		
Total (Corr.)	94088,6	14			

Como era de esperar no existe ningún grupo homogéneo en ambos ecotipos (CUADRO 10.3).

CUADRO 10.3: Contraste Múltiple Energía pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para Energía según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Murta 19-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa	5	16,844	A
Piel	5	108,948	B
Pulpa	5	198,506	C
Murta 27-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa	5	14,152	A
Piel	5	150,352	B
Pulpa	5	200,112	C

- **Comparación entre pulpas, pieles y pepas de murta 19-1 y 27-1 durante el proceso de descongelación.**

CUADRO 10.4: Contraste de varianza Energía pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Contraste de Varianza	
Murta 19-1	
Contraste C de Cochran	0,886051
P-valor	0,0022984
Murta 27-1	
Contraste C de Cochran	0,443448
P-valor	0,798394

El valor P fue menor a 0,05 en el caso de la murta 19-1, que era lo esperado (CUADRO 10.4), ya que los datos corresponden a tres secciones de la murta diferentes. La murta 27-1 se encuentra sobre el límite, esto quizás por la cercanía de los valores de pieles y pulpas.

El análisis de varianza mostró que si existe una diferencia significativa con un 95% de confianza entre las muestras de pulpa, piel y pepa para la murta 19-1 y 27-1 (CUADRO 10.5).

CUADRO 10.5: Análisis de varianza Energía pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Análisis de la Varianza					
Murta 19-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	74506,3	2	37253,2	67,8	0
Intra grupos	6593,14	12	549,428		
Total (Corr.)	81099,5	14			
Murta 27-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	84352,8	2	42176,4	317,92	0
Intra grupos	1591,98	12	132,665		
Total (Corr.)	85944,8	14			

Como era de esperar no existe ningún grupo homogéneo en ambos ecotipos (CUADRO 10.6).

CUADRO 10.6: Contraste Múltiple Energía pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para Energía según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Murta 19-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa	5	-192,984	A
Piel	5	-110,366	B
Pepa	5	-20,402	C
Murta 27-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa	5	-194,370	A
Piel	5	-143,744	B
Pepa	5	-16,140	C

- **Comparación entre el proceso de congelación y descongelación para la murta 19-1.**

Para efectos de este análisis comparativo se suprimió el signo negativo de las muestras de la etapa de descongelación, ya que sólo indica el tipo de proceso térmico a la cual se sometió la muestra y poder así comparar con el valor obtenido en la etapa de congelación.

CUADRO 10.7: Contraste de varianza Energía pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 19-1.

Contraste de Varianza	
Pulpas	
Contraste C de Cochran	0,653175
P-valor	0,554852
Pieles	
Contraste C de Cochran	0,52311
P-valor	0,93072
Pepas	
Contraste C de Cochran	0,554098
P-valor	0,838339

El contraste de varianza (CUADRO 10.7) obtuvo valores de P sobre 0,05, por lo tanto, se puede realizar un análisis estadístico con las muestras.

El análisis de varianza mostró que no existe diferencia significativa con un 95% de confianza entre un proceso y otro en pulpas, pieles y pepas (CUADRO 10.8).

CUADRO 10.8: Análisis de varianza Energía pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 19-1.

Análisis de la Varianza					
Pulpas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	76,2312	1	76,2312	0,69	0,4307
Intra grupos	885,61	8	110,702		
Total (Corr.)	961,85	9			
Pieles					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	5,02681	1	5,02681	0	0,9557
Intra grupos	12249,9	8	1531,24		
Total (Corr.)	12254,9	9			
Pepas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	31,6484	1	31,6484	0,81	0,3939
Intra grupos	311,891	8	38,9864		
Total (Corr.)	343,54	9			

En el contraste múltiple solamente se presentó un grupo homogéneo en todas las secciones (CUADRO 10.9).

CUADRO 10.9: Contraste Múltiple Energía pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 19-1.

Contraste Múltiple de Rango para % Agua según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Pulpas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa 19-1 Desc	5	192,984	A
Pulpa 19-1 Cong	5	198,506	A
Pieles			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Piel 19-1 Desc	5	108,948	A
Piel 19-1 Cong	5	110,366	A
Pepas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa 19-1 Desc	5	16,844	A
Pepa 19-1 Cong	5	20,402	A

- **Comparación entre el proceso de congelación y descongelación para la murta 27-1.**

CUADRO 10.10: Contraste de varianza Energía pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 27-1.

Contraste de Varianza	
Pulpas	
Contraste C de Cochran	0,604802
P-valor	0,690199
Pieles	
Contraste C de Cochran	0,535288
P-valor	0,894310
Pepas	
Contraste C de Cochran	0,575782
P-valor	0,774396

El valor P fue mayor a 0,05 por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras (CUADRO 10.10).

El análisis de varianza mostró que no existe diferencia significativa con un 95% de confianza entre ambos procesos (CUADRO 10.11).

CUADRO 10.11: Análisis de varianza Energía pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 27-1.

Análisis de la Varianza					
Pulpas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	82,4264	1	82,4264	0,59	0,466
Intra grupos	1125,61	8	140,701		
Total (Corr.)	1208,03	9			
Pieles					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	109,164	1	109,164	0,57	0,4701
Intra grupos	1519,13	8	189,892		
Total (Corr.)	1628,30	9			
Pepas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	9,88036	1	9,88036	0,22	0,6503
Intra grupos	356,470	8	44,5588		
Total (Corr.)	366,351	9			

El contraste múltiple solamente mostró un grupo homogéneo para las tres secciones (CUADRO 10.12).

CUADRO 10.12: Contraste Múltiple Energía pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para Energía según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Pulpas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa 27-1 Desc	5	194,37	A
Pulpa 27-1 Cong	5	200,112	A
Pieles			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Piel 27-1 Desc	5	143,744	A
Piel 27-1 Cong	5	150,352	A
Pepas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa 27-1 Desc	5	14,152	A
Pepa 27-1 Cong	5	16,140	A

- **Comparación murta 19-1 y 27-1 proceso congelación.**

CUADRO 10.13: Contraste de varianza Energía pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste de Varianza	
Pulpas	
Contraste C de Cochran	0,591545
P-valor	0,728434
Pieles	
Contraste C de Cochran	0,887391
P-valor	0,0703731
Pepas	
Contraste C de Cochran	0,520924
P-valor	0,937264

El valor P fue mayor a 0,05 por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras (CUADRO 10.13).

El análisis de varianza indicó que no existe diferencia significativa con un 95% de confianza entre los ecotipos 19-1 y 27-1 al comparar las pulpas y las pepas (CUADRO 10.14).

CUADRO 10.14: Análisis de varianza Energía pulpas y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Análisis de la Varianza					
Pulpas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	6,44809	1	6,44809	0,07	0,8
Intra grupos	751,993	8	93,9991		
Total (Corr.)	758,441	9			
Pepas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	18,1172	1	18,1172	0,5	0,4999
Intra grupos	290,294	8	36,2868		
Total (Corr.)	308,411	9			

CUADRO 10.15: Contraste de Kruskal-Wallis Energía pieles de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste de Kruskal-Wallis para Energía según Muestra		
Muestra	**Tamaño muestral**	**Rango Promedio**
Piel 19-1	5	3,2
Piel 27-1	5	7,8
Estadístico	5,77091	
P-Valor	0,0162911	

El valor P fue menor a 0,05, por lo tanto existe diferencia significativa entre las muestras con un 95% de confianza. En estos casos se debe observar el gráfico de Cajas y Bigotes (FIGURA 39), en el cual se observa que una muestra se aleja bastante de las demás, que es la muestra 5 de la murta 19-1, lo que tiene como consecuencia que se produzca la diferencia observada.

El contraste múltiple, como era de esperar, manifestó la existencia de un solo grupo homogéneo en el caso de las pulpas y las pepas, no así fue el caso de las pieles las cuales no presentaron ningún grupo homogéneo (CUADRO 10.16).

CUADRO 10.16: Contraste Múltiple Energía pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para Energía según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Pulpas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa 19-1	5	198,506	A
Pulpa 27-1	5	200,112	A
Pieles			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Piel 19-1	5	108,948	A
Piel 27-1	5	150,352	B
Pepas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa 19-1	5	14,152	A
Pepa 27-1	5	16,844	A

- **Comparación murta 19-1 y 27-1 proceso descongelación.**

CUADRO 10.17: Contraste de varianza Energía pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste de Varianza	
Pulpas	
Contraste C de Cochran	0,540622
P-valor	0,878403
Pepas	
Contraste C de Cochran	0,8921840
P-valor	0,0647326
Pieles	
Contraste C de Cochran	0,542890
P-valor	0,871644

El valor P fue mayor a 0,05 por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras (CUADRO 10.17).

El análisis de varianza indicó que no existe diferencia significativa con un 95% de confianza entre los ecotipos 19-1 y 27-1 al evaluar las pulpas y las pepas (CUADRO 10.18).

CUADRO 10.18: Análisis de varianza Energía pulpas y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Análisis de la Varianza					
Pulpas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	4,80249	1	4,80249	0,03	0,8657
Intra grupos	1259,23	8	157,404		
Total (Corr.)	1264,03	9			
Pepas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	45,4116	1	45,4116	0,96	0,3557
Intra grupos	378,067	8	47,2584		
Total (Corr.)	423,479	9			

CUADRO 10.19: Contraste de Kruskal-Wallis Energía pieles de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste de Kruskal-Wallis para Energía según Muestra		
Muestra	**Tamaño muestral**	**Rango Promedio**
Piel 19-1	5	7,4
Piel 27-1	5	3,6
Estadístico	3,93818	
P-Valor	0,0471983	

El valor P fue menor a 0,05, por lo tanto existe diferencia significativa entre las muestras con un 95% de confianza. En estos casos se debe observar el gráfico de Cajas y Bigotes (FIGURA 40), en el cual se observa que una muestra se aleja bastante de las demás, que es la muestra 5 de la murta 19-1, lo que tiene como consecuencia que se produzca la diferencia.

El contraste múltiple, como era de esperar, manifestó la existencia de un solo grupo homogéneo para las pulpas y las pepas, no así para las pieles (CUADRO 10.20).

CUADRO 10.20: Contraste Múltiple Energía pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para Energía según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Pulpas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa 27-1	5	-194,37	A
Pulpa 19-1	5	-192,984	A
Pieles			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Piel 27-1	5	-143,744	A
Piel 19-1	5	-110,366	B
Pepas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa 27-1	5	-20,402	A
Pepa 19-1	5	-16,14	A

ANEXO 11: Análisis estadístico de fracción de agua y porcentaje de agua no congelada de las muestras de murta.

- **Comparación entre pulpas, pieles y pepas de murta 19-1 y 27-1 durante el proceso de congelación.**

CUADRO11.1: Contraste de varianza FANC pulpa, piel y pepa de murta 19-1 Y 27-1.

Contraste de Varianza	
Murta 19-1	
Contraste C de Cochran	0,811889
P-valor	0,0159559
Murta 27-1	
Contraste C de Cochran	0,618302
P-valor	0,221172

El valor P en el caso de la murta 19-1 fue menor a 0,05 que era lo esperado, ya que los datos corresponden a tres secciones de la murta diferentes, y más que nada se realizó para corroborar y mostrar gráficamente dicha diferencia, caso contrario ocurrió con la murta 27-1 esto debido a la cercanía de los valores que existe entre la piel y la pulpa. (CUADRO 11.1).

El análisis de varianza (CUADRO 11.2) mostró que si existe una diferencia significativa con un 95% de confianza entre las muestras de pulpa, piel y pepa de acuerdo a la fracción de agua no congelada en ambos ecotipos.

CUADRO 11.2: Análisis de varianza FANC pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Análisis de la Varianza					
Murta 19-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,773053	2	0,386527	43,63	0
Intra grupos	0,10632	12	0,00886		
Total (Corr.)	0,879373	14			
Murta 27-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,97065	2	0,485327	87,66	0
Intra grupos	0,06644	12	0,00553667		
Total (Corr.)	1,03709	14			

Como era de esperar no existe ningún grupo homogéneo en la murta 19-1, en el caso de la murta 27-1 si se observó un grupo homogéneo entre la pulpa y la piel (CUADRO 11.3).

CUADRO 11.3: Contraste Múltiple FANC pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para FANC según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Murta 19-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa	5	0,256	A
Piel	5	0,526	B
Pepa	5	0,812	C
Murta 27-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa	5	0,278	A
Piel	5	0,308	A
Pepa	5	0,832	B

- **Comparación entre pulpas, pieles y pepas de murta 19-1 y 27-1 durante el proceso de descongelación.**

CUADRO 11.4: Contraste de varianza FANC pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Contraste de Varianza	
Murta 19-1	
Contraste C de Cochran	0,7002700
P-valor	0,0920338
Murta 27-1	
Contraste C de Cochran	0,676214
P-valor	0,122159

El valor P fue mayor (CUADRO 11.4) a 0,05 por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras.

El análisis de varianza (CUADRO 11.5) presentó que existe diferencia significativa entre las secciones con un 95% de confianza en ambos ecotipos.

CUADRO 11.5: Análisis de varianza FANC pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Análisis de la Varianza					
Murta 19-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,580813	2	0,290407	33,65	0
Intra grupos	0,103560	12	0,00863		
Total (Corr.)	0,684373	14			
Murta 27-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,794973	2	0,397487	57,89	0
Intra grupos	0,082400	12	0,00686667		
Total (Corr.)	0,877373	14			

El contraste múltiple no presentó ningún grupo homogéneo para la murta 19-1, caso contrario fue lo observado para la murta 27-1 en el cual si se observo un grupo homogéneo entre la piel y la pulpa (CUADRO 11.6).

CUADRO 11.6: Contraste Múltiple FANC pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para FANC según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Murta 19-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa	5	0,284	A
Piel	5	0,524	B
Pepa	5	0,766	C
Murta 27-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa	5	0,298	A
Piel	5	0,34	A
Pepa	5	0,806	B

- **Comparación entre el proceso de congelación y descongelación para la murta 19-1.**

CUADRO 11.7: Contraste de varianza FANC pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 19-1.

Contraste de Varianza	
Pulpas	
Contraste C de Cochran	0,629108
P-valor	0,621284
Pieles	
Contraste C de Cochran	0,54344
P-valor	0,870008
Pepas	
Contraste C de Cochran	0,597647
P-valor	0,710783

El valor P fue mayor a 0,05 (CUADRO 11.7) por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras.

El análisis de varianza indicó (CUADRO 11.8) que no existe diferencia significativa entre ambos procesos con un 95% de confianza para todas las secciones evaluadas.

CUADRO 11.8: Análisis de varianza FANC pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 19-1

Análisis de la Varianza					
Pulpas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,00196	1	0,00196	0,92	0,3655
Intra grupos	0,01704	8	0,00213		
Total (Corr.)	0,019	9			
Pieles					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,00001	1	0,00001	0	0,9826
Intra grupos	0,15884	8	0,019855		
Total (Corr.)	0,15885	9			
Pepas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,00529	1	0,00529	1,24	0,297
Intra grupos	0,034	8	0,00425		
Total (Corr.)	0,03929	9			

El contraste múltiple presentó un grupo homogéneo en las tres secciones (CUADRO 11.9).

CUADRO 11.9: Contraste Múltiple FANC pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 19-1.

Contraste Múltiple de Rango para FANC según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Pulpas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa 19-1 Cong	5	0,256	A
Pulpa 19-1 Desc	5	0,284	A
Pieles			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Piel 19-1 Cong	5	0,524	A
Piel 19-1 Desc	5	0,526	A
Pepas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa 19-1 Cong	5	0,766	A
Pepa 19-1 Desc	5	0,812	A

- **Comparación entre el proceso de congelación y descongelación para la murta 27-1.**

CUADRO 11.10: Contraste de varianza FANC pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 27-1.

Contraste de Varianza	
Pulpas	
Contraste C de Cochran	0,645503
P-valor	0,575814
Pieles	
Contraste C de Cochran	0,509892
P-valor	0,970328
Pepas	
Contraste C de Cochran	0,57562
P-valor	0,77487

El valor P fue mayor a 0,05 (CUADRO 11.10) por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras.

El análisis de varianza (CUADRO 11.11) indicó que no existe diferencia significativa entre ambos procesos con un 95% de confianza en las tres secciones.

CUADRO 11.11: Análisis de varianza FANC pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 27-1.

Análisis de la Varianza					
Pulpas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,00100	1	0,001	1,06	0,3337
Intra grupos	0,00756	8	0,000945		
Total (Corr.)	0,00856	9			
Pieles					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,00256	1	0,00256	0,46	0,5166
Intra grupos	0,04448	8	0,00556		
Total (Corr.)	0,04704	9			
Pepas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,00169	1	0,00169	0,14	0,7183
Intra grupos	0,09680	8	0,0121		
Total (Corr.)	0,09849	9			

El contraste múltiple presentó un grupo homogéneo en cada sección evaluada (CUADRO 11.12).

CUADRO 11.12: Contraste Múltiple FANC pulpas, pieles y pepas congelación y descongelación de murta 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para FANC según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Pulpas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa 27-1 Cong	5	0,278	A
Pulpa 27-1 Desc	5	0,298	A
Pieles			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Piel 27-1 Cong	5	0,308	A
Piel 27-1 Desc	5	0,340	A
Pieles			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa 27-1 Cong	5	0,806	A
Pepa 27-1 Desc	5	0,832	A

- **Comparación murta 19-1 y 27-1 proceso congelación.**

CUADRO 11.13: Contraste de varianza Energía pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste de Varianza	
Pulpas	
Contraste C de Cochran	0,702222
P-valor	0,426412
Pieles	
Contraste C de Cochran	0,791927
P-valor	0,223733
Pepas	
Contraste C de Cochran	0,750183
P-valor	0,312089

El valor P fue mayor a 0,05 por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras (CUADRO 11.13).

El análisis de varianza indicó que no existe diferencia significativa con un 95% de confianza entre ambos ecotipos, en pulpas y pepas, no así fue el caso de las pieles (CUADRO 11.14).

CUADRO 11.14: Análisis de varianza FANC pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Análisis de la Varianza					
Pulpas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,00121	1	0,001210	1,08	0,33
Intra grupos	0,00900	8	0,001125		
Total (Corr.)	0,01021	9			
Pieles					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,11881	1	0,118810	8,72	0,0183
Intra grupos	0,10900	8	0,013625		
Total (Corr.)	0,22781	9			
Pepas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,00100	1	0,001000	0,15	0,7123
Intra grupos	0,05476	8	0,006845		
Total (Corr.)	0,05576	9			

El contraste múltiple indicó la existencia de un grupo homogéneo para las pulpas y las pepas, no así fue el caso de las pieles (CUADRO 11.15).

CUADRO 11.15: Contraste Múltiple FANC pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para FANC según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Pulpas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa 19-1	5	0,256	A
Pulpa 27-1	5	0,278	A
Pieles			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Piel 19-1	5	0,308	A
Piel 27-1	5	0,526	B
Pepas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa 19-1	5	0,812	A
Pepa 27-1	5	0,832	A

- **Comparación murta 19-1 y 27-1 proceso descongelación.**

CUADRO 11.16: Contraste de varianza FANC pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Contraste de Varianza	
Pulpas	
Contraste C de Cochran	0,687179
P-valor	0,464694
Pieles	
Contraste C de Cochran	0,768872
P-valor	0,271133
Pepas	
Contraste C de Cochran	0,732772
P-valor	0,352132

El valor P fue mayor a 0,05 (CUADRO 11.16) por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras.

El análisis de varianza (CUADRO 11.17) indicó que no existe diferencia significativa con un 95% de confianza entre ambos ecotipos al comparar las pulpas y las pepas, no así fue el caso de las pieles.

CUADRO 11.17: Análisis de varianza FANC pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1.

Análisis de la Varianza					
Pulpas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,00049	1	0,00049	0,25	0,6297
Intra grupos	0,01560	8	0,00195		
Total (Corr.)	0,01609	9			
Pieles					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,08464	1	0,08464	7,18	0,028
Intra grupos	0,09432	8	0,01179		
Total (Corr.)	0,17896	9			
Pepas					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	0,00400	1	0,004	0,42	0,5347
Intra grupos	0,07604	8	0,009505		
Total (Corr.)	0,08004	9			

El contraste múltiple identifico un grupo homogéneo tomando en cuenta las secciones de la pulpa y la pepa, en la piel no se registraron grupos homogéneos (CUADRO 11.18).

CUADRO 11.18: Contraste Múltiple FANC pulpas, pieles y pepas de murtas 19-1 y 27-1

Contraste Múltiple de Rango para FANC según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Pulpas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa 19-1	5	0,284	A
Pulpa 27-1	5	0,298	A
Pieles			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Piel 19-1	5	0,34	A
Piel 27-1	5	0,524	B
Pepas			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa 19-1	5	0,766	A
Pepa 27-1	5	0,806	A

- **Comparación de secciones de acuerdo al % de agua no congelada Proceso congelación murta 19-1 y 27.1.**

CUADRO 11.19: Contraste de varianza %ANC pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Contraste de Varianza	
Murta 19-1	
Contraste C de Cochran	0,602490
P-valor	0,255424
Murta 27-1	
Contraste C de Cochran	0,481560
P-valor	0,634167

El valor P fue mayor a 0,05 (CUADRO 11.19) por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras.

El análisis de varianza (CUADRO 11.20) mostró que en la murta 19-1 existe diferencia significativa entre las secciones con un 95% de confianza, caso contrario ocurre con las muestras de la murta 27-1.

CUADRO 11.20: Análisis de varianza %ANC pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Análisis de la Varianza					
Murta 19-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	644,59	2	322,295	18,89	0,0002
Intra grupos	204,71	12	17,0591		
Total (Corr.)	849,299	14			
Murta 27-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	21,916	2	10,9580	0,33	0,7265
Intra grupos	400,725	12	33,3938		
Total (Corr.)	422,641	14			

El contraste múltiple (CUADRO 11.21) expresó para la murta 19-1 la existencia de 2 grupos homogéneos, donde no existe diferencia significativa entre las muestras de pulpa y pepa. Para la murta 27-1 existe sólo un grupo homogéneo.

CUADRO 11.21: Contraste Múltiple %ANC pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para FANC según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Murta 19-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pulpa	5	20,7085	A
Pepa	5	21,0269	A
Piel	5	34,771	B
Murta 27-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Piel	5	20,3705	A
Pepa	5	22,8675	A
Pulpa	5	22,9968	A

- **Comparación de secciones de acuerdo al % de agua no congelada Proceso descongelación murta 19-1 y 27.1.**

CUADRO 11.22: Contraste de varianza %ANC pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Contraste de Varianza	
Murta 19-1	
Contraste C de Cochran	0,425750
P-valor	0,881801
Murta 27-1	
Contraste C de Cochran	0,485630
P-valor	0,617911

El valor P fue mayor a 0,05 (CUADRO 11.22) por lo tanto si se puede realizar un análisis estadístico de las muestras.

El análisis de varianza (CUADRO 11.23) mostró que existe diferencia significativa entre las secciones con un 95% de confianza en el caso de la murta 19-1. La murta 27-1 por su parte no mostró diferencia significativa con un 95% de confianza.

CUADRO 11.23: Análisis de varianza %ANC pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Análisis de la Varianza					
Murta 19-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	590,053	2	295,027	17,45	0,0003
Intra grupos	202,907	12	16,9089		
Total (Corr.)	792,96	14			
Murta 27-1					
Fuente	**Sumas de cuad.**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Cociente-F**	**P-Valor**
Entre grupos	19,4232	2	9,71161	0,27	0,7684
Intra grupos	432,788	12	36,0656		
Total (Corr.)	452,211	14			

En la murta 19-1 el contraste múltiple (CUADRO 11.24) expresó la existencia de 2 grupos homogéneos, donde se expresa que no existe diferencia significativa entre las muestras de pulpa y pepa. En la murta 27-1 se presenta un grupo homogéneo ratificando que no existen diferencias significativas con un 95% de confianza entre sus secciones.

CUADRO 11.24: Contraste Múltiple %ANC pulpa, piel y pepa de murta 19-1 y 27-1.

Contraste Múltiple de Rango para FANC según Muestra			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
Murta 19-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa	5	19,9449	A
Pulpa	5	22,6985	A
Piel	5	34,411	B
Murta 27-1			
Muestra	**Frec.**	**Media**	**Grupos homogéneos**
Pepa	5	22,2655	A
Piel	5	22,2655	A
Pulpa	5	24,7208	A