



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas
Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química
Carrera Ingeniería en Alimentos

**"Cambios en las propiedades Reológicas y en el
rendimiento de extracción de materia grasa de la palta
Hass (*Persea Americana* Mill) durante su maduración en
condiciones de refrigeración y ambiente"**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO EN ALIMENTOS

POR

RODOLFO ANTONIO GÁRATE HERNÁNDEZ

PROFESOR PATROCINANTE

Msc. Jaime Ortiz Viedma
Depto. Ciencia de los Alimentos
y Tecnología Química

PROFESORES DIRECTORES

Msc. Jaime Ortiz Viedma
Depto. Ciencia de los Alimentos
y Tecnología Química

Dr. Roberto Lemus Mondaca
Dpto. de Ingeniería en Alimentos
Universidad la Serena

SANTIAGO-CHILE
2014

DEDICATORIA

A mis Padres, Hermanos, Abuelos y Amigos más cercanos.

AGRADECIMIENTOS

Escribir los agradecimientos de una memoria significa haber concluido un intenso trabajo realizado en colaboración de muchas personas tanto en el ámbito académico como en el personal. Quisiera que estas palabras no fueran consideradas como una simple formalidad para cubrir un requisito impuesto por la costumbre, sino un sentimiento profundo de reconocimiento a todas aquellas personas que me han ayudado y han podido hacer realidad esta memoria, y en especial a:

Mg. Ing. Jaime Ortiz Viedma, por su asesoría, dirección y criterio.

Dr. Luis Puente Díaz, por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la realización de este trabajo.

Mg. Ing. Alicia Verónica De Lourdes Rodríguez Melis, por su generosidad, amabilidad y hospitalidad

Dr. Roberto Lemus Mondaca Por su ayuda y oportunidades.

A todas las personas que de un modo u otro han hecho posible que este arduo trabajo haya tenido sus frutos, y una especial mención a mi Papá Rodolfo Gárate Espinoza, a mi madre Patricia Hernández Venegas, hermanos Diego Gárate Hernández y Felipe Gárate Hernández y mis abuelos por estar siempre a mi lado.

A mis padres, hermanos, abuelos y amigos más cercanos a quienes les dedico esta memoria, mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
NOMENCLATURA.....	XI
RESUMEN	XIII
SUMMARY.....	XIV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES GENERALES.....	2
2.1. PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LOS MATERIALES.....	2
2.2. ANTECEDENTES ECONÓMICOS DE LA PALTA.....	3
2.3. DESCRIPCIÓN DEL FRUTO.....	4
2.4. FISIOLÓGÍA POST COSECHA	4
2.5. MODELOS REOLÓGICOS DE FLUIDOS NO NEWTONIANOS REOLOGÍA ESTACIONARIA.....	5
2.5.1. <i>Fluidos no newtonianos</i>	5
2.5.2. <i>Fluidos Pseudoplásticos</i>	6
2.5.3. <i>Fluidos plásticos</i>	7
2.6. TIXOTROPÍA MOLECULAR.....	8
2.7. REOLOGÍA OSCILATORIA.....	9
2.8. REOLOGÍA DE LA PALTA EN LA POST COSECHA	10
2.9. HIPÓTESIS.....	10
3. OBJETIVOS.....	11
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12

4.1.1. MATERIALES DE LABORATORIO.	12
4.1.2. REACTIVOS.....	12
4.1.3. EQUIPOS	12
4.2. MATERIA PRIMA	13
4.3. PREPARACIÓN DE PULPA DE PALTA.....	13
4.3 ANÁLISIS TEXTUROMÉTRICOS EN LA POST COSECHA DE LA PALTA HASS.	15
4 4. CURVAS DE FLUJO.....	15
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	17
5.1. CLASIFICACIÓN REOLÓGICA DE LAS CURVAS DE FLUJO.	17
5.2. MODELAMIENTO REOLÓGICO DE LAS CURVAS DE FLUJO.....	21
5.3. ÁREA TIXOTRÓPICA Y DEPENDENCIA DEL TIEMPO.....	23
5.4. COMPORTAMIENTO DE LA VISCOSIDAD DURANTE LA MADURACIÓN.	29
5.5. COMPORTAMIENTO DE LA TEXTURA DURANTE LA MADURACIÓN.....	30
5.5.1 Dureza o firmeza Determinada por un Penetrometro.	30
5.5.2 Dureza o firmeza Determinada por un Texturometro.....	31
5.6 PRUEBAS REOLÓGICAS OSCILATORIAS (DINÁMICAS).....	32
5.6.1. Barrido de Deformación.	32
5.6.2. Barrido de Frecuencia.....	35
6. CONCLUSIONES.....	40
7. BIBLIOGRAFÍA	43
8. ANEXO.....	46
8.1. REOGRAMA "SHEAR STRESS V/S SHEAR RATE" A 5°C.....	46
8.2. REOGRAMA " SHEAR STRESS V/S SHEAR RATE" A 20°C.....	46
8.3. EJEMPLO DIDÁCTICO DEL POSIBLE COMPORTAMIENTO MOLECULAR CUANDO LA MATRIZ SE ENCUENTRA BAJO UNA FUERZA DE CIZALLA ASENDENTE.	47
8.4. GRAFICO QUE MUESTRA LA FUERZA MÁX. PARA DEFORMAR LA PALTA HASS A LO LARGO DEL PERIODO DE MADURACIÓN A 5°C.....	47
8.5. GRAFICO QUE MUESTRA LA FUERZA MÁX. PARA DEFORMAR LA PALTA HASS A LO LARGO DEL PERIODO DE MADURACIÓN A 20°C.	48

8.6. TABLA CONTIENE TODOS LOS DATOS OBTENIDOS POR EL EQUIPO LLOYD.....	48
8.7. REOGRAMA "CICLO DE HISTÉRESIS O ÁREA TIXOTRÓPICA" COSECHA 1 A 5°C.	49
8.8. REOGRAMA "CICLO DE HISTÉRESIS O ÁREA TIXOTRÓPICA" COSECHA 2 A 5°C.	49
8.9. REOGRAMA "CICLO DE HISTÉRESIS O ÁREA TIXOTRÓPICA" COSECHA 3 A 5°C.	50
8.10. ANOVA MULTIFACTOR PARA EL % DE ACEITE POR COSECHA.....	51
8.11. ANOVA MULTIFACTOR PARA LA DUREZA POR TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO...	52
8.12. ANOVA MULTIFACTOR PARA EL MODULO COMPLEJO POR LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO.	53
8.13. ANOVA MULTIFACTOR PARA LA VISCOSIDAD APARENTE POR DÍAS DE MADURACIÓN...	54
8.14. ANOVA MULTIFACTOR PARA LA FUERZA MÁXIMA POR DÍAS DE MADURACIÓN.	55
8.15. ANOVA MULTIFACTOR PARA LA FUERZA MÁXIMA POR LA TEMPERATURA.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Constantes estimadas de Ostwald de Waele, Cross, Herschel-Bulkey, y Bingham a una Temperatura de almacenamiento de 5°C.....	22
Tabla 2: Constantes estimadas de Ostwald de Waele, Cross, Herschel-Bulkey, y Bingham a una Temperatura de almacenamiento de 20°C.....	22
Tabla 3: Valores del área tixotrópica (expresadas en Pa / s) de las tres cosechas para ambas temperaturas de almacenamiento.	24
Tabla 4: Valores detallados de viscosidad Aparente para cada periodo de maduración.	30
Tabla 5: Indica el periodo de maduración en días, que toma alcanzar el valor comercial de 2Lb-f a condición ambiental de 20°C.	31
Tabla 6: Parámetros oscilatorios obtenidos del barrido de deformación G^* , G' , G'' y δ°	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Volumen de exportación por temporada (toneladas). Fuente SAG-ASOEX/iQonsultting.....	3
Figura 2: Diagrama de flujo para la obtención de una matriz (pulpa de palta Hass) representativa.....	14
Figura 3: cosecha 1 *Pulpa a 5°C. to: grafica roja, t1 grafica verde claro, t2 grafica azul y t3 grafica verde.....	17
Figura 4: cosecha 2 *Pulpa a 5°C. to: grafica roja, t1 grafica verde claro, t2 grafica azul y t3 grafica verde.....	18
Figura 5: cosecha 3 *Pulpa a 5°C. to: grafica roja, t1 grafica verde claro, t2 grafica azul y t3 grafica verde.....	18
Figura 6: cosecha 1 *Pulpa a 20°C. to: grafica roja, t1 grafica verde claro, t2 grafica azul y t3 grafica verde.....	18
Figura 7: cosecha 2 *Pulpa a 20°C. to: grafica roja, t1 grafica verde claro, t2 grafica azul y t3 grafica verde.....	19
Figura 8: cosecha 3 *Pulpa a 5°C. to: grafica roja, t1 grafica verde claro, t2 grafica azul y t3 grafica verde.....	19
Figura 9: Comportamiento molecular que sufre la matriz al someterla a una fuerza de cizallamiento creciente en los diferentes tiempos de maduración.....	20
Figura 10: Obtención del área tixotrópica expresada en Pa/s.....	23
Figura 11: (a y b): Comportamiento del área tixotrópica para las tres cosechas a diferentes temperaturas de almacenamiento. *El área tixotrópica esta expresada en Pa/s.....	24

Figura 12: Comportamiento que sufre la viscosidad aparente en los cuatro puntos de maduración para la cosecha 1 almacenada a 5°C.....	26
Figura 13: Comportamiento que sufre la viscosidad aparente en los cuatro puntos de maduración para la cosecha 2 almacenada a 5°C.....	26
Figura 14: Comportamiento que sufre la viscosidad aparente en los cuatro puntos de maduración para la cosecha 3 almacenada a 5°C.....	27
Figura 15: Comportamiento que sufre la viscosidad aparente en los cuatro puntos de maduración para la cosecha 1 almacenada a 20°C.....	27
Figura 16: Comportamiento que sufre la viscosidad aparente en los cuatro puntos de maduración para la cosecha 2 almacenada a 20°C.....	28
Figura 17: Comportamiento que sufre la viscosidad aparente en los cuatro puntos de maduración para la cosecha 3 almacenada a 20°C.....	28
Figura 18: Variación de la viscosidad aparente media para condición de refrigeración 5°C.....	29
Figura 19: Variación de la viscosidad aparente media para condición ambiental a 20°C.....	29
Figura 20: Variación de la dureza por medio del durómetro a condición de refrigeración a 5°C.....	31
21: Variación de la dureza por medio del durómetro a condición ambiental a 20°C.....	31
Figura 22: Variación de la dureza por medio del Lloyd a condición de refrigeración a 20°C.....	31
Figura 23: Variación de la dureza por medio del durómetro a condición ambiental a 20°C.....	31
Figura 24: Se muestra el RLV de la pulpa de palta Hass. (Siendo la grafica azul, roja y naranja G', G'' y respectivamente).....	32
Figura 25: Muestra el comportamiento que sufre G* durante el periodo de maduración.....	34

Figura 26: Barrido de frecuencia cosecha 1 a temperatura de almacenamiento (5°C). (G' : valores en rojo, G": valores en azul y δ : valores en verde).....	36
Figura 27: Barrido de frecuencia cosecha 2 a temperatura de almacenamiento (5°C). (G' : valores en rojo, G": valores en azul y δ : valores en verde).....	36
Figura 28: Barrido de frecuencia cosecha 3 a temperatura de almacenamiento (5°C). (G' : valores en rojo, G": valores en azul y δ : valores en verde).....	37
Figura 29: Barrido de frecuencia cosecha 1 a temperatura de almacenamiento (20°C). (G' : valores en rojo, G": valores en azul y δ : valores en verde).....	37
Figura 30: Barrido de frecuencia cosecha 2 a temperatura de almacenamiento (20°C). (G' : valores en rojo, G": valores en azul y δ : valores en verde).....	38
Figura 31: Barrido de frecuencia cosecha 2 a temperatura de almacenamiento (20°C). (G' : valores en rojo, G": valores en azul y δ : valores en verde).....	38
Figura 32: Variación del rendimiento de aceite para condición de refrigeración (5°C).....	39
Figura 33: Variación del rendimiento de aceite para condición ambiente (20°C).....	39

NOMENCLATURA

τ_0	: Umbral de fluencia [Pa]
T	: Fuerza de Cizalla [Pa]
$\dot{\gamma}$: Velocidad de Cizalla [1/s]
G'	: Modulo elástico o de Almacenamiento [Pa]
G''	: Modulo Viscoso o de Perdida [Pa]
G^*	: Modulo Complejo [Pa]
K	: Coeficiente de Consistencia [adimensional]
N	: Índice de Comportamiento de Flujo [adimensional]
η	: Viscosidad Aparente [cP]
η_∞	: Viscosidad a muy alta Cizalla [cP]
η_0	: Viscosidad a muy baja Cizalla [cP]
η_p	: Viscosidad Plástica [cP]
$\dot{\gamma}_b$: Velocidad de Deformación en un punto b [1/s]
δ°	: Angulo de Perdida [°]
RLV	: Rango Lineal Viscoelástico
Y%	: Porcentaje de Deformación

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 :	Oswald de Waele.....	6
Ecuación 2 :	Herschel-Bulkley.....	6
Ecuación 3 :	Cross-Williamson.....	6
Ecuación 4 :	Bingham.....	7
Ecuación 5 :	Modulo Complejo.....	9

RESUMEN

La palta (*Persea Americana Mill*) variedad Hass es una importante fruta tropical con altos aportes calóricos y nutricionales. La industria de las paltas en Chile ha mostrado una constante expansión en sus exportaciones durante la temporada 2012-2013 registrando 104.000 toneladas, situándose actualmente como el segundo exportador de paltas a nivel mundial después de México. De acuerdo a un informe de (**ODEPA**) la superficie cultivada ha registrado una expansión del 61% entre el 2000 y 2010 situándose como la segunda especie a nivel nacional.

El comportamiento reológico de la pulpa de palta Hass fue analizado por el programa RheoWin Data Manager a 5 y 20°C en un periodo de 50 días. Presentando un comportamiento característico de fluido no Newtoniano, Pseudoplastico, con características tixotrópicas, además de determinar el modelo (Cross-Williamson) que mejor representase a la viscosidad aparente. También se pudo determinar por medio de análisis oscilatorios una disminución en los Módulos G' , G'' y complejo (G^*) evidenciando una clara disminución en la resistencia total que tiene la matriz ante la deformación de este. En el espectro mecánico de la matriz se obtuvo que dicha matriz poseyera un carácter predominantemente elástico ($G' > G''$) a lo largo del periodo de maduración a ambas condiciones de almacenamiento 5 y 20°C.

Por otra parte, se determinó por medio de dos instrumentos de medición de textura (Penetrometro y Texturometro) una sustantiva baja en la dureza del fruto, cuando aumenta el periodo de Post-Cosecha almacenadas a 5°C.

Además, a través del método Bligh & Dyer se pudo determinar la eficiencia de aceite de palta a condiciones de refrigeración (5°C) para las tres cosechas en los cuatro periodos de maduración, identificando el periodo en el cual las cosechas obtuvieron un cambio en sus estructuras por medio de los comportamientos reológicos, evidenciando un posible rango límite para determinar el porcentaje máximo de aceite.

La presente memoria de titulo fue financiada por el proyecto Fondecyt "1120312"

SUMMARY

"Changes in the rheological properties and the extraction yield of fat Hass (Persea Americana Mill) avocado during ripening under refrigeration and room"

Hass avocado variety (Persea Americana Mill) is an important tropical fruit with high caloric and nutritional contribution. The avocados industry in Chile has shown a steady expansion in its exports during the season 2012-2013 recorded 104.000 tonnes. Currently positioned as the second largest exporter of avocados worldwide after of Mexico. According to a report of (ODEPA) the acreage registered an expansion of 61% among the 2000-2010 period positioned as the second species to national level.

The rheological behavior avocado Hass pulp was analyzed by the program RheoWin Data Manager to 5 and 20°C in a period of 50 days. Presenting a behavior characteristic of Non-Newtonian fluid, Shear thinning or Pseudo-plastic, with characteristic thixotropic, also of determining the model (Cross-Williamson) that better represent the apparent viscosity. Also could was determined by analysis oscillatory, a diminution in the modules G' , G'' y complex (G^*), evidencing a clear diminution in the total resistance that has the matrix after the deformation of this. In the mechanical aspect of the matrix was obtained that matrix taking a predominantly character elastic ($G' > G''$) during the period of ripening both storage conditions 5 and 20°C.

Moreover, it was determined via of two measuring instruments of texture (Penetrometer and Texturometer) a substantial drop in performance of the fruit hardness, when increased the storage period of Post-harvest to 5°C.

Furthermore, by the method Blich-Dyer it was possible to determine the efficiency of avocado oil for the three harvests in the four periods of maturation, by identifying the period which the harvests obtained the higher yield in avocado oil.

Memory financed by project supported for Fondecyt "1120312"

1. INTRODUCCIÓN

La palta (*Persea americana*) es una importante fruta tropical con altos aportes calóricos, perteneciente a la familia de las Lauráceas, botánicamente hablando es una gran baya que posee una sola semilla. Esta nace a partir de un árbol muy grande y vigoroso, con un tronco potente, pudiendo alcanzar hasta 30 metros de altura. La palta posee todas las vitaminas E y contiene 12 de las 13 vitamina K que existen, también esta compuesta de minerales tales como: El potasio, magnesio, calcio, hierro, fósforo y manganeso, entre otros. Además posee una baja acidez y un gran porcentaje de ácidos grasos mono-insaturados. (Gómez- López, 1999). El aceite de Palta Hass ha tenido una tendencia creciente a utilizarse en el mundo culinario, por tener entre otras cualidades: un elevado punto de humo (255 °C) lo que lo hace un ideal aceite para frituras, (también sobresale por tener un sabor y color verde muy atractivo, siendo preferido por la alta gastronomía europea. Dentro de los beneficios que otorga esta fruta está: el disminuir los riesgos cardiovasculares, contribuir a la formación y permanencia del colágeno mejorando la piel, entre otras cualidades. (Din, Chin, Kinhorn, & D'Ámbrosio, 2007).

Estudios de microscopía Electrónica de Barrido (SEM) muestran que la estructura de la fruta está compuesta por células grandes de aproximadamente 50 µm de diámetro. Estas células contienen vacuolas grandes de aceite. Después de la cosecha, al comienzo de la maduración, la estructura de algunas de estas células cambia en gran medida, se desintegra de la pared celular y luego se hincha debido al comienzo de un proceso de vesiculación. Este proceso puede hacer que las células de aceite idioblástico puedan ocupar hasta 2% de la fruta comestible. (Platt-Aloia & Thomson, 1981).

Estas variaciones en la densidad de las partículas en las células de aceite idioblástica durante la maduración indirectamente reflejan las propiedades físicas de carácter reológicas normalmente observados en la fruta madura de palta.

El aceite de palta se obtiene de la pulpa acuosa; variando el contenido de grasa en proporción al grado de madurez (Ferreira, 2013). La pulpa por ser un sistema de tres fases (agua / aceite / pasta) tiene un fluido de tipo reológico no newtoniano.

Normalmente los estudios de la maduración de la palta se realizaron en dos etapas: Una que comprende la conservación mediante refrigeración a 5°C y el estudio de la maduración en condiciones ambientales a 20°C, posterior a la refrigeración. Por lo tanto, la investigación propuesta está enfocada en poder determinar por medio de la Reología, el comportamiento (físicoquímico) que sufre la palta en los diferentes estados de madurez mediante su conservación a 5°C. Paralelamente a este se estudió el comportamiento de este fruto, al estar expuesto a temperatura ambiente (20°C) hasta que alcance un valor de madurez comercial cercana a las 2 lb-fuerza. Y de esta forma identificar el rango el cual se obtendrá el mejor rendimiento de aceite de palta con el método de extracción Bligh&Dyer.

2. ANTECEDENTES GENERALES

2.1. Propiedades reológicas de los materiales.

El primer uso de la palabra reología fue acreditado por Eugene C. Bingham en 1928 (Steffe. 1995). La reología se ha establecido como la manera en el cual los materiales responden a un esfuerzo o tensión aplicada. Todos los materiales poseen propiedades reológicas y el área que ocupa la reología es muy importante en la tecnología y procesado en alimentos. Más concretamente los datos reológicos de los alimentos son necesarios en industrias, por ejemplo:

- ❖ Cálculos necesarios para ingeniería de procesos que implican el diseño de tuberías, bombas, Mezcladores, intercambiadores de calor, Homogeneizadores, etc.
- ❖ La influencia de un ingrediente de tipo funcional sobre el desarrollo del producto.
- ❖ Control de calidad del producto.
- ❖ Evaluación de la textura del alimento mediante la relación con datos sensoriales.

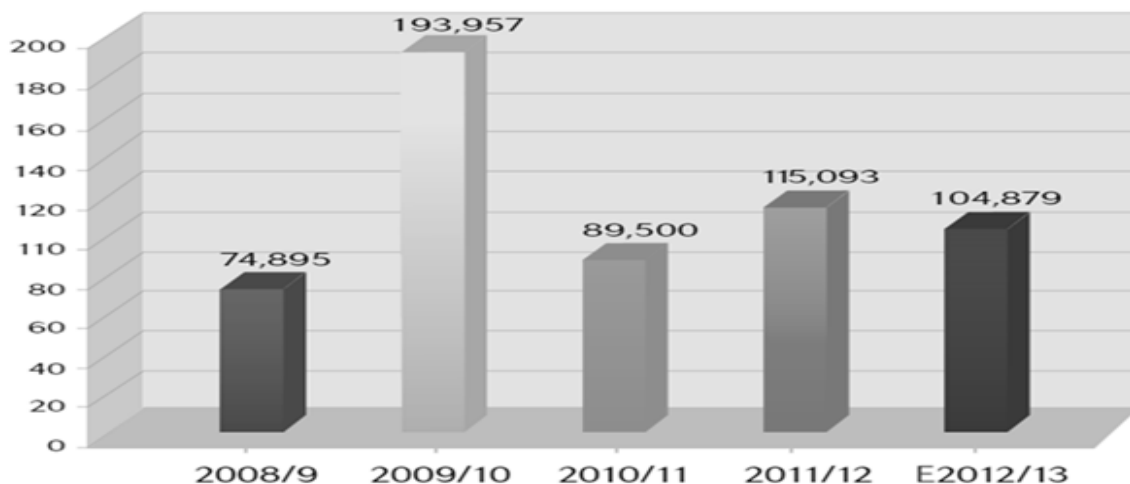
2.2. Antecedentes económicos de la palta.

La industria de las paltas en Chile ha mostrado una constante expansión desde mediados de los 80, situándose actualmente como el segundo exportador de paltas a nivel mundial después de México. De acuerdo a un informe de la oficina de estudios y políticas agrarias (**ODEPA**) la superficie cultivada ha registrado una expansión del 61% entre el 2000 y 2010 situándose como la segunda especie a nivel nacional.

Durante la última década los volúmenes exportados aumentaron en alrededor de un 8 % mientras que el valor de los envíos aumento de US\$ 73 millones a US\$ 173 millones. Cabe destacar que el volumen exportado la temporada 2012 alcanzó las 115.000 toneladas mientras que 96.000 toneladas fueron destinadas al mercado interno.

Las exportaciones durante la temporada 2012-2013, las cuales se muestran en la (figura 1) rondarían las 104.000 toneladas cifra equivalente a un 8% menos que la temporada 2011 / 2012 (Catalina Cataldo Nazal. paltas Chile 2012-2013).

Figura 1: Volumen de exportación por temporada (toneladas). Fuente SAG-ASOEX/ iQonsulting.



2.3. Descripción del Fruto.

La palta (*Persea americana*) es una fruta tropical que pertenece a la familia de las lauráceas, botánicamente es una gran baya que posee una sola semilla (*Edward Evans, 2006; Morton, 1987*) que puede ser clasificada dentro de cuatro cepas West Indian, Guatemalan, Híbrido Guatemalan-West Indian y finalmente la Mexicana (*Gomez-Lopez, 1999*). Esta especie puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 2500 mt de altura, los mejores suelos para su plantación son las de textura ligera, profunda y arcillosos, con un pH neutro o levemente ácidos y siempre debe existir un buen drenaje para evitar enfermedades a la raíz.

2.4. Fisiología Post Cosecha

La maduración y ablandamiento de la palta no se produce en el árbol. Ya que este se encuentra sujeto a un flujo de componentes inhibitorios que se encuentran en las hojas de este fruto, evitando su debilitamiento en el árbol (*Werman & Neeman, 1987*). La palta es también uno de los frutos que maduran más rápidamente después de la cosecha (*Ozdemir y Topuz, 2004*), a menudo completa la maduración dentro de 5-7 días después de la cosecha.

La hemicelulosas y las pectinas pueden ser modificadas y cortadas por la acción de una gran variedad de enzimas que se encuentran naturalmente en la pared celular. Este proceso ha sido estudiado con mayor detalle en la maduración de los frutos, en la que se cree que el reblandecimiento es el resultado del desembalaje de la pared (*Rose y Bennett 1999*). Las Glucanasas y enzimas relacionadas pueden hidrolizar el esqueleto de las hemicelulosas, mientras que las Xilosidasas y enzimas relacionadas pueden eliminar las cadenas laterales del esqueleto del xiloglucano. Las transglicosilasas pueden cortar y unir hemicelulosas. Tales cambios enzimáticos pueden alterar las propiedades físicas de la pared, por ejemplo, al cambiar la viscosidad de la matriz o alterar la tendencia de las hemicelulosas al unirse a la celulosa.

La gran mayoría de la palta es exportada hacia los principales consumidores de palta a nivel mundial tales como; E.E.U.U., Europa, Argentina, Japón. Estos están

determinados por el calibre y la calidad en la textura de dicho fruto, las que no cumplen estos estándares de calidad y las que se encuentra fuera de la temporada de cosecha, son destinadas principalmente a la producción de aceite.

Se sabe que el contenido de aceite de palta comercial va desde un 8 a 15.5%, pero después de la maduración podría aumentar a valores, que van desde 22 al 33%. La madurez del fruto y el momento de la recolección están determinadas por indicadores externos (color y tamaño), o midiendo el contenido de aceite (Werman & Neeman, 1987). (Martínez & Moreno, 1995) reportaron que determinar la madurez comercial de la palta es difícil porque el principio de la maduración no está acompañado por cambios visibles externos.

Aunque el contenido de lípidos no varíe significativamente, según (Martínez & Moren, 1995) en los frutos estos han visto que en la maduración va generado cambios bioquímicos que afectan la biosíntesis de los fitonutrientes bio-activos como (tocoferoles, tocotrienoles, fitosteroles, carotenoides, clorofila, alcaloides, sesquiterpenos, etc.

2.5. Modelos reológicos de fluidos No Newtonianos Reología Estacionaria.

2.5.1. Fluidos no newtonianos.

Son aquellos fluidos que no cumplen la ley de Newton de la viscosidad, por lo tanto, la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación deja de ser lineal. Estos fluidos se caracterizan porque su viscosidad no permanece constante cuando la temperatura y la composición permanecen invariables, sino que depende del esfuerzo cortante o gradiente de velocidad y, a veces, del tiempo de aplicación del esfuerzo y de la historia previa del producto o muestra. Ello es debido a que la constitución física varía al someter el producto a los efectos de rozamiento a lo largo del tiempo. Dado que en este tipo de fluidos la viscosidad no permanece constante, se define la viscosidad aparente, (Jiménez et al., 1987) como la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación correspondiente.

2.5.2. Fluidos Pseudoplásticos.

Los fluidos pseudoplásticos se caracterizan porque su viscosidad aparente decrece cuando aumenta el gradiente de velocidad de deformación. Este comportamiento indica una ruptura o reorganización continua de la estructura, dando como resultado una menor resistencia al flujo, y es debido a la presencia de sustancias de alto peso molecular así como a la dispersión de sólidos en la fase sólida.

Los datos reológicos por las metodologías de mínimos cuadrados, se ajustarán a los siguientes modelos:

De los modelos utilizados para describir el comportamiento reológico de los fluidos pseudoplásticos, el más conocido y simple de aplicar es el de Ostwald-De Waale, también conocido como ley de la potencia (**Sherman, 1970**):

$$\text{Ostwald de Waele: } \eta = K * \dot{\gamma}^{(N-1)} \quad (1)$$

Siendo: (η = viscosidad aparente, K = es el coeficiente de consistencia, $\dot{\gamma}$ = Velocidad de deformación, N = índice de comportamiento de flujo).

La constante K da una idea de la consistencia del producto y N de la desviación del comportamiento al flujo respecto al newtoniano (**Carbonell et al., 1990**). Esta ecuación es una de las más utilizadas para describir el flujo de los derivados de fruta que se comportan como pseudoplásticos. Otro modelo muy utilizado, es la propuesta por Herschel y Bulkley, cuya expresión supone ampliar la ley de la potencia con un término correspondiente al umbral de fluencia (Sherman, 1970).

$$\text{Herschel-Bulkley representado como: } \eta = \frac{\tau_0}{\dot{\gamma} + K * \dot{\gamma}^{(N-1)}} \quad (2)$$

Siendo: (η = viscosidad aparente , τ_0 = Umbral de fluencia o esfuerzo de cizalla cuando la velocidad de deformación tiende a cero, $\dot{\gamma}$ = Velocidad de deformación, K = es el coeficiente de consistencia y N = índice de comportamiento de flujo).

Otro modelo que es utilizado, es la propuesta por Cross y Williamson, este modelo es de una complejidad mayor. Para predecir la forma general de la curva de flujo hay que separar las regiones de alta y baja cizalla, lo que exige modelos que incluyan 4 parámetros. De este modelo se realizaron simplificaciones y se obtuvo la ley de la potencia y Ostwald de Waele.

$$\text{Cross-Williamson: } \eta = \eta_{\infty} + \frac{(\eta_0 - \eta_{\infty})}{\left(1 + \left(\frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}_b}\right)^N\right)} \quad (3)$$

Siendo: (η = viscosidad aparente, η_0 y η_{∞} = son valores asintóticos de viscosidad a muy baja y a muy alta velocidad de cizalla, $\dot{\gamma}$ = Velocidad de deformación, $\dot{\gamma}_b$ = velocidad de deformación en un punto b, N = índice de comportamiento de flujo.

2.5.3. Fluidos plásticos

Los fluidos plásticos son aquellos que no fluyen hasta que son sometidos a un esfuerzo cortante límite determinado, llamado esfuerzo de deformación plástica, umbral de fluencia o límite de fluencia. En el caso de los fluidos plásticos de Bingham, una vez que se supera el valor del umbral de fluencia, la velocidad de deformación es proporcional al esfuerzo, como en el caso de los fluidos newtonianos (Wazer van et al., 1963). Estos fluidos exhiben propiedades de líquido a esfuerzos superiores al umbral de fluencia por lo tanto pueden ser clasificados tanto como líquidos como sólidos.

El producto plástico ideal es el descrito por el modelo de Bingham

$$\text{Bingham: } \eta = \frac{\eta_p + \tau_0}{\dot{\gamma}} \quad (4)$$

Siendo: (η = viscosidad aparente, η_p = Viscosidad plástica, τ_0 = Umbral de fluencia o esfuerzo de cizalla cuando la velocidad de deformación tiende a cero, $\dot{\gamma}$ = Velocidad de Deformación).

2.6. Tixotropía Molecular.

La viscosidad aparente además de variar con la velocidad de cizalla, esta puede variar con el tiempo de aplicación de la cizalla. Si se produce un descenso continuo de la viscosidad en condiciones isotérmicas, y ésta se recupera tras un determinado tiempo de reposo, este fenómeno es llamado tixotropía.

La tixotropía presupone siempre algún proceso molecular o microscópico para cambiar la consistencia. La mayoría de las sustancias tixotrópicas son de naturaleza coloidal, con tendencia a formar geles. La tixotropía se puede explicar como una consecuencia de la agregación de las partículas suspendidas. Si la suspensión está en reposo, la agregación puede dar lugar a la formación de una red espacial y la suspensión desarrolla una estructura interna. Por supuesto, la red debe ser lo suficientemente fuerte para resistir la destrucción debida a los efectos desintegradores de los movimientos térmicos. Si la suspensión se somete a una cizalla, los débiles enlaces físicos se destruyen y la red se rompe en agregados separados que pueden deshacerse y convertirse en fragmentos menores llamados unidades de flujo. Por otro lado, los movimientos térmicos producen colisiones entre unidades de flujo y un consiguiente aumento de agregados. Después de un cierto tiempo a una velocidad de cizalla dada, se establece un equilibrio dinámico entre la destrucción y formación de agregados, y para velocidades de cizalla mayores, el equilibrio se desplaza hacia una mayor dispersión.

La principal razón para la disminución de la viscosidad del sistema con el aumento de la velocidad de cizalla es la disminución de parte de la disipación de energía, que se atribuye a la ruptura de enlaces entre partículas (el número de enlaces es menor para altas velocidades de cizalla). También puede ocurrir lo contrario, que se produzca un aumento reversible del esfuerzo de cizalla con el tiempo, tras un periodo suficientemente largo, a una velocidad de cizalla constante y en condiciones isotérmicas. Es la antitixotropía, o tixotropía negativa (también denominada en ocasiones reopexia), donde la cizalla induce la agregación de partículas o moléculas. El fenómeno es más difícil de entender y ocurre con menos frecuencia (Steffe, J.F, 1992).

2.7. Reología Oscilatoria.

Los materiales que presentan comportamiento viscoelástico se caracterizan por tener un componente elástico y uno viscoso, simultáneamente.

En un sólido elástico ideal toda la energía mecánica aplicada al material que es almacenada o conservada es posteriormente utilizada en la recuperación de la deformación, cuando la fuerza es removida. En un líquido ideal, toda la energía mecánica aplicada al material es disipada, siendo toda la energía mecánica convertida en calor. En un material viscoelástico, parte de la energía es almacenada y la otra parte es disipada, verificándose una recuperación incompleta de la deformación cuando la tensión tangencial aplicada es retirada (Steffe, 1996).

Las propiedades viscoelásticas medidas en ensayos dinámicos presentan una gran ventaja respecto a otros métodos, debido a que permiten medir los parámetros reológicos fundamentales en el rango lineal viscoelástico donde no sufren cambios estructurales irreversibles en la matriz. Las pruebas dentro rango lineal viscoelástico (RVL) proveen valiosa información relacionada con la estructura de la matriz.

Las propiedades reológicas de los materiales viscoelásticos son normalmente descritas a partir del modulo complejo (G^*), que es una medida de la resistencia total de un material a la deformación y esta dado por:

$$G^* = ((G')^2 + (G'')^2)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Siendo G' el modulo de conservación o de almacenamiento, el cual es una medida de la energía almacenada en cada ciclo (componente elástica) y G'' es el modulo de disipación o de pérdida, siendo una medida de la energía disipada en cada ciclo (componente viscosa).

2.8. Reología de la palta en la Post Cosecha

El conocimiento de los cambios en la micro estructura de la fruta de palta durante la maduración es importante debido a que este fenómeno afecta a la eficiencia de los métodos de extracción del aceite de palta y a la calidad nutricional. La eficacia de la extracción de aceite de palta dependerá de la condición estructural y el comportamiento reológico de la pulpa. La palta puede presentar diferentes estados estructurales pudiendo tener grandes diferencias en el contenido de aceite y sus características físicas, químicas y sensoriales. Dependiendo además del método de extracción empleado (Tabilo-Munizaga et al, 2005).

El tamaño de partícula de la pulpa también influye en sus propiedades reológicas. Esto ha sido determinado por Satoa & Cunha, (2009) mediante mediciones oscilatorias y análisis SEM, demostrando que el aumento de tamaño de partícula (PS: 644 - 550 micras), incremento linealmente la viscosidad aparente desde 0,06 hasta 0,40 Pa.

Existen varios modelos para evaluar el comportamiento de fluidos no newtonianos tales como: límite elástico pseudoplástico, tixotropía (Deke et al. 1983), Cross-Williamson, Ley de Potencia y Herschel Bulkley este último es uno de los más utilizados. El modelo Herschel-Bulkley considera el parámetro de límite elástico (τ_0) (Tabilo-Munizaga & Barbosa Cánovas, 2005; Tabilo-Munizaga et al, 2005; Steffe, 1992). El proceso de extracción de aceite se presenta tres fases (pulpa, agua y aceite), la mezcla se comporta como fluido pseudoplástico con alta viscosidad aparente. Por lo tanto, los estudios reológicos planteados en este trabajo se han centrado en demostrar la siguiente hipótesis.

2.9. Hipótesis

Que la evolución de la maduración en el tiempo de palta Hass (Persea Americana Mill) altera las propiedades de flujo de la pulpa, produciendo una disminución de la viscosidad aparente en condiciones de refrigeración a 5°C y ambiental a 20°C.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la maduración sobre la reología de palta Hass mantenidas en refrigeración a 5°C y posteriormente maduras a temperatura ambiente a 20°C.

3.2. Objetivos Específicos

3.2.1. Conocer el comportamiento reológico estacionario en los diferentes tiempos de maduración y temperatura, a través de los reogramas más representativos (Esfuerzo de cizalla v/s Velocidad de deformación; viscosidad aparente v/s velocidad de deformación; viscosidad aparente v/s tiempo).

3.2.2. Identificar el comportamiento reológico dinámico en los diferentes tiempos de maduración y temperatura. Para obtener el RLV (Rango Lineal Viscoelástico), así mismo de conocer el comportamiento que poseen (G' , G'' , G^* , δ°).

3.2.3. Estudiar los cambios de textura que presenta la palta Hass en diferentes estados de maduración a dos temperaturas de almacenamiento (5 y 20°C).

3.2.4. Estudiar el efecto en la eficiencia de extracción del aceite de palta Hass por el método de extracción Bligh & Dyer en diferentes estados de maduración a dos temperaturas de almacenamiento (5 y 20°C).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.1. Materiales de Laboratorio.

- ❖ Probetas de 100 ml y 500 ml.
- ❖ Vasos precipitados de 50 ml y 100ml.
- ❖ Matraz de kitazato de 500 ml.
- ❖ Embudo Buchner.
- ❖ Algodón para filtrar.
- ❖ Papel filtro.
- ❖ Matraz de balón de 250 ml.

4.1.2. Reactivos

- ❖ Cloroformo para análisis (Merck).
- ❖ Metanol para análisis (Merck).
- ❖ Sulfato de Sodio Anhidro (Merck).
- ❖ Nitrógeno Gaseoso (Indura).

4.1.3. Equipos

- ❖ Durometro Brixo.
- ❖ Geometria Z34DIN.TI
- ❖ Texturometro Lloyd LR-5K.
- ❖ Equipos
- ❖ Estufa.
- ❖ de refrigeración.
- ❖ Minipimer Philipps.
- ❖ Juguera Philips.
- ❖ Procesadora de alimentos.
- ❖ Reómetro Haake RS100.
- ❖ Rotavapor Buchi.

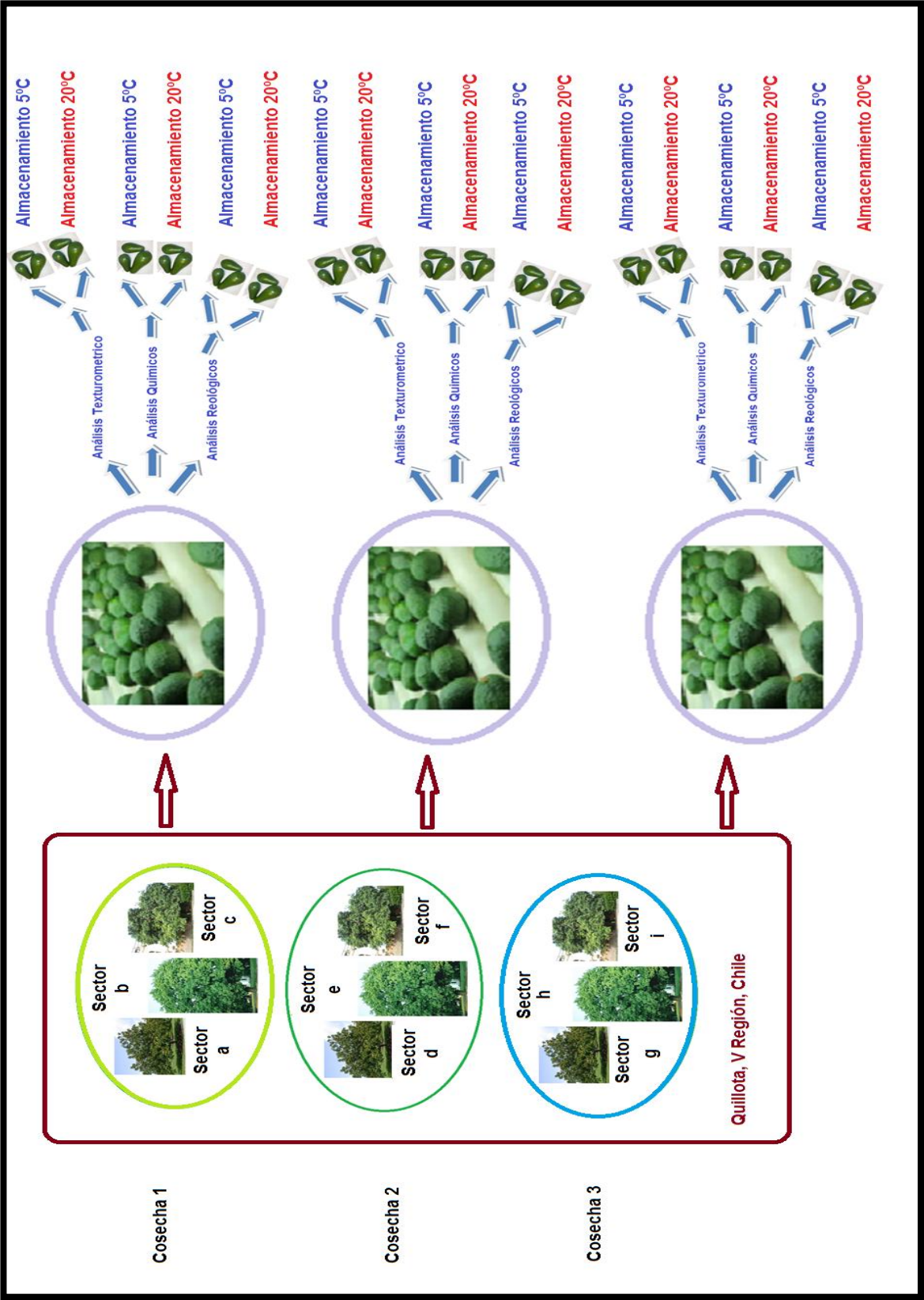
4.2. Materia Prima

La palta fresca sin madurar (*Persea Americana* Mill. Cv. Hass) se obtendrá gracias a la colaboración de la empresa Razeto el cual abastecerá de la materia prima necesaria, estas se almacenarán de forma inmediata en unos sistemas de refrigeración que mantendrán la temperatura constante a 5 y 20°C, la materia prima se obtendrá de Quillota, V Región, Chile. La muestra se recepcionará y se separarán en lotes dependiendo del sector de origen, posteriormente a esto se dará inicio a los correspondientes análisis para determinar la eficiencia de aceite y sus propiedades reológicas y texturométricas, por lo que se sacaran tres paltas de tres sectores diferentes los cuales posea similar calibre. Esto se repetirá para cada análisis en ambas condiciones de almacenamiento para los cuatro puntos de maduración tal como se detalla en la (figura 2).

4.3. Preparación de pulpa de palta

Se procederá al pelado y la extracción total del carozo o endocarpio a cada una de las tres paltas, posteriormente se procederá Trozar en cubos pequeños para poder obtener una mejor homogenización, luego se colocará todo el contenido en un recipiente el cual será transformado en pasta por medio de una procesadora de alimentos (Minipimer Philipps) de una potencia de 600 watts en un periodo de tiempo igual a 3 minutos con el fin de obtener una muestra representativa, esto se repetirá para ambas temperaturas para los cuatro tiempos de maduración. Cabe señalar las fechas en la que se hizo la recolección del fruto para cada una de las cosechas que se analizaron en este estudio fueron las siguientes: cosecha 1 (28/08/2013), cosecha 2 (20/09/2013) y cosecha 3 (15/10/2013).

Figura 2: Diagrama de flujo para la obtención de la muestra representativa.



4.3 Análisis Texturometricos en la post cosecha de la palta Hass.

A lo largo del estudio (50 días para cada cosecha) se irán registrando por medio de un durómetro Brixo y un texturometro Lloyd la dureza que posee cada lote de paltas, en ambas condiciones de almacenamiento (5 y 20°C). Los parámetros que se utilizarán para realizar el análisis con el Lloyd, a la palta, serán los siguientes:

Equipo:	Lloyd LR-5K
Geometría a utilizar:	Tubular de 0.8 cm de diámetro.
Deformación de compresión:	50 % .
Fuerza a utilizar para dicha deformación:	50 N.
Tipo de muestra:	Tubular.
Longitud de la probeta:	10 mm.
Velocidad del ensayo:	50.00 mm/min.

Se obtendrán los siguientes parámetros:

Fuerza Máxima; Deformación Máxima; Fuerza elástica Máxima; Deformación Elástica Máxima; Media de fuerza Máxima.

Con esto se podrá conocer como varía la fuerza Máxima. Necesaria para poder realizar una deformación a la muestra a medida que esta va madurando.

4 4. Curvas de flujo.

Se realizará ensayos reológicos estacionarios en la pulpa de palta, el cual incluirá los siguientes métodos (Esfuerzo cortante / velocidad de corte y la velocidad de cizalla / viscosidad aparente) para obtener los datos de las curvas de flujo se utilizará un reómetro Haake RS100. La temperatura de la pulpa de palta se controlará a (20°C) a través de un baño termo regulado de agua. El experimento se llevará a cabo utilizando una copa y la correspondiente geometría (Z34DINTi) con ranura de 7,2 mm. En el caso de cantidades excesivas de pulpa de palta, será eliminado de los bordes geométricos para evitar la tensión adicional y posibles errores. Los datos obtenidos con el software RheoWin Date Manger

serán validados por los métodos estadísticos Chi^2 y R^2 , se determinará cuales de los distintos modelos reológicos Cross, Herschel-Bulkley, Ostwald de Waele y Bingham (Tabilo-Munizaga, 2005), describirá mejor, el comportamiento de la viscosidad aparente de la pulpa de palta durante el periodo maduración en condiciones de refrigeración (5°C) y ambiente (20°C). Por otra parte se realizarán ensayos reológicos dinámicos en la pulpa de palta, el cual incluirá 2 tipos de reogramas uno de los cuales será el barrido de deformación el cual tendrá como objetivo principal determinar el RVL. Adicionalmente se realizará el barrido de frecuencias el cual nos indicará el aspecto mecánico de la matriz, obteniendo el comportamiento de los módulos G' , G'' , G^* , δ° y de esta forma poder interpretar los parámetros, para determinar si la matriz viscolastica posee características de un cuerpo elástico o viscoso.

4.5. Obtención de materia grasa por Método de Bligh-Dyer.

Inicialmente se pesa la muestra (usando 50 g) se coloca en la licuadora agregando 70 ml agua, 200 ml metanol, 100 ml de cloroformo (midiendo los volúmenes con probeta). Posteriormente se agita 2 minutos y se vuelve a agregar 100 ml de agua destilada, 100 ml cloroformo y agitando por 30 segundos más. Luego la mezcla se lleva a filtración al vacío (usando papel filtro whatman N°1, y un embudo Buschner y kitasato) se va lavando el residuo con cloroformo para extraer todo el aceite, cuando no se puede extraer más, el filtrado se deja en un recipiente de vidrio por una noche para separar las fases (siendo 3: aceite/solvente, agua y sólidos). La fase clorofórmica se encuentra en la parte inferior del recipiente, por lo que, el sobrenadante sólido y la fase acuosa es retirada por un sistema de succión. La fase clorofórmica es filtrada en un embudo normal con algodón (en el que se coloca 3 g de sulfato de sodio; con el fin de eliminar todo resto de agua que pueda quedar). En un matraz de balón previamente pesado, es llevado al rota-vapor para eliminar el cloroformo (para que esto ocurra se usa una temperatura entre $30 - 35^{\circ}\text{C}$). Después de esto, se obtiene el aceite y para asegurar que no queden trazas de solvente, al aceite se le pone en contacto con gas nitrógeno para eliminar todo indicio de cloroformo. A continuación se pesa el matraz de balón y por diferencia de pesos se obtiene la cantidad aceite que contiene la muestra. (Bligh,E.G. & Dyer,W.J. 1959).

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

5.1. Clasificación Reológica de las curvas de flujo.

La (Figura 3 hasta 8), muestra los reogramas de η v/s $\dot{\gamma}$ de pulpa de palta Hass conservada durante su maduración post cosecha condiciones de almacenamiento de (5 y 20°C) durante periodo de maduración. Con este análisis se pudo determinar el comportamiento que presentaba la viscosidad aparente en las diferentes cosechas. Se pudo determinar que la estructura de la pulpa de palta sufrió una disminución significativa en la viscosidad aparente a medida que el gradiente de velocidad de cizalla iba incrementándose. Y entre más alto velocidad de cizalla, mayor fue la disminución en la viscosidad, además se pudo apreciar que la viscosidad en lo general disminuía a lo largo del periodo de post cosecha. Estos comportamientos se mantuvieron en todas las cosechas que fueron analizadas. De esta forma se confirmó un comportamiento típico de fluido No-newtoniano, Pseudoplastico durante la maduración lo cual era de esperar, debido a los numerosos estudios realizados a frutas y verduras, como en el estudio de Tabilo-Munizaga & Barbosa-Cánovas, 2005. En el (anexo 8.1. y 8.2.) la cual muestra los comportamientos gráficos que sufre el reograma τ v/s $\dot{\gamma}$ mostrando un clásico comportamiento Pseudoplastico similares comportamientos se obtuvieron en la investigación hecha por D. H. Pelegrine, F. C. Silva and C. A. Gasparetto , 2002. La cual trata del comportamiento reológico de la pulpa de piña y mango llegando a la misma conclusión.

Figura 3: *Pulpa a 5°C. t0: grafica roja, t1 grafica verde claro, t2 grafica azul y t3 grafica verde.

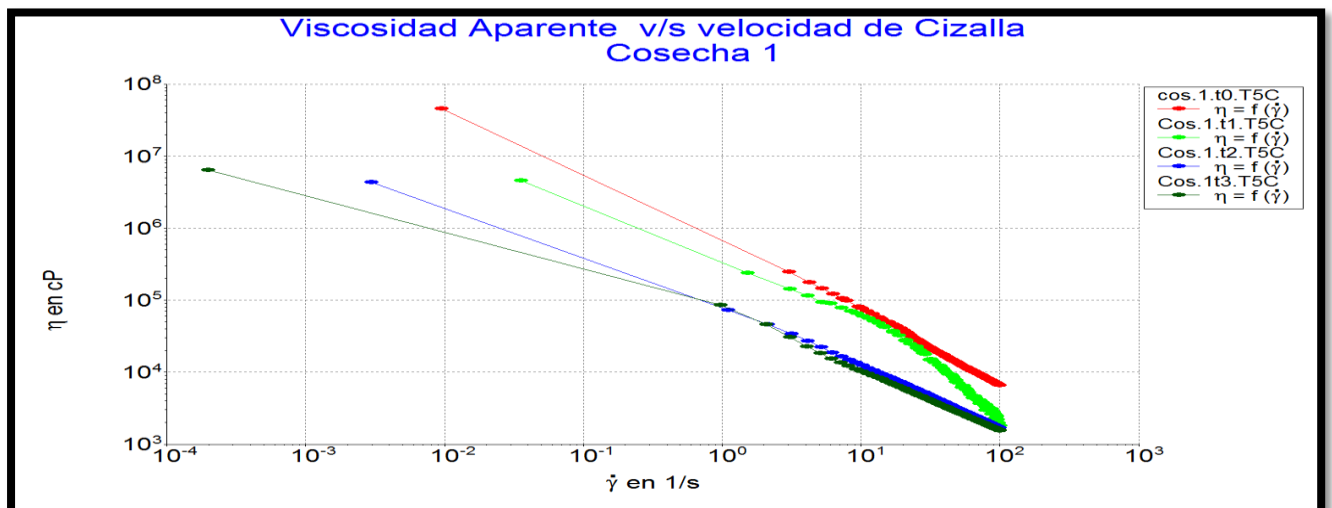


Figura 4:* Pulpa a 5°C. to: grafica roja, t1 grafica verde claro, t2 grafica azul y t3 grafica verde.

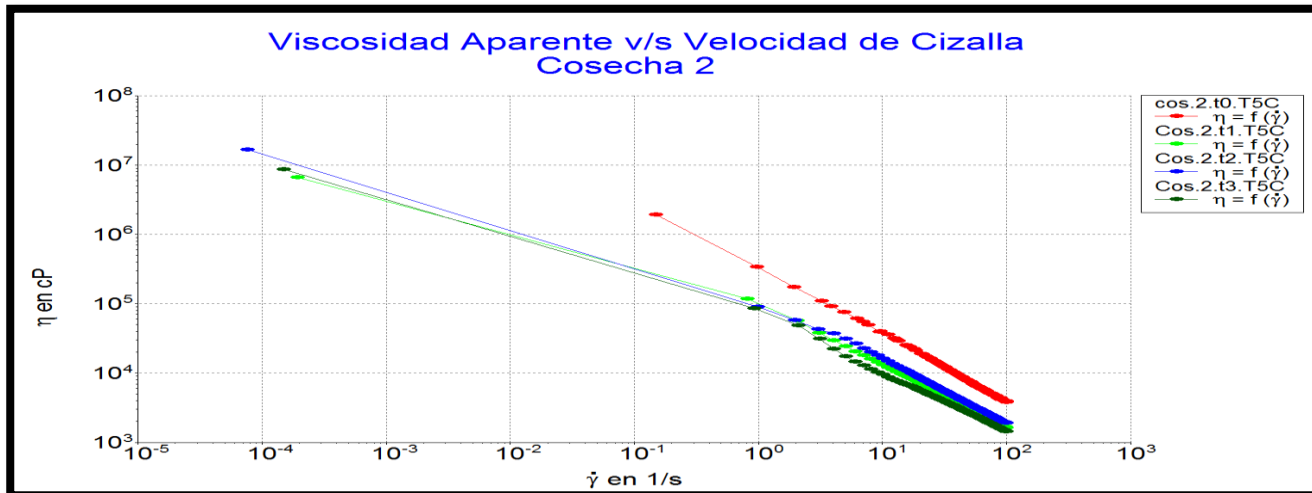


Figura 5:* Pulpa a 5°C. to: grafica roja, t1 grafica verde claro, t2 grafica azul y t3 grafica verde.

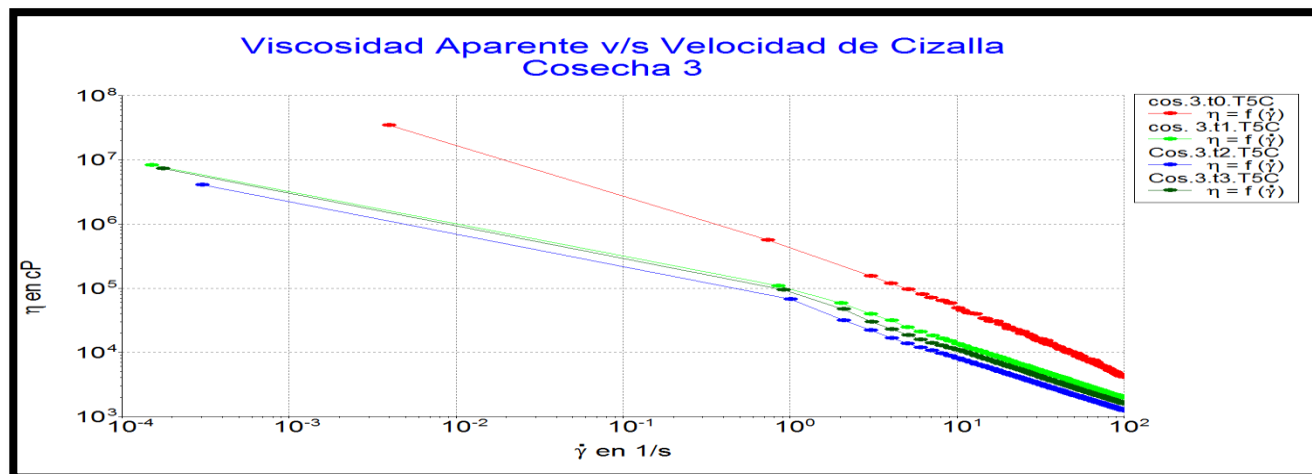


Figura 6: *(Pulpa a 20°C. to: grafica roja, t1 grafica verde claro, t2 grafica azul y t3 grafica verde.

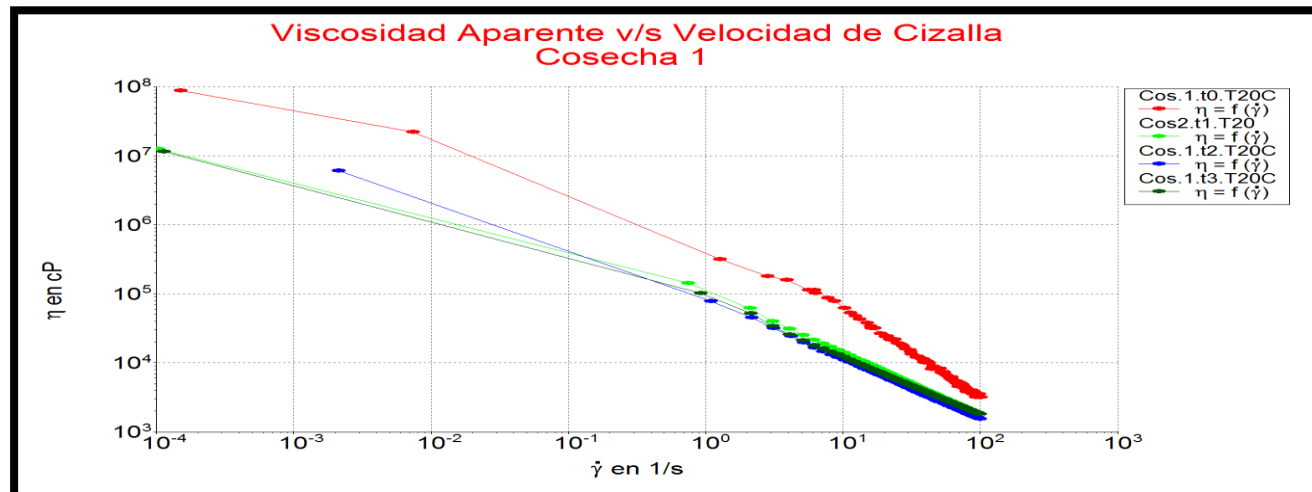


Figura 7: *(Pulpa a 20°C. to: grafica roja, t1 grafica verde claro, t2 grafica azul y t3 grafica verde.

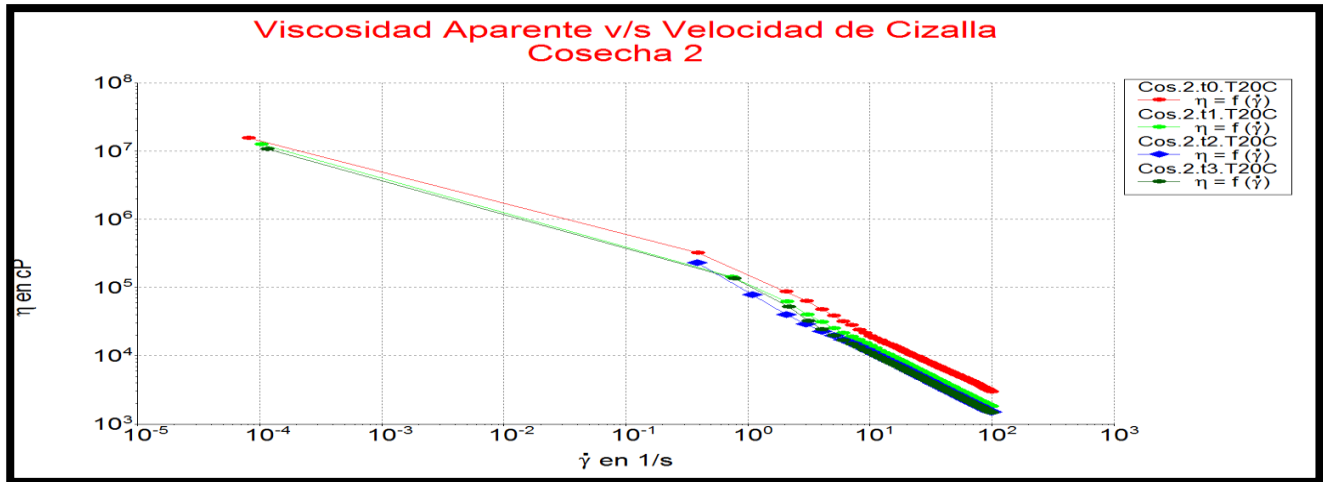
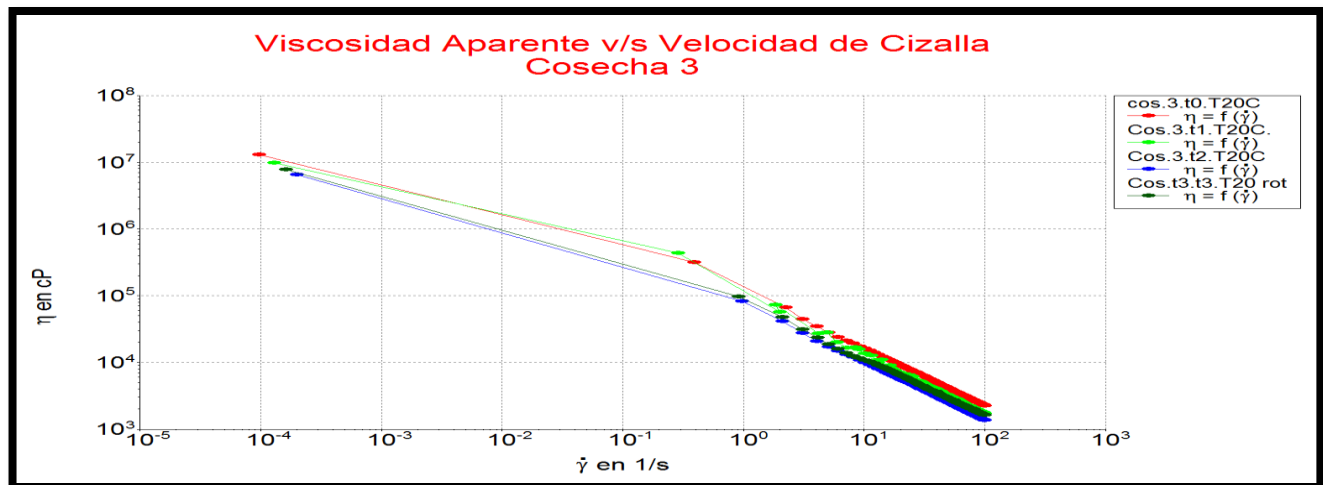


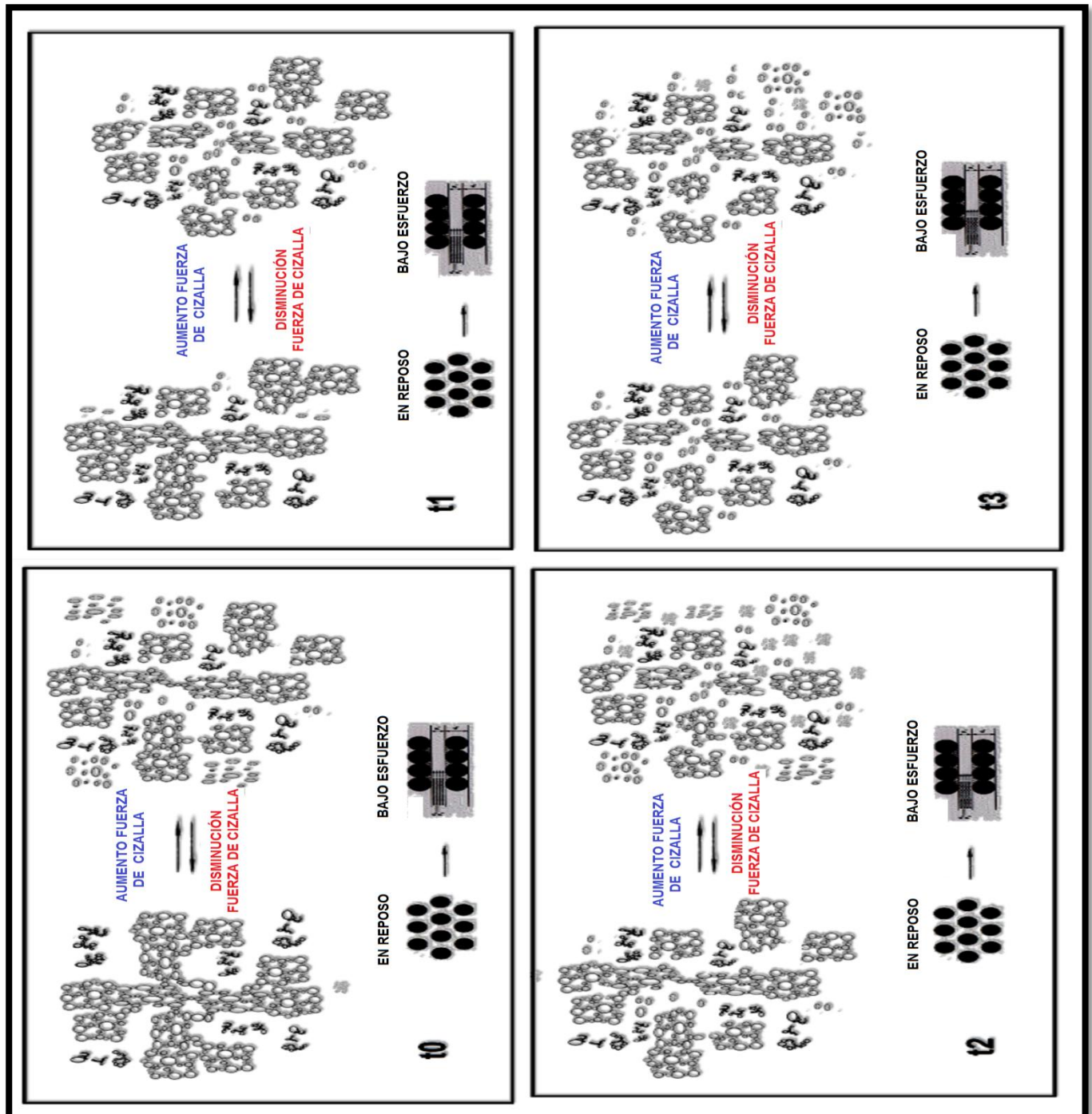
Figura 8: *(Pulpa a 20°C. to: grafica roja, t1 grafica verde claro, t2 grafica azul y t3 grafica verde.



A medida que el fruto comienza madurar y/o al ser sometidas a una fuerza de cizalla creciente, los débiles enlaces físicos y la red estructural celular inicial de la pulpa de fruta se van des aglomerando parcialmente, liberando fragmentos de material vegetal que forman nuevos aglomerados de partículas (disminuyendo de forma sostenida la viscosidad aparente) (Barnes 1989). Dichos aglomerados al seguir sometidos a un mayor tiempo de aplicación y fuerza cizalla, provocan la ruptura de los aglomerados de partículas transformándose en partículas primarias o unidades de flujo. Las nuevas estructuras que se van formando de la red estructural van siendo reordenadas, y los aglomerados y las unidades de flujo más pequeñas ayudan a la lubricación de las más grandes favoreciendo el flujo de este, La principal razón para la disminución de la viscosidad del sistema con el

aumento de la velocidad de cizalla es la disminución de parte de la disipación de energía, que se atribuye a la ruptura de enlaces entre partículas (el número de enlaces es menor para altas velocidades de cizalla). En la (figura 9) se muestra esquemáticamente la matriz al someterla a una fuerza de cizallamiento creciente en los diferentes tiempos de maduración.

Figura 9: Comportamiento molecular que sufre la matriz al someterla a una fuerza de cizallamiento creciente en los diferentes tiempos de maduración.



5.2. Modelamiento reológico de las curvas de flujo.

Se obtuvo que, los modelos de Cross-Williamson y Herschel-Bulkley fueron los que mejor representaron el comportamiento que sufría la viscosidad aparente en las cosechas a diferentes condiciones de almacenamiento. La razón por la cual se eligió el modelo Ostwald de Waele fue porque es el modelo más utilizado para describir comportamientos reológicos de los fluidos pseudoplásticos, por lo que se esperaba tener buenas predicciones para la viscosidad aparente de todas las cosechas, sin embargo este modelado se alejó demasiado del comportamiento en algunos puntos de maduración de las cosechas a condiciones de refrigeración. Esto se pudo obtener por medio de los estadísticos χ^2 y r^2 que se muestran en las (tablas 1 y 2) además se detalla los valores que se obtuvieron de las constantes correspondientes para los cuatro modelos que anteriormente fueron mencionados.

Sin embargo el modelo de Bingham que se utiliza para estudiar plásticos ideales, pudo predecir el comportamiento de la pulpa de palta, esto se debió a que en el espectro mecánico de dicha matriz, se pudo identificar un comportamiento viscolástico, ya que, se obtuvieron simultáneamente las componentes elástica y viscosa. Además se observó que el módulo G' era mayor que el módulo G'' , evidenciando un comportamiento en su viscosidad aparente semejante a la de un cuerpo elástico (plástico).

En otra investigación referidas al comportamiento reológico de la pulpa de banana verde realizada por Dayane R. Izidoro_, Agnes P. Scheer, Maria-Rita Sierakowski, Charles W.I. Haminiuk, 2008. Determinaron que el modelado que mejor se ajustaba a este tipo de pulpa era el modelo Herschel-Bilkley, por lo cual los resultados que se obtuvieron en estudio estuvieron muy cercanos.

Tabla 1: Constantes estimadas de Ostwald de Waele, Cross, Herschel-Bulkey, y Bingham a una Temperatura de almacenamiento de 5°C.

Temperatura de Almacenamiento 20 °C													
		Cosecha1	Cosecha2	Cosecha3	Cosecha1	Cosecha2	Cosecha 3	Cosecha1	Cosecha2	Cosecha 3	Cosecha1	Cosecha2	Cosecha 3
		0 Días			20 Días			40 Días			50 Días		
O-de-W	Parameter	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
	K	3.192E+04	1.477E+05	1.349E+05	1.097E+05	1.097E+05	1.276E+05	8.547E+04	9.057E+04	8.031E+04	9.446E+04	7.360E+04	8.781E+04
	n	5.000E-01	1.621E-01	8.090E-02	1.129E-01	1.129E-01	9.637E-03	1.221E-01	4.919E-02	9.336E-02	1.195E-01	1.971E-01	1.080E-01
	r ²	2.140E-02	9.992E-01	9.996E-01	9.988E-01	9.988E-01	9.994E-01	9.920E-01	9.982E-01	9.986E-01	9.986E-01	9.978E-01	9.978E-01
	Chi ²	4.750E+14	8.833E+07	4.285E+07	2.844E+07	2.844E+07	1.195E+08	6.868E+06	1.004E+08	1.256E+07	1.921E+07	3.145E+09	2.676E+07
H-B	Parameter												
	σ ₀	-2.116E+05	-2.017E+06	1.094E+05	-6.467E+05	-6.467E+05	3.042E+05	-1.128E+05	8.769E+04	7.251E+04	5.755E+04	-4.280E+05	7.105E+04
	K	6.158E+05	2.169E+06	2.244E+04	7.566E+05	7.566E+05	-1.767E+05	1.980E+05	2.155E+02	8.483E+03	5.755E+04	5.078E+05	1.709E+04
	n	1.009E-01	1.252E-02	3.697E-01	1.850E-02	1.850E-02	-6.706E-03	1.980E+05	2.982E-01	4.716E-01	2.493E-01	2.528E-02	3.687E-01
	r2	1.000E+00	9.996E-01	9.998E-01	9.990E-01	9.990E-01	9.994E-01	9.992E-01	9.970E-01	9.994E-01	9.988E-01	9.982E-01	9.982E-01
	Chi ²	6.485E+09	4.466E+07	2.432E+07	2.390E+07	2.390E+07	1.198E+08	6.646E+06	1.780E+08	5.475E+06	1.768E+07	2.672E+09	2.209E+07
Bing	Parameter												
	σ ₀	1.636E+05	1.283E+05	1.255E+05	1.085E+05	1.085E+05	1.259E+05	8.896E+04	8.655E+04	8.148E+04	9.578E+04	3.706E+04	8.860E+04
	n ₀	1.484E+04	3.838E+03	1.949E+03	1.505E+03	1.505E+03	6.077E+02	1.175E+03	2.748E+03	9.733E+02	1.445E+03	3.306E+03	1.257E+03
	r ²	9.998E-01	9.882E-01	9.986E-01	9.924E-01	9.924E-01	9.996E-01	9.936E-01	9.992E-01	9.978E-01	9.946E-01	9.934E-01	9.956E-01
	Chi ²	8.066E+10	1.324E+09	1.426E+08	1.888E+08	1.888E+08	9.192E+07	5.911E+07	5.174E+07	1.982E+07	7.422E+07	9.513E+09	5.267E+07
Cross	Parameter												
	n ₀	2.017E+08	9.543E+05	9.619E+06	6.046E+05	6.046E+05	1.488E+07	4.697E+05	4.665E+07	1.086E+07	7.315E+05	1.647E+06	7.814E+05
	n _w	-7.891E+03	1.227E+03	8.076E+02	5.910E+02	5.910E+02	8.752E+02	4.663E+02	1.056E+03	4.720E+02	7.371E+02	1.558E+03	7.757E+02
	y ₀	5.863E-04	1.979E-01	1.126E-02	2.275E-01	2.275E-01	9.387E-03	2.078E-01	1.778E-03	5.533E-03	1.399E-01	7.497E-02	1.223E-01
	n	8.257E-01	9.881E-01	9.505E-01	1.003E+00	1.003E+00	1.022E+00	9.704E-01	9.915E-01	9.425E-01	9.721E-01	1.121E+00	9.846E-01
	r ²	1.000E+00	9.998E-01	9.998E-01	9.994E-01	9.994E-01	9.996E-01	9.996E-01	9.992E-01	9.992E-01	9.990E-01	9.986E-01	9.984E-01
	Chi ²	3.834E+09	1.201E+07	2.488E+07	1.478E+07	1.478E+07	9.022E+07	4.456E+06	5.074E+07	7.339E+06	1.434E+07	2.177E+09	1.989E+07

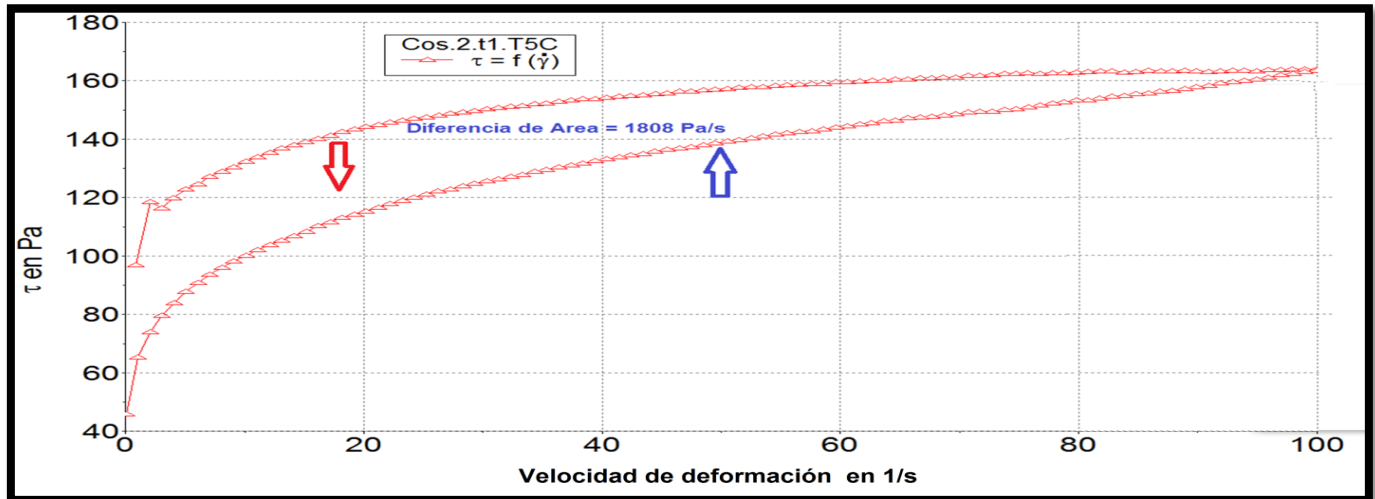
Tabla 2: Constantes estimadas de Ostwald de Waele, Cross, Herschel-Bulkey, y Bingham a una Temperatura de almacenamiento de 20°C.

Temperatura de Almacenamiento 5 °C													
		Cosecha1	Cosecha2	Cosecha3	Cosecha1	Cosecha2	Cosecha 3	Cosecha1	Cosecha2	Cosecha 3	Cosecha1	Cosecha2	Cosecha 3
		0 Días			20 Días			40 Días			50 Días		
O-de-W	Parameter	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
	K	6.522E+06	1.000E+00	4.097E+04	1.824E+04	1.005E+05	9.592E+04	6.965E+04	9.464E+04	6.589E+04	8.342E+04	9.464E+04	8.611E+04
	n	7.524E-01	5.000E-01	5.000E-01	5.000E-01	1.251E-01	1.644E-01	2.905E-01	2.165E-01	8.817E-02	1.113E-01	9.464E+04	1.055E-01
	r ²	7.755E-01	1.010E-02	2.618E-02	2.262E-02	9.990E-01	9.976E-01	1.000E+00	9.890E-01	9.958E-01	9.982E-01	9.890E-01	9.982E-01
	Chi ²	3.593E+15	3.639E+19	1.146E+15	2.021E+13	2.011E+07	3.869E+07	2.253E+08	1.622E+08	2.422E+07	1.723E+07	1.622E+08	2.095E+07
H-B	Parameter												
	σ ₀	-1.204E+04	2.996E+05	-3.836E+05	-1.073E+06	-1.310E+06	-1.815E+06	-3.923E+04	-3.648E+06	6.461E+04	5.896E+04	-3.648E+06	7.070E+04
	K	3.849E+06	1.010E+11	7.945E+05	1.430E+06	-1.310E+06	1.911E+06	1.192E+05	3.740E+06	2.318E+03	2.486E+04	3.740E+06	1.576E+04
	n	5.071E-01	1.202E+09	7.644E-02	9.998E-01	1.046E-02	1.038E-02	1.424E-01	8.115E-03	7.527E-01	2.841E-01	8.115E-03	3.763E-01
	r2	9.918E-01	1.000E+00	1.000E+00	9.647E-01	9.992E-01	9.986E-01	1.000E+00	9.950E-01	9.880E-01	9.984E-01	9.950E-01	9.986E-01
	Chi ²	1.317E+14	1.718E+11	2.880E+09	3.033E+06	1.406E+07	2.294E+07	1.813E+07	7.243E+07	7.099E+06	1.567E+07	7.243E+07	1.623E+07
Bing	Parameter												
	σ ₀	4.316E+05	2.996E+05	1.370E+05	1.626E+05	9.697E+04	9.702E+04	1.283E+04	1.003E+05	6.664E+04	8.504E+04	1.003E+05	8.695E+04
	n ₀	1.101E+04	1.905E+03	1.661E+04	1.295E+04	3.112E+03	1.964E+03	5.489E+03	2.387E+03	8.632E+02	1.169E+03	2.387E+03	1.197E+03
	r ²	1.000E+00	1.000E+00	9.998E-01	9.978E-01	9.904E-01	9.823E-01	9.996E-01	9.502E-01	9.984E-01	9.954E-01	9.502E-01	9.962E-01
	Chi ²	2.604E+13	9.330E+08	1.588E+11	4.510E+10	1.748E+08	2.903E+08	6.523E+09	7.282E+11	9.949E+06	4.581E+07	7.282E+08	4.368E+07
Cross	Parameter												
	n ₀	1.398E+08	-6.032E+09	7.274E+07	4.578E+06	5.145E+05	2.986E+05	1.169E+07	1.907E+05	1.923E-01	4.485E+05	1.907E+05	1.165E+06
	n _w	-2.789E+03	1.615E+05	-2.778E+03	5.291E+02	4.246E+02	8.456E+02	-9.378E+02	-1.806E+02	7.586E+02	8.194E+02	-1.806E+02	6.433E+02
	y ₀	4.469E-03	6.498E+21	3.548E-03	4.955E+01	2.386E-01	4.822E-01	1.478E-03	8.796E-01	3.163E-03	2.323E-01	8.796E-01	7.235E-02
	n	9.695E-01	-2.288E-01	9.094E-01	1.000E+00	9.821E-01	1.022E+00	7.633E-01	9.655E-01	9.844E-01	1.017E+00	9.655E-01	9.631E-01
	r ²	1.000E+00	1.000E+00	1.000E+00	1.000E+00	9.996E-01	9.996E-01	1.000E+00	9.992E-01	9.984E-01	9.990E-01	9.992E-01	9.986E-01
	Chi ²	7.499E+10	7.432E+10	5.260E+07	9.560E+08	7.249E+06	6.596E+06	1.098E+07	1.092E+07	9.021E+06	1.099E+07	1.092E+07	1.530E+07

5.3. Área tixotrópica y Dependencia del tiempo.

Para poder determinar el área tixotrópica se utilizó el reograma (τ v/s $\dot{\gamma}$ en un rango de 0,1 a 100 Pa s. Y de 100 a 0,1 Pa s. en modo Control Rate). Obteniendo los valores de las áreas tixotrópicas, de la siguiente forma como se muestra en la (figura 10).

Figura 10: Obtención del área tixotrópica expresada en Pa/s a modo ejemplo.



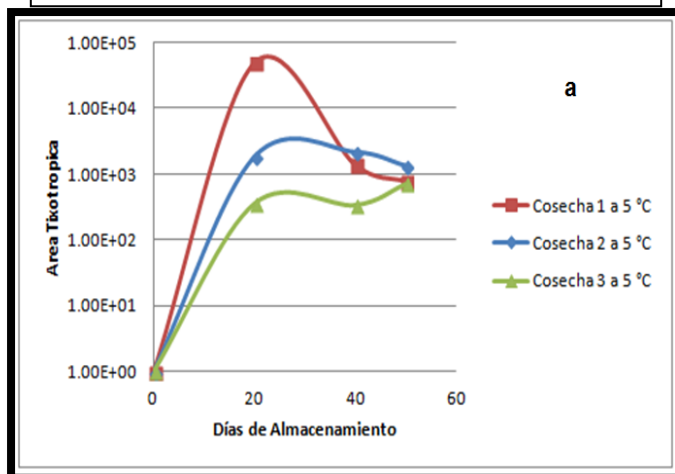
Se determinó que en las tres cosechas almacenadas a 5°C a tiempo t0, no presentó área Tixotrópica (o área negativa) lo que se detalla en la (tabla 3), esto indica que la matriz analizada en este punto no posee una clara dependencia del tiempo dando un comportamiento grafico constante en el respectivo reograma, el comportamiento grafico de las cosechas a condiciones de refrigeración se detallan en el (anexo 8.9.). En cambio para los tiempos t1, t2 y t3 si presentaron área tixotrópica, evidenciando en la matriz una clara dependencia del tiempo. Por otra parte, para las tres cosechas almacenadas a 20°C, en los cuatro tiempos de maduración (T0, T1, T2 y T3) presentaron área tixotrópica positiva, demostrando de esta forma una dependencia clara del tiempo. Además en la (figura 11 a y el b) muestra el comportamiento que va teniendo el área tixotrópica a lo largo del periodo de maduración para ambas temperaturas de almacenamiento, observando que en las cosechas almacenadas a temperatura de refrigeración 5°C sufrían en el tiempo t1 (20 días) un gran diferencia en sus áreas tixotrópicas **indicando una clara variación en su estructura molecular, lo cual podría indicar el momento en el cual el fruto comienza a deteriorarse.**

Tabla 3: Valores del área tixotrópica (expresadas en Pa / s) de las tres cosechas para ambas temperaturas de almacenamiento.

Area Tixotropica Temperatura de Almacenamiento 5 °C					
Cosecha	Tiempo en días	Temperatura en °C	Segmentos en 1/s	Area Pa/s	Diferencia Pa
1	0	5	0,01 - 100	3.432E+04	
1	0	5	100 - 0,01	3.455E+04	-2.33E+02
1	20	5	0,01 - 100	5.453E+04	
1	20	5	100- 0,01	4.887E+03	4.96E+04
1	40	5	0,01 - 100	1.500E+04	
1	40	5	100- 0,01	1.361E+04	1.39E+03
1	50	5	0,01 - 100	1.320E+04	
1	50	5	100- 0,01	1.242E+04	7.800E+02
2	0	5	0,01 - 100	3.431E+04	
2	0	5	100 - 0,01	3.455E+04	-2.400E+02
2	20	5	0,01 - 100	1.514E+04	
2	20	5	100- 0,01	1.333E+04	1.810E+03
2	40	5	0,01 - 100	1.751E+04	
2	40	5	100- 0,01	1.538E+04	2.130E+03
2	50	5	0,01 - 100	1.259E+04	
2	50	5	100- 0,01	1.127E+04	1.320E+03
3	0	5	0,01 - 100	4.673E+04	
3	0	5	100 - 0,01	4.689E+04	-1.600E+02
3	20	5	0,01 - 100	1.672E+04	
3	20	5	100- 0,01	1.636E+04	3.600E+02
3	40	5	0,01 - 100	1.039E+04	
3	40	5	100- 0,01	1.005E+04	3.400E+02
3	50	5	0,01 - 100	1.349E+04	
3	50	5	100- 0,01	1.278E+04	7.100E+02

Area Tixotropica Temperatura de Almacenamiento 20 °C					
Cosecha	Tiempo en días	Temperatura en °C	Segmentos en 1/s	Area Pa/s	Diferencia Pa
1	0	20	0,01 - 100	4.458E+04	
1	0	20	100 - 0,01	3.061E+04	1.397E+04
1	20	20	0,01 - 100	1.611E+04	
1	20	20	100- 0,01	1.422E+04	1.890E+03
1	40	20	0,01 - 100	1.342E+04	
1	40	20	100- 0,01	1.221E+04	1.210E+03
1	50	20	0,01 - 100	1.530E+04	
1	50	20	100- 0,01	1.450E+04	8.000E+02
2	0	20	0,01 - 100	2.543E+04	
2	0	20	100 - 0,01	2.495E+04	4.800E+02
2	20	20	0,01 - 100	1.611E+04	
2	20	20	100- 0,01	1.422E+04	1.890E+03
2	40	20	0,01 - 100	1.321E+04	
2	40	20	100- 0,01	1.185E+04	1.360E+03
2	50	20	0,01 - 100	1.303E+04	
2	50	20	100- 0,01	1.158E+04	1.450E+03
3	0	20	0,01 - 100	1.984E+04	
3	0	20	100 - 0,01	1.836E+04	1.480E+03
3	20	20	0,01 - 100	1.553E+04	
3	20	20	100- 0,01	1.397E+04	1.560E+03
3	40	20	0,01 - 100	1.203E+04	
3	40	20	100- 0,01	1.051E+04	1.520E+03
3	50	20	0,01 - 100	1.392E+04	
3	50	20	100- 0,01	1.252E+04	1.400E+03

Área Tixotrópica v/s Días de Almacenamiento



Área Tixotrópica v/s Días de Almacenamiento

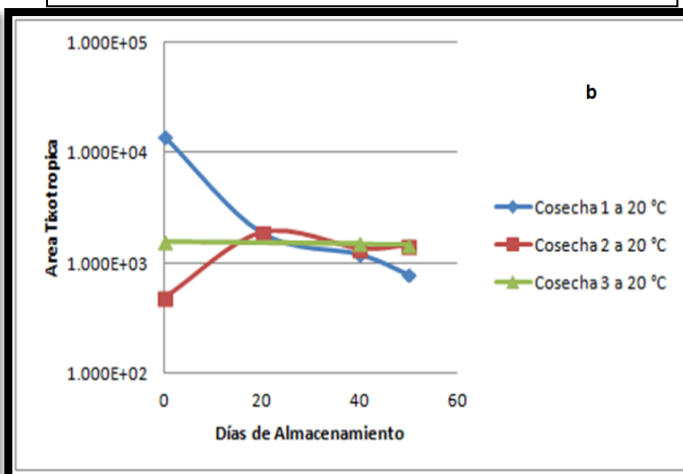


Figura 11 (a y b): Comportamiento del área tixotrópica para las tres cosechas a diferentes temperaturas de almacenamiento. * El área tixotrópica esta expresada en Pa/s.

Para poder determinar con propiedad, si la matriz analizada (pulpa de palta Hass) posee o no alguna dependencia del tiempo y estimar un posible comportamiento (tixotrópico o reopectivo) que pueda presentar la pulpa de palta Hass a condiciones específicas durante la maduración para las tres cosechas, se utilizó el reograma (η v/s tiempo manteniendo constante $\dot{\gamma}$ a 50 1/s en modo "Control Rate" por un periodo de tiempo de 1000 segundos). En la (Figura 12, y 13) el punto t_0 , de la matriz analizada muestra que el comportamiento que sufre la (η) es constante, lo que reafirma la independencia del tiempo. En los puntos t_1 y t_3 la (η) tiene una tendencia a la baja indicando un posible comportamiento tixotrópico. En cambio para el punto t_2 presenta un incremento en la viscosidad aparente evidenciando un posible comportamiento reopectivo. Sin embargo para los tres últimos puntos, se ratifica la dependencia del tiempo. En la (Figura 14) el punto t_0 , se muestra que el comportamiento que sufre la viscosidad aparente es constante, lo que reafirma la independencia del tiempo y en los puntos t_1 , t_2 y t_3 la viscosidad aparente evidencia una sostenida disminución indicando un posible comportamiento tixotrópico, ratificando la dependencia del tiempo. En la (Figura 15, 16 y 17) los puntos T_0 , T_1 , T_2 y T_3 se muestra que la viscosidad aparente tiene una disminución, indicando un posible comportamiento tixotrópico, ratificando la dependencia del tiempo. Sin embargo el punto T_0 de la (figura 16) la tendencia no es concluyente, ya que, en el reograma presenta una dualidad en su comportamiento indicando una tixotropía y reopexia en el análisis.

Además se pudo identificar el periodo máximo de post cosecha para poder realizar la extracción de aceite a condiciones de almacenamiento de 5°C, debido a que, la matriz en el periodo t_0 (0 días) posee un comportamiento independiente del tiempo, típico de fluidos No-Newtonianos, Pseudoplásticos y posteriormente en el tiempo t_1 (20 días) cambia pasando ser un fluido No-Newtoniano, Pseudoplástico con características tixotrópicas (dependencia del tiempo) tal como se observó en los análisis de área tixotrópica. Esto se podría deberse a cambios estructurales, que sufre la matriz en este periodo de tiempo el cual sería provocado principalmente por la degradación de pectinas y hemicelulosas la cual es producida por el deterioro del fruto en el periodo de maduración.

Viscosidad Aparente v/s Tiempo Cosecha 1 a 5°C

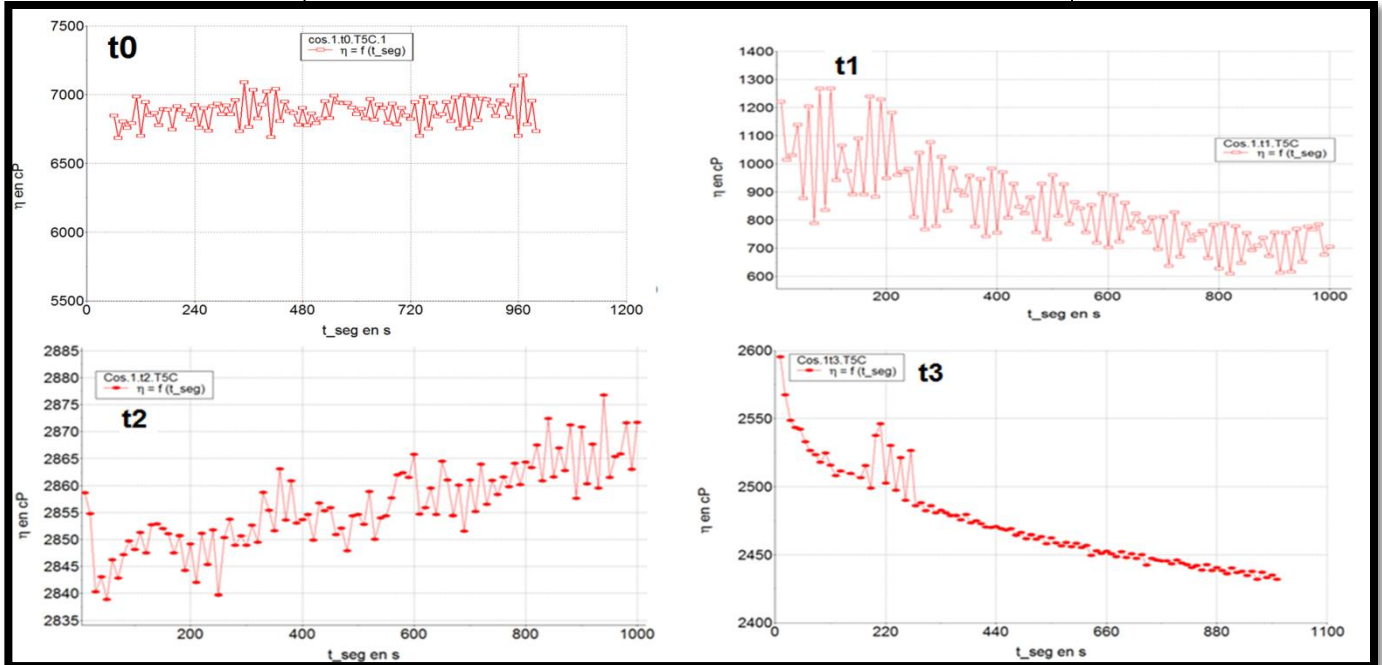


Figura 12: Comportamiento que sufre la viscosidad aparente en los cuatro puntos de maduración para la cosecha 1 almacenada a 5°C.

Viscosidad Aparente v/s Tiempo Cosecha 2 a 5°C

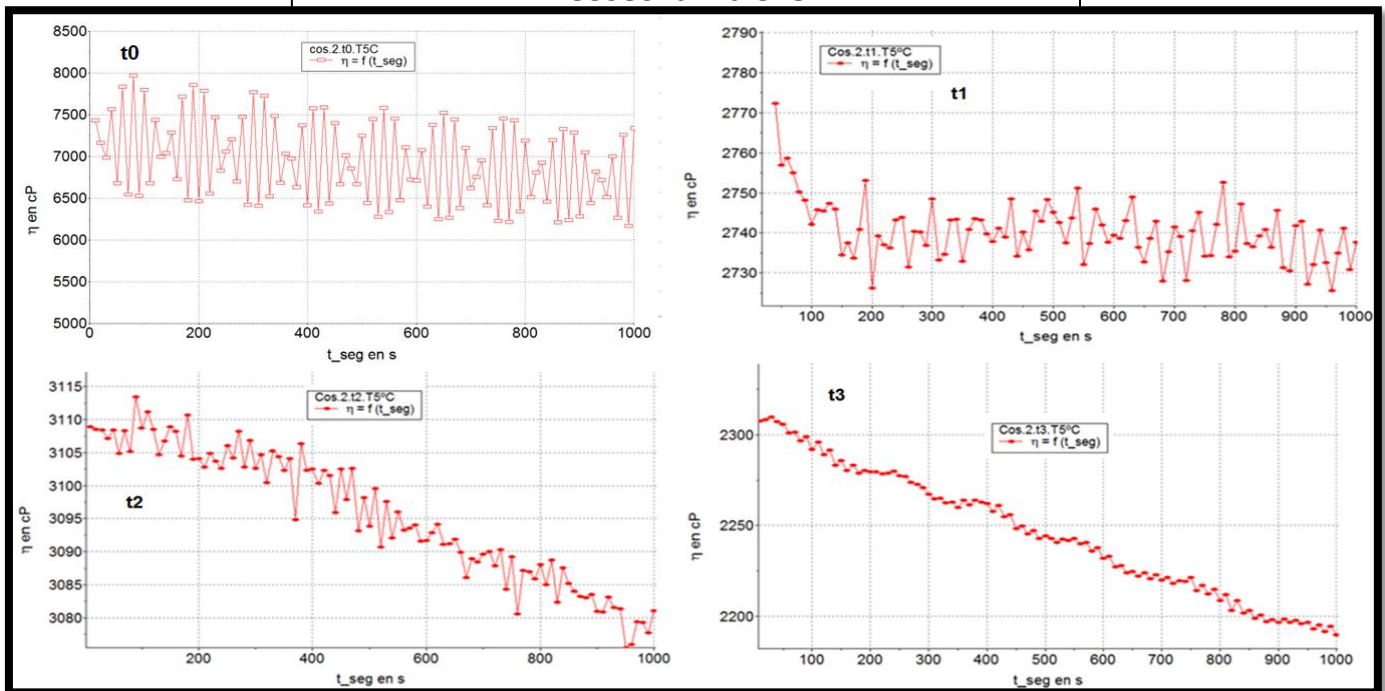


Figura 13: Comportamiento que sufre la viscosidad aparente en los cuatro puntos de maduración para la cosecha 2.

Viscosidad Aparente v/s Tiempo Cosecha 3 a 5°C

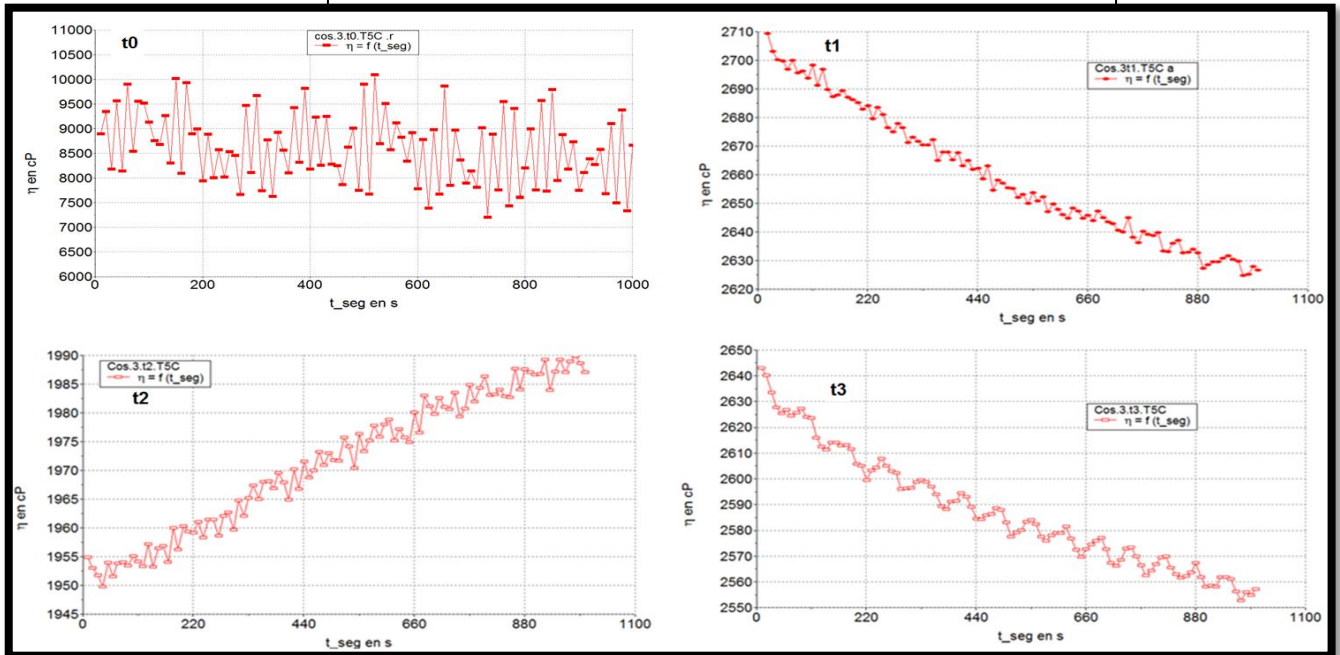


Figura 14: Comportamiento que sufre la viscosidad aparente en los cuatro puntos de maduración para la cosecha 3 almacenada a 5°C.

Viscosidad Aparente v/s Tiempo Cosecha 1 a 20°C

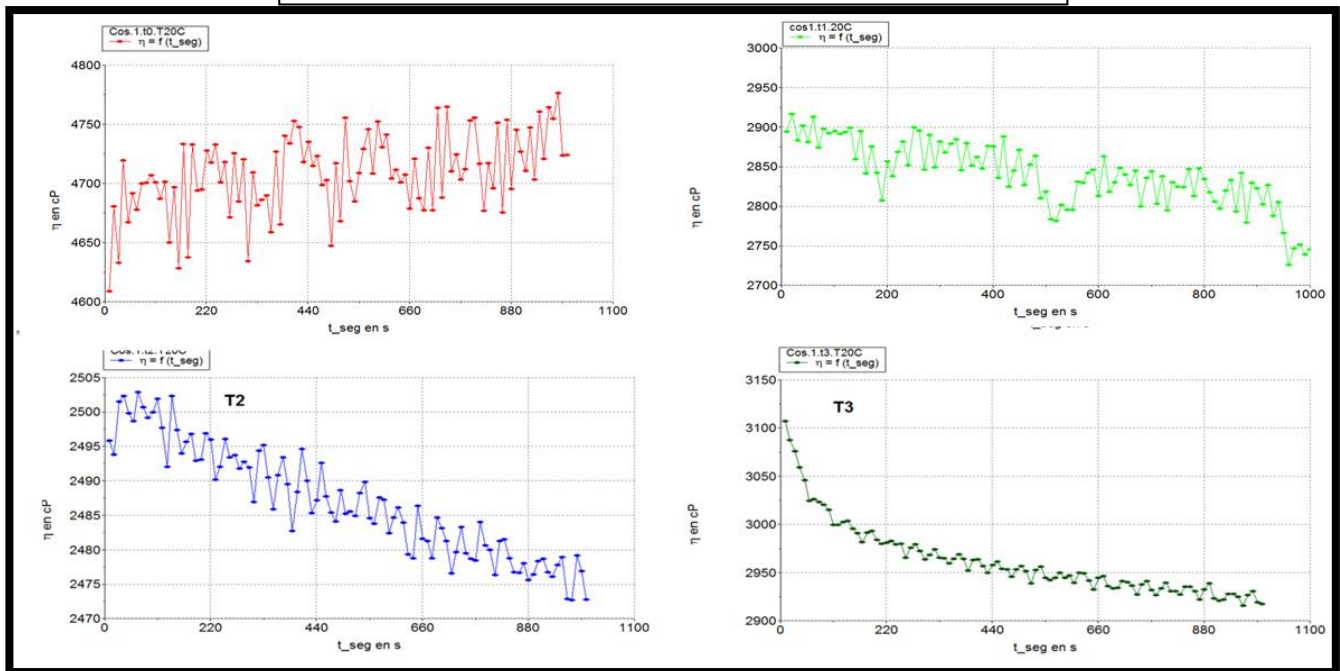


Figura 15: Comportamiento que sufre la viscosidad aparente en los cuatro puntos de maduración para la cosecha 1 almacenada a 20°C.

Viscosidad Aparente v/s Tiempo Cosecha 2 a 20°C

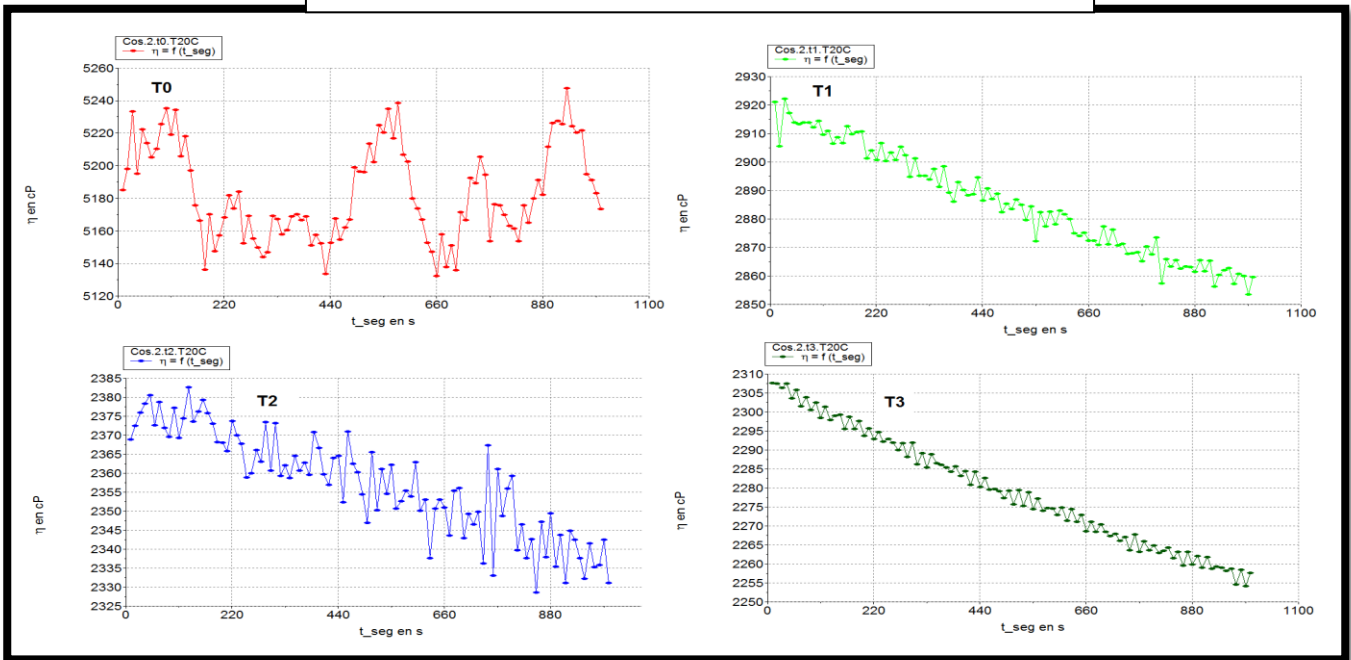


Figura 3 Comportamiento que sufre la viscosidad aparente en los cuatro puntos de maduración para la cosecha 2 almacenada a 20°C.

Viscosidad Aparente v/s Tiempo Cosecha 3 a 20°C

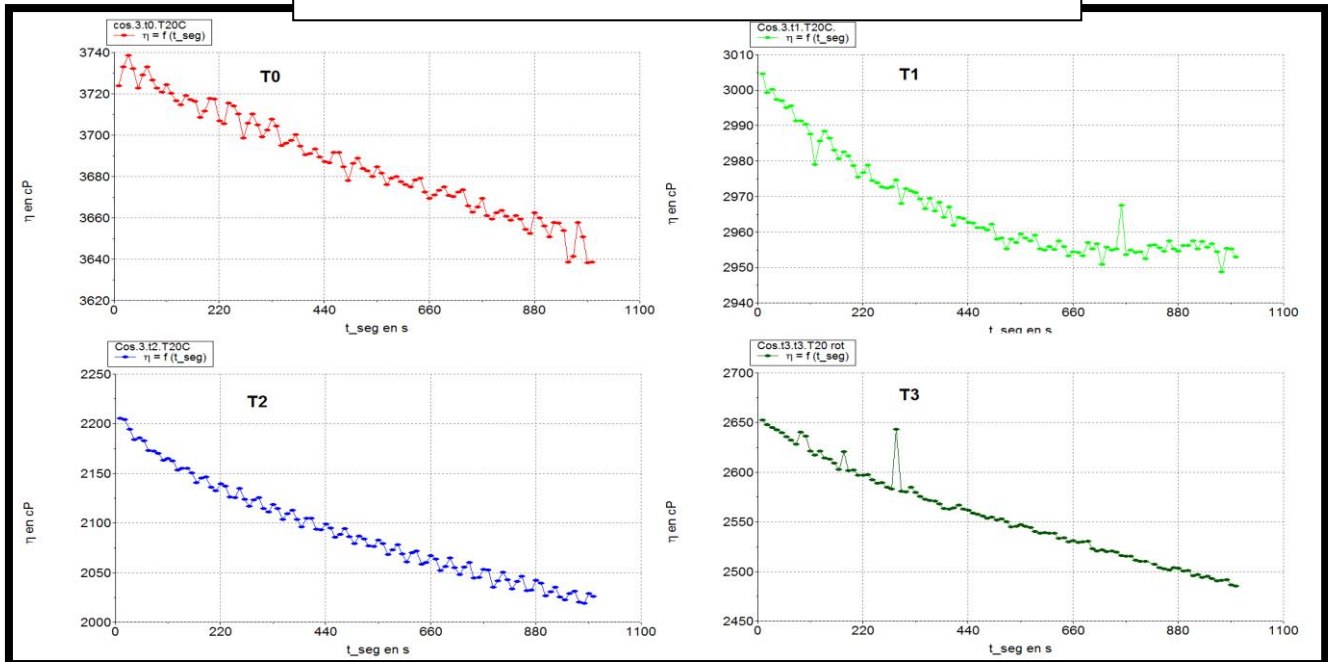


Figura 17: Comportamiento que sufre la viscosidad aparente en los cuatro puntos de maduración para la cosecha 3 almacenada a 20°C.

5.4. Comportamiento de la viscosidad durante la maduración.

El comportamiento que presentó la viscosidad aparente de la pulpa de palta Hass (*Persea Americana Mill*) tanto en condición de refrigeración a 5°C como ambiental a 20°C, comparando los puntos de maduración extremos (t0 con t3) fue: La disminución de este parámetro, pasando de una viscosidad aparente media para la cosecha 1, 2 y 3 de: (1.79E+05 cP; 3.80E+04 cP ; 3.72E+05 cP) a (5.58E+03 cP; 5.41E+03 cP ; 5.76E+03 cP) sufriendo una baja del 97,2 % aproximadamente. Y (2.46E+05 cP; 1.25E+04 cP ; 1.13E+04 cP) a (6.49E+03 cP ; 1.13E+04 cP ; 5.98E+03 cP) sufriendo una baja del 93,7% respectivamente, además se muestra en las figuras (18 y 19) el comportamiento grafico que tuvo la viscosidad aparente a lo largo del periodo de maduración a diferentes condiciones de almacenamiento. La viscosidad aparente estadísticamente no presentó diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre cosechas y temperatura de almacenamiento. Sin embargo sí presentó una diferencia significativa entre los días de maduración, registrando un p-valor de 0,0116, para más detalle véase en el (anexo 8.13.).

Cabe señalar que la viscosidad aparente en esta investigación depende fundamentalmente de la maduración a condiciones establecidas incluyendo la tasa de respiración y de deshidratación del fruto a lo largo del tiempo de almacenamiento. Los valores detallados para cada periodo de maduración en ambas temperaturas de almacenamiento se encuentran en la **tabla 4**.

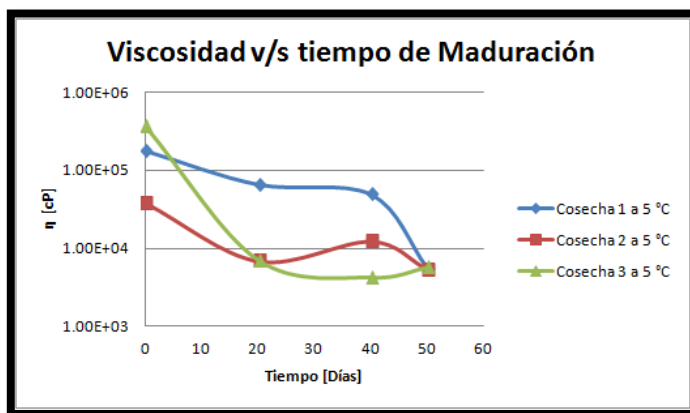


Figura 18: Variación de la viscosidad aparente media para condición de refrigeración 5°C.

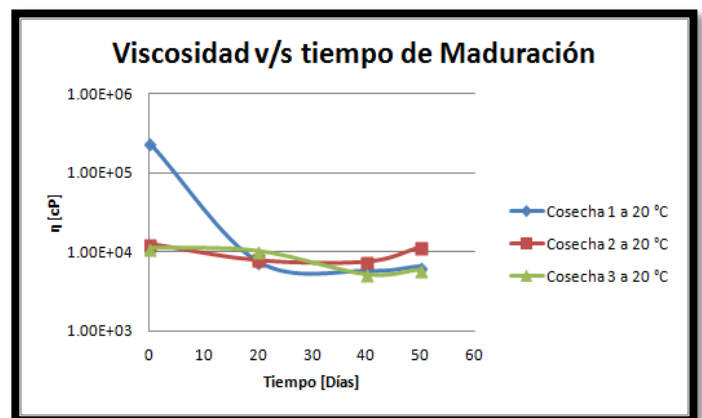


Figura 49: Variación de la viscosidad aparente media para condición refrigeración 20°C.

Tabla 4: Valores detallados de viscosidad Aparente para cada periodo de maduración.

Viscosidad Aparente					
Cosecha	Tiempo en Días	Temperatura en °C	Valor Mín.	Valor máx.	Valor Medio
1	0	5	3.48E+03	1.63E+07	1.79E+05
1	20	5	1.74E+03	4.58E+06	6.61E+04
1	40	5	1.68E+03	4.32E+06	4.92E+04
1	50	5	1.55E+03	8.51E+04	5.58E+03
2	0	5	3.80E+03	1.91E+06	3.80E+04
2	20	5	1.64E+03	1.18E+05	6.90E+03
2	40	5	1.90E+03	6.39E+05	1.23E+04
2	50	5	1.43E+03	8.51E+04	5.41E+03
3	0	5	4.10E+03	3.45E+07	3.72E+05
3	20	5	1.96E+03	1.07E+05	7.16E+03
3	40	5	1.24E+03	6.69E+04	4.29E+03
3	50	5	1.58E+03	9.35E+07	5.76E+03

Viscosidad Aparente					
Cosecha	Tiempo en Días	Temperatura en °C	Valor Mín.	Valor máx.	Valor Medio
1	0	20	3.17E+03	2.22E+07	2.46E+05
1	20	20	1.81E+03	1.42E+05	7.48E+03
1	40	20	1.53E+03	7.84E+04	5.65E+03
1	50	20	1.80E+03	1.01E+05	6.49E+03
2	0	20	2.98E+03	3.24E+05	1.25E+04
2	20	20	1.81E+03	1.42E+05	7.48E+03
2	40	20	1.49E+03	2.28E+05	7.80E+03
2	50	20	1.46E+03	1.20E+06	1.13E+04
3	0	20	2.26E+03	3.19E+05	1.03E+04
3	20	20	1.73E+03	4.38E+05	1.05E+04
3	40	20	1.36E+03	8.29E+04	5.20E+03
3	50	20	1.61E+03	9.59E+04	5.92E+03

5.5. Comportamiento de la textura durante la maduración.

5.5.1 Dureza o firmeza Determinada por un Penetrometro.

Para condiciones de refrigeración en las cosechas 1, 2 y 3 tuvieron una sostenida disminución en la dureza del orden del 87% promedio, pasando de (27Lb-f; 27Lb-f; 27Lb-f) a (2,8±0.58Lb-f; 3.8±0.76Lb-f; 3.63±0.25Lb-f) a lo largo del periodo de post cosecha. Y para condición ambiente tuvieron una leve disminución del orden del 21% promedio, pasando de (3,2±0.58Lb-f; 3.2±0.29Lb-f; 3.7±0.58Lb-f) a (2.3±0.,29 Lb-f; 2.7±0.58Lb-f; 3±0.5Lb-f) respectivamente, todo esto se muestra en las (figuras 20 y 21). La dureza estadísticamente hablando no se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las variables cosechas y tiempo de maduración, sin embargo, si presentó una diferencia significativa entre las temperaturas de almacenamiento registrando un p-valor de 0.0073 véase en el (anexo 8.11) los resultados. Además en la (tabla 5) se muestra cuanto tiempo demoró en alcanzar la dureza comercial los lotes de palta una vez almacenados a temperatura ambiente de 20°C, estas indicaron una similitud en sus resultados para cada tiempo de maduración entre las cosechas.

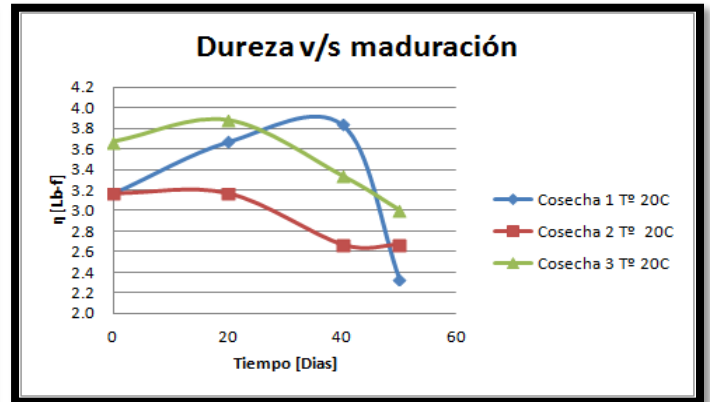
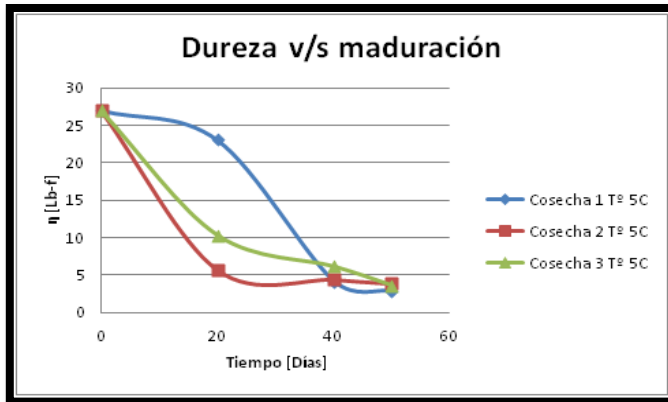


Figura 20: Variación de la dureza por medio del durómetro a condición de refrigeración 5°C.

Figura 21: Variación de la dureza por medio del durómetro a condición de refrigeración 20°C.

Tabla 5: Indica el periodo de maduración en días, que toma alcanzar el valor comercial de 2Lb-f a condición ambiental de 20°C.

Tempo de maduración	CONDICIÓN	COSECHA 1	COSECHA 2	COSECHA 3	PROMEDIO De días
T0	20° C	18	20	16	18 ± 2 días
T1	20° C	7	12	9	9 ± 3 días
T2	20° C	2	2	4	3 ± días
T3	20° C	1	1	2	1 ± días

5.5.2 Dureza o firmeza Determinada por un Texturometro.

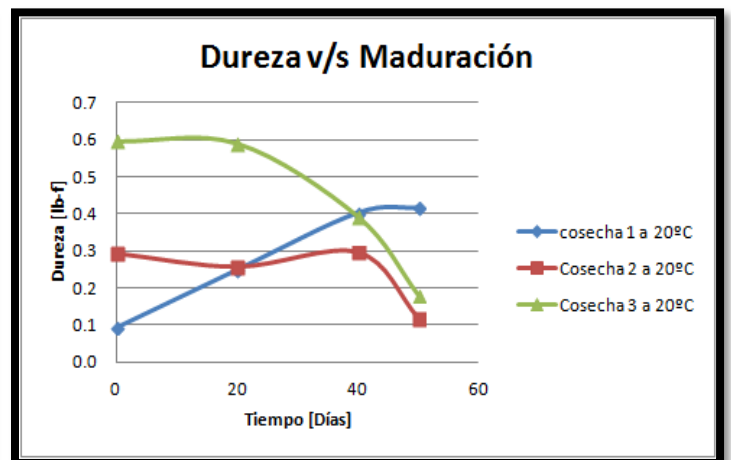
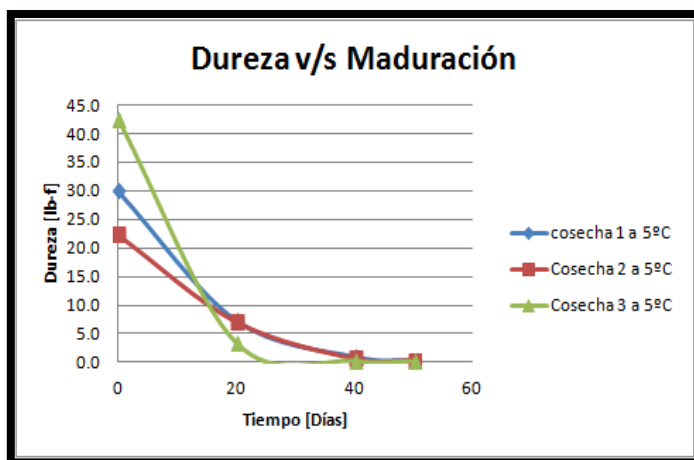


Figura 22: Variación de la dureza por medio del Lloyd en condición de refrigeración 5°C.

Figura 23: Variación de la dureza por medio del Lloyd en condición ambiental 20°C

Se pudo identificar por medio de un texturometro marca Lloyd, para todas las cosechas almacenadas a 5°C la fuerza máxima (resistencia que tiene la matriz a una deformación) expresada en [lb-f] tenia una sostenida disminución a lo largo del periodo de maduración registrando inicialmente (30 lb-f; 22.4 lbf; 42.6 lb-f) hasta finalmente obtener (0.3 lb-f; 0.3 lb-f; 0.2 lb-f) teniendo una reducción en su dureza del 99,2%. En cambio para la condición de almacenamiento de 20°C, dos de las tres cosechas sufrieron una baja de la fuerza máxima, pasando de (0.1 lb-f; 0.3 lb-f; 0.6 lb-f) a (0.4 lb-f; 0.1 lb-f; 0.2 lb-f), registrando un descenso del orden del 30 %, el comportamiento grafico se muestra en las (figuras 22 y 23). Cabe señalar que en un estudio realizado por Sandra Landahl, Marjolaine Dorothe_e Meyer, & Leon Alexander Terry, 2009. Obtuvieron un comportamiento similar con respecto a la fuerza o carga máxima a lo largo del periodo de maduración. El parametro Fueza máxima tuvo diferencias significativas entre los días de maduación y temperatura de almacenamiento de la Palta registrando un (p-valor de 0.0141 y 0.0148) respectivamente. Para mas detalle ver en el (anexo 8.14. y 8.15.).

5.6 Pruebas reológicas Oscilatorias (Dinámicas).

5.6.1. Barrido de Deformación.

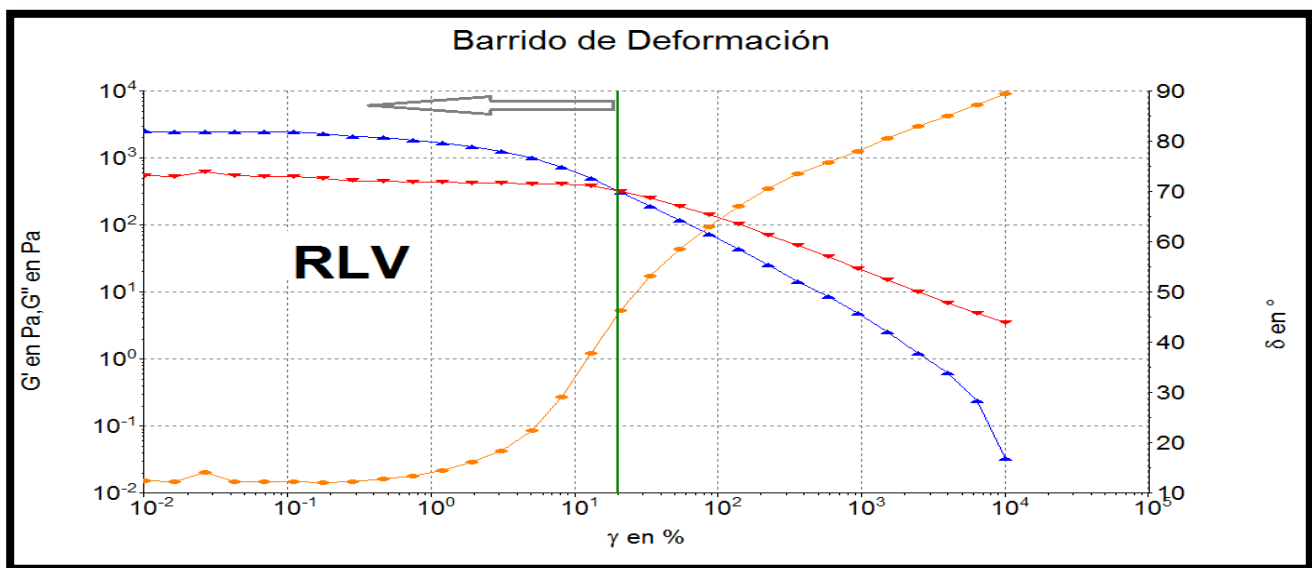


Figura 24: Se muestra el RLV de la pulpa de palta Hass. (G' : valores en azul, G'' : valores rojo y δ : valores en naranja).

El rango lineal viscoelástico de las cosechas en ambas temperaturas se determinó a una frecuencia estándar de 1 Hz alcanzando un rango de amplitud de deformación 10^{-2} a 10^4 % , se eligió este rango debido a que no se contaba con información bibliográfica que diera cuenta de un Rango menor, con esta información se pudo observar y acotar el rango de amplitud de deformación a 10^{-2} a 10^1 % a manera de ejemplo se muestra en la (figura 23).

Una vez determinado la (RLV), se determinó un valor arbitrario de deformación que se encontrase dentro de la región, dicho valor fluctuó entre (0,416 % a ,473%) para todas las cosechas y temperaturas de almacenamiento, con el fin de poder comparar los parámetros obtenidos e interpretar el comportamiento obtenido los datos que se obtuvieron para este propósito se encuentran detallada en la (tabla 6). En el (anexo 8.4. y 8.5) se encuentran los reogramas para las cosechas 2 y 3 a 5°C. Por lo que se determinó, que para las cosechas a condiciones de refrigeración (5°C) y ambiente (20°C) el módulo complejo (G^*), el cual indica la resistencia total que tiene la pulpa de palta Hass a la deformación. Dicho Módulo disminuía a lo largo del periodo de maduración con la excepción de la cosecha 1 a 20°C la cual tiene un leve aumento del módulo complejo véase en la (figura 24). El comportamiento mayoritario para ambas temperaturas de almacenamiento se traduce en una constante baja de los valores de (dureza y viscosidad), pasando de (11200 Pa; 10810 Pa; 19440 Pa) a (2031 Pa; 2055 Pa; 1916 Pa) a (5°C) y de (1694 Pa; 3090 Pa; 3195 Pa) a (1968 Pa; 1706 Pa; 1865Pa) a (20°C). El módulo complejo estadísticamente no posee diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los días de maduración y cosechas, sin embargo para las temperaturas de almacenamiento posee una diferencia dando un (p-valor de 0.0370). Para más detalle véase en el (anexo 8.12.). Así mismo para G' módulo almacenamiento (Componente Elástico) se identificó una disminución pasando de (10960 Pa; 10580 Pa; 19130 Pa) a (1997 Pa; 2021 Pa; 1877 Pa) a (5°C) y de (1668 Pa; 1679 Pa; 1831 Pa) a (1904 Pa; 1679 Pa; 1831 Pa) a (20°C) y para G'' módulo de pérdida (Componente Viscosa) de (2294 Pa; 2188 Pa; 3446 Pa) a (372,7 Pa; 370,1 Pa; 381,6 Pa) a (5°C) y de (298 Pa; 628.1 Pa; 664.2 Pa) a (498.7 Pa; 299.5 Pa; 354.4 Pa) a (20°C). Y con respecto al δ° este fluctúa de (10,11° a 15,31°) ratificando que la matriz posee una recuperación incompleta de la deformación cuando la fuerza tangencial aplicada es retirada, lo cual evidencia un claro comportamiento viscoelástico.

Figura 25: Muestra el comportamiento que sufre G^* durante el periodo de maduración.

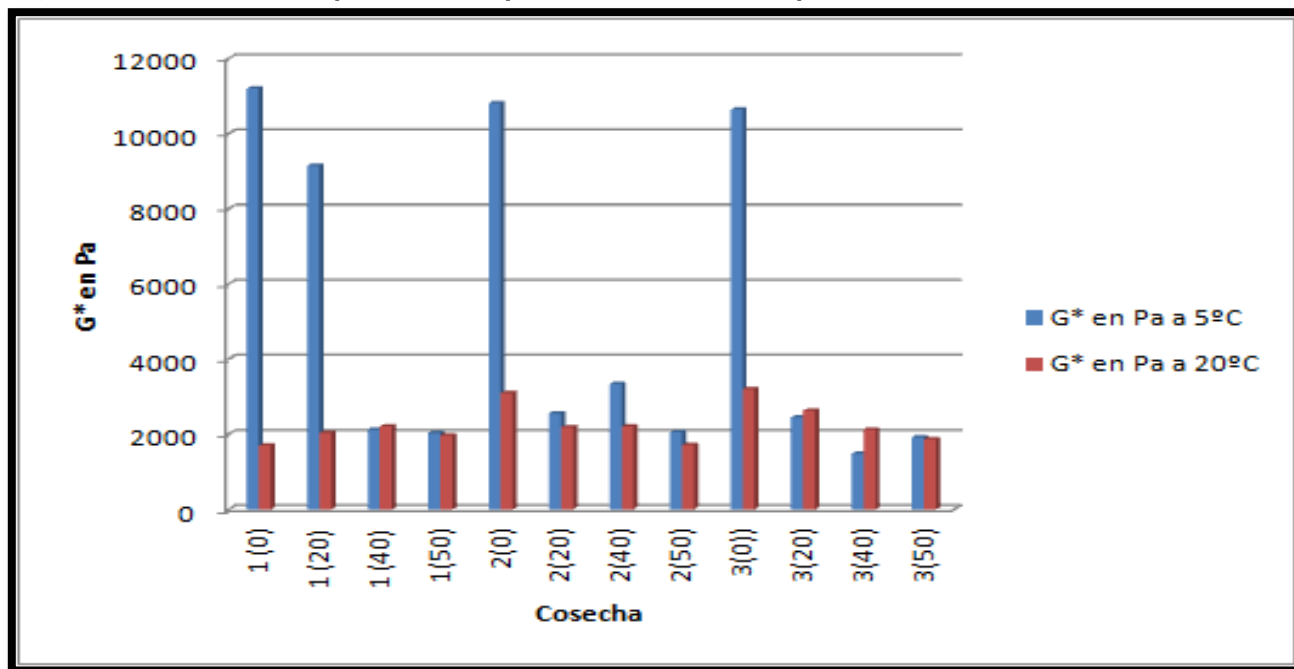


Tabla 6: Parámetros oscilatorios obtenidos del barrido de deformación G^* , G' , G'' y δ° .

Cosecha	Tiempo en días	Temperatura en °C	Y %	G^* en Pa	G' en Pa	G'' en Pa	δ°
1	0	5	0.416	11200	10960	2294	11.82
1	20	5	0.419	9146	8960	1836	11.58
1	40	5	0.461	2121	2059	511.9	13.86
1	50	5	0.472	2031	1997	372.7	10.93
2	0	5	0.419	10810	10580	2188	11.68
2	20	5	0.42	2547	2488	548.1	12.43
2	40	5	0.421	3333	3255	713.8	12.37
2	50	5	0.419	2055	2021	370.1	10.38
3	0	5	0.470	19440	19130	3446	10.21
3	20	5	0.422	2453	2367	643.5	15.31
3	40	5	0.42	1484	1449	320.2	12.46
3	50	5	0.42	1916	1877	381.6	11.49
1	0	20	0.472	1694	1668	298	10.13
1	20	20	0.461	2028	1978	44.71	12.74
1	40	20	0.472	2201	2157	438.8	11.5
1	50	20	0.461	1968	1904	498.7	14.68
2	0	20	0.473	3090	3025	628.1	11.73
2	20	20	0.472	2185	2148	399.6	10.54
2	40	20	0.472	2203	2164	412.8	10.8
2	50	20	0.465	1706	1679	299.5	10.11
3	0	20	0.42	3195	3126	664.2	12
3	20	20	0.419	2620	2578	464.8	10.22
3	40	20	0.42	2119	2080	402	10.94
3	50	20	0.42	1865	1831	354.4	10.96

* Los Valores de (γ %) se encuentra dentro del (RLV) fueron elegidos arbitrariamente para cada cosecha y temperatura de almacenamiento.

5.6.2. Barrido de Frecuencia.

Para obtener el espectro mecánico de la matriz, el barrido de frecuencia se determinó a una deformación constante (γ %) dentro del (RVL) para cada cosecha y temperatura de almacenamiento, sobre un rango de frecuencia de 1 a 100 Hz. Con el objetivo de determinar el tipo de estructura que predomina en la matriz a lo largo de la maduración. Los valores de los módulos de almacenamiento y de pérdidas aumentan a medida que lo hace la frecuencia. El aumento de G' y G'' con la frecuencia se va reduciendo a medida que crece la segunda variable. El rango de variación de G' con la frecuencia es mayor que el encontrado para G'' , lo que determina una fuerte dependencia de esta función. Provocando un carácter predominantemente elástico $G' > G''$. En todo el rango de frecuencia evaluada, lo que es de esperar debido a que la matriz estudiada presentó una consistencia pastosa pareciéndose mucho al comportamiento de un gel débil a lo largo de todo el estudio, este resultado es muy similar al que arrojo en el estudio realizado por Francesca R. Lupi Domenico Gabriele, Bruno de Cindio, Maria C. Sanchez, Crispulo Gallegos, 2011.

Sin embargo para condiciones de almacenamiento en refrigeración a (5°C) se detecto, que en el reograma de la cosecha 3 en t_0 había un crossover = 1223 Pa a una frecuencia de 85.97 Hz y para condiciones de almacenamiento a (20°C) se detectaron en los puntos T0 y T2 para la cosecha 1, los siguiente Crossover de 38.5 Pa y 445.5 Pa a una frecuencia de 4.484 Hz y 72,90 Hz respectivamente, siendo estos no representativos de la matriz estudiada. El comportamiento que tiene cada cosecha para los cuatro puntos de maduración se muestra en las siguientes (figuras 25-30).

Figura 26: Barrido de frecuencia cosecha 1 a temperatura de almacenamiento (5°C). (G' : valores en rojo, G'' : valores en azul y δ : valores en verde).

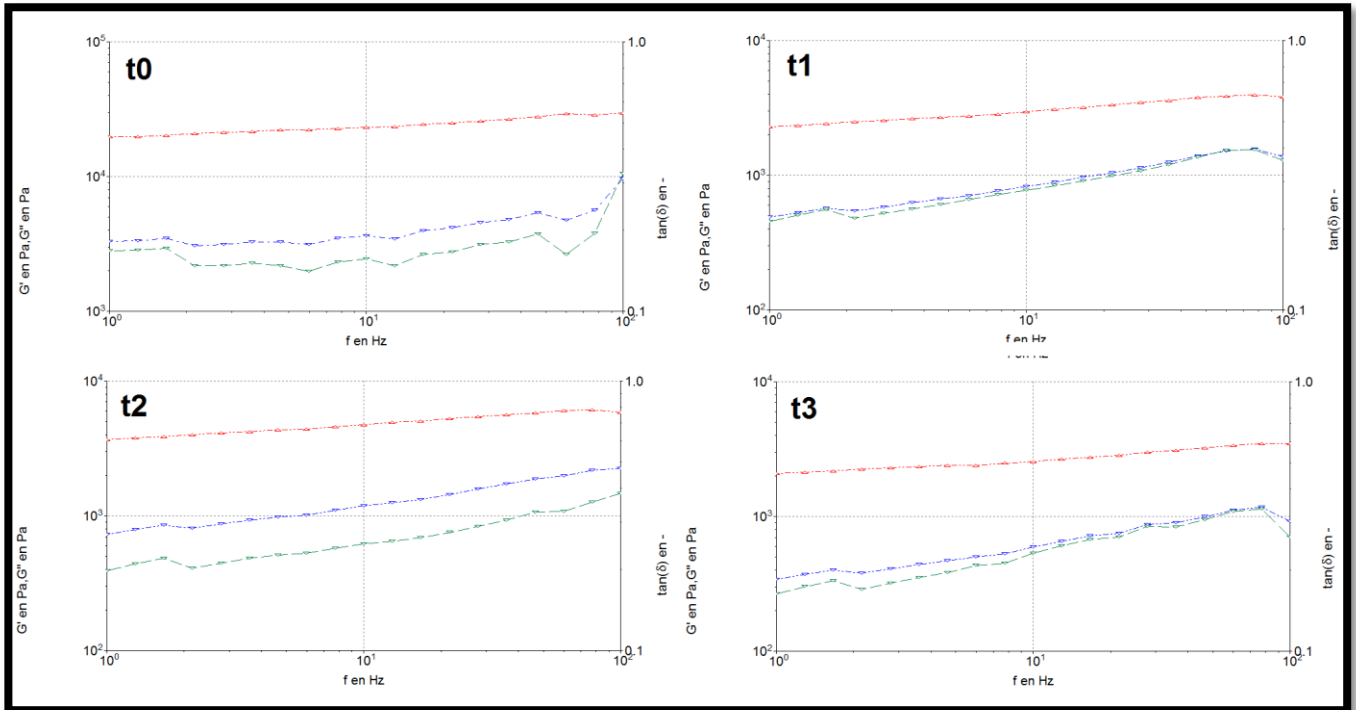


Figura 27: Barrido de frecuencia cosecha 2 a temperatura de almacenamiento (5°C). (G' : valores en rojo, G'' : valores en azul y δ : valores en verde).

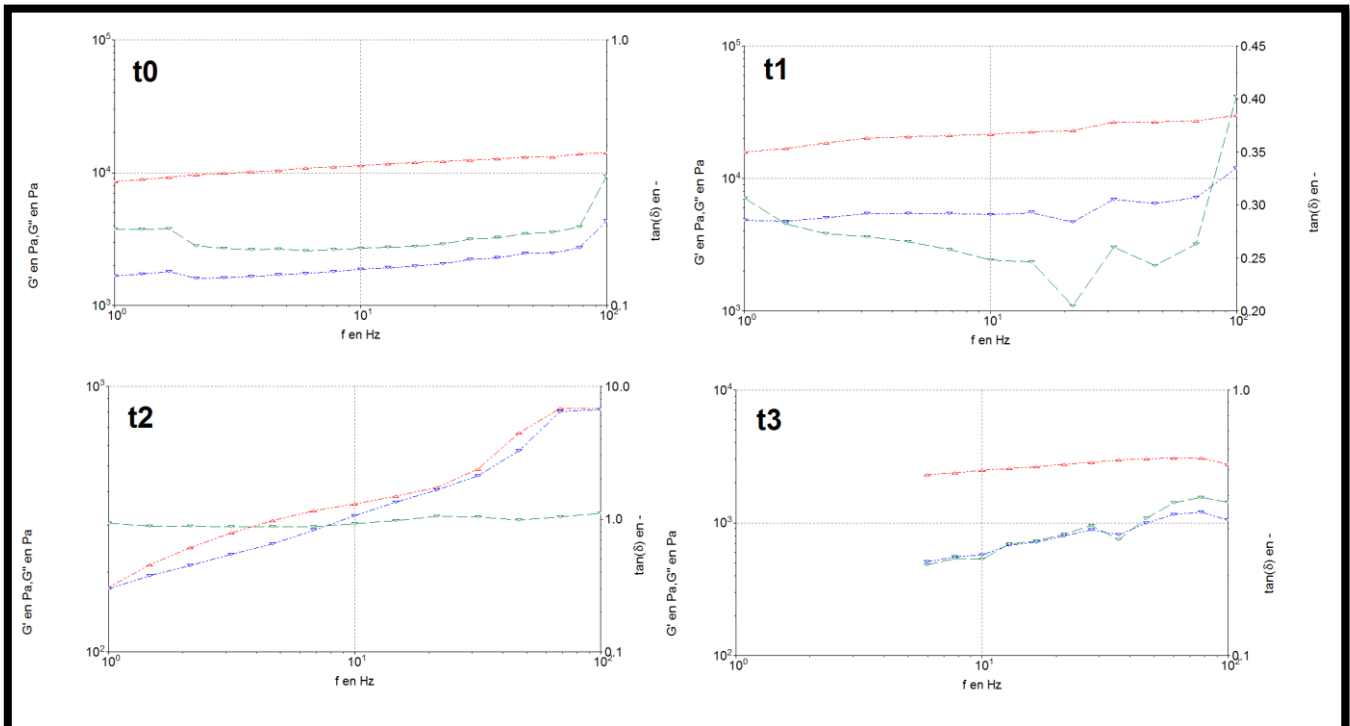


Figura 28: Barrido de frecuencia cosecha 3 a temperatura de almacenamiento (5°C). Siendo la gráfica roja, azul y verde G', G'' y Tn(δ) respectivamente.

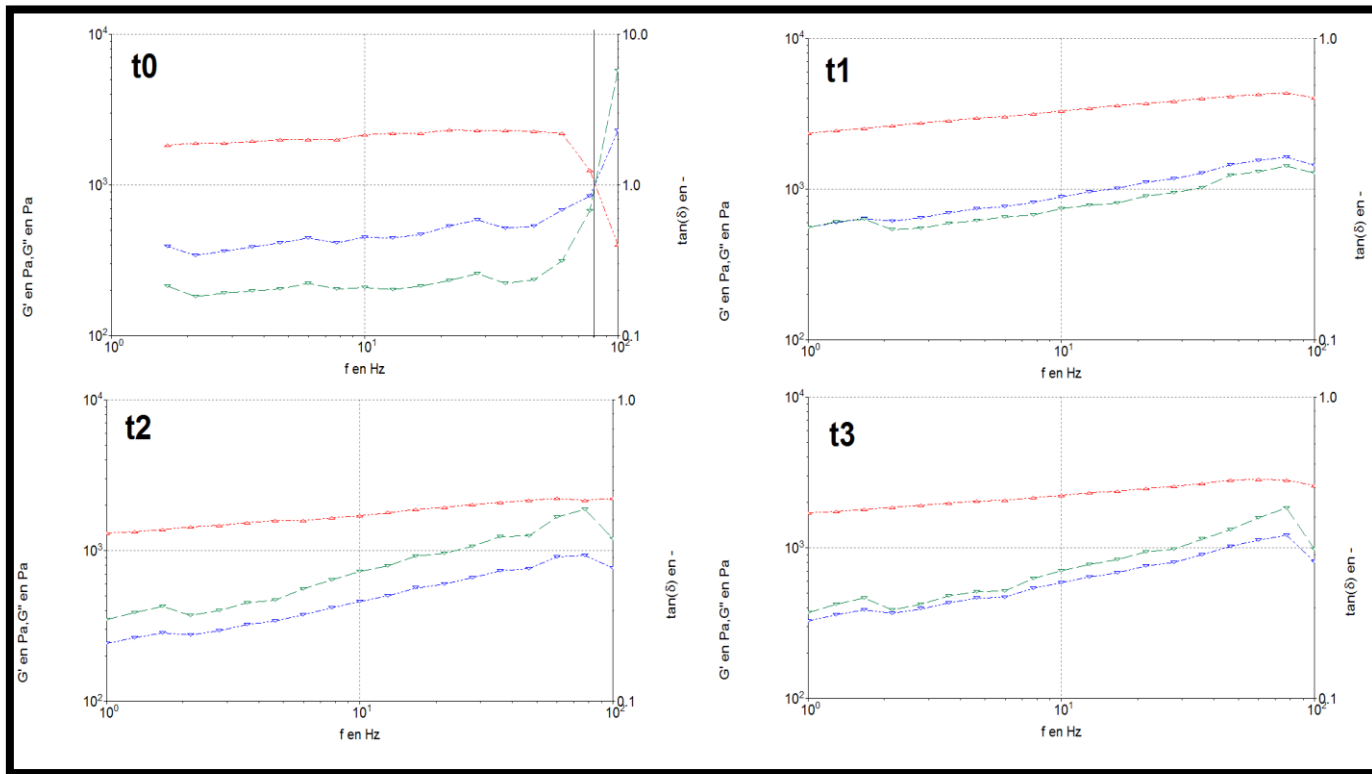


Figura 29: Barrido de frecuencia cosecha 1 a temperatura de almacenamiento (20°C). (G' : valores en rojo, G'': valores en azul y Tn(δ) : valores en verde).

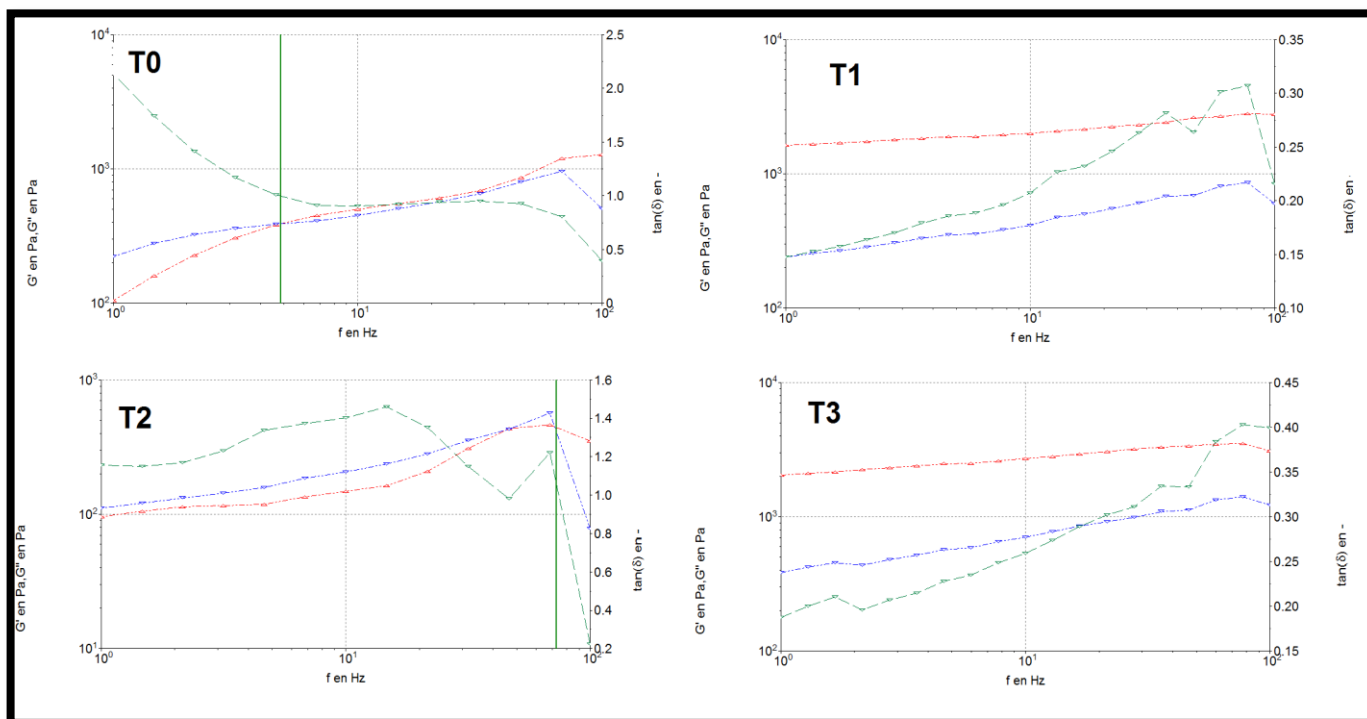


Figura 30: Barrido de frecuencia cosecha 2 a temperatura de almacenamiento (20°C). (G' : valores en rojo, G'' : valores en azul y $Tn(\delta)$: valores en verde).

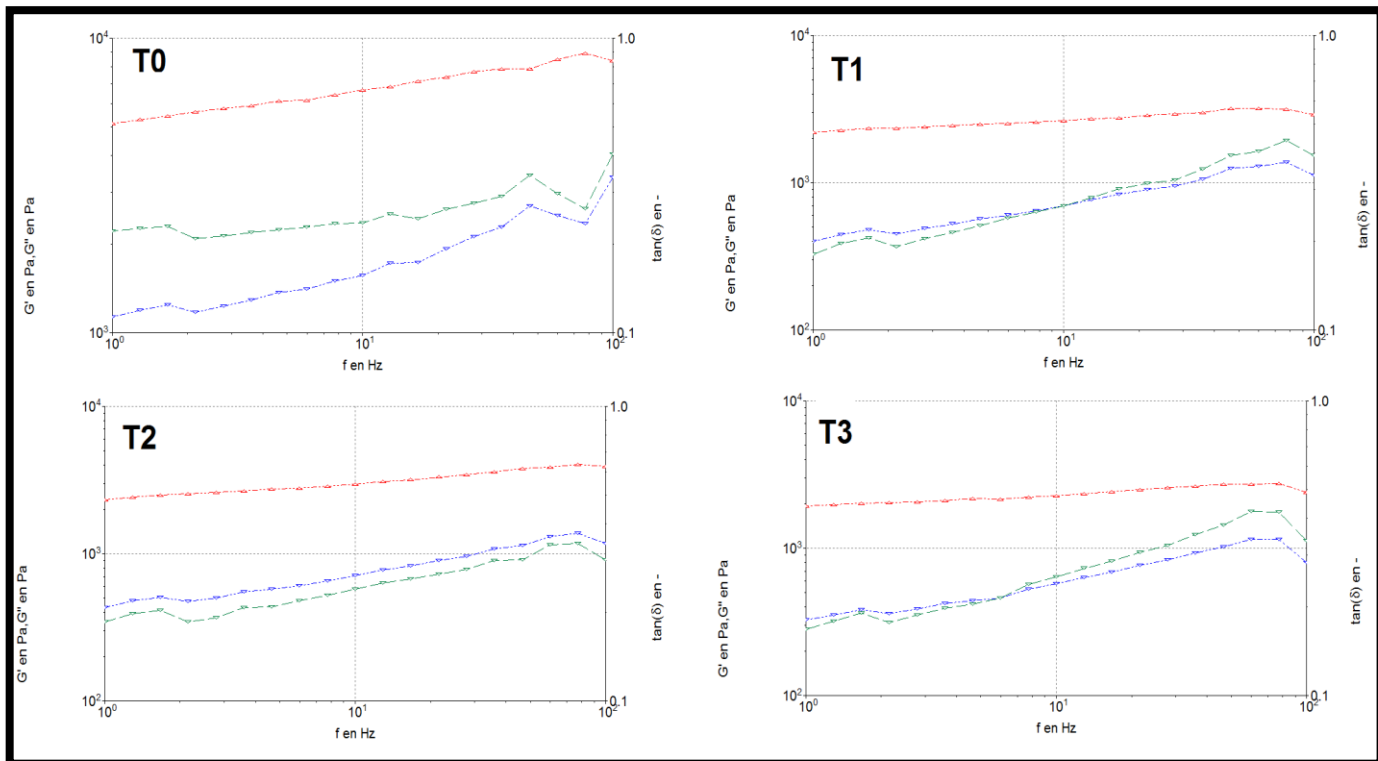
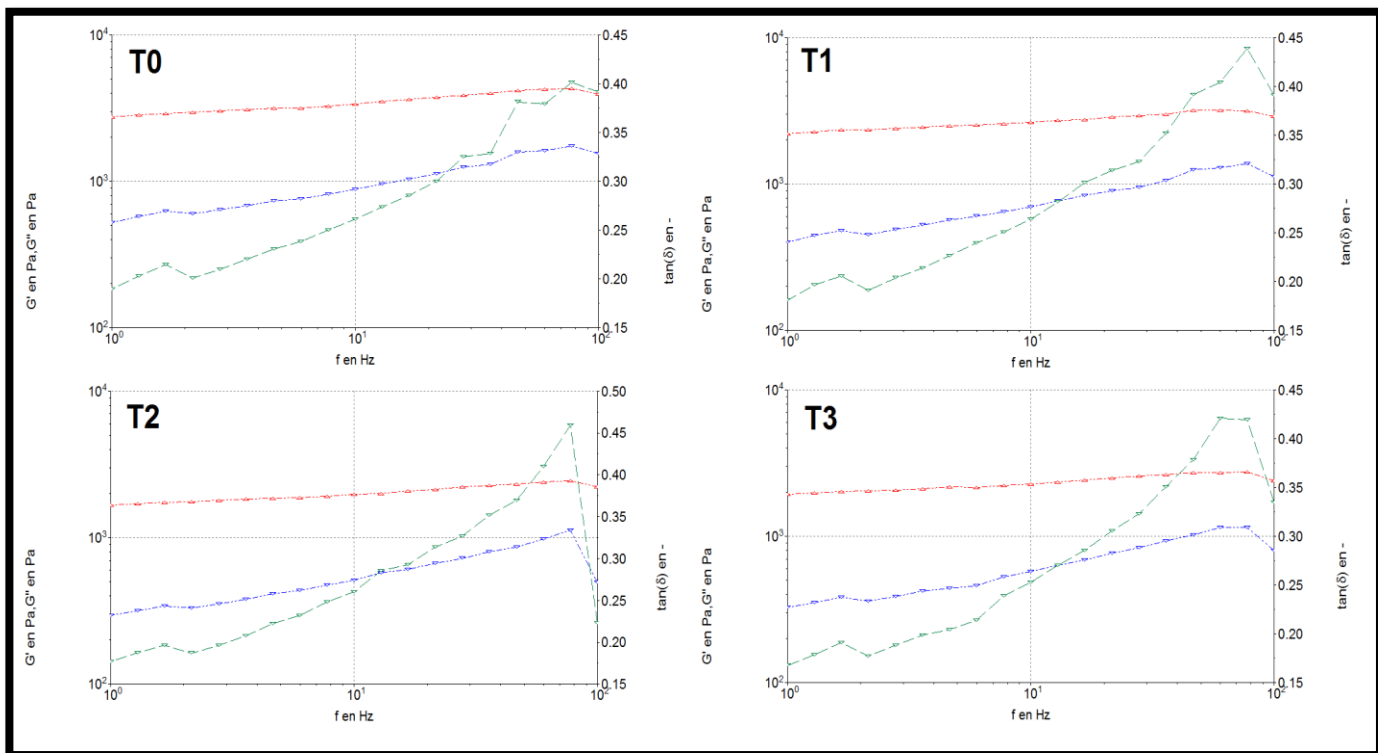


Figura 31: Barrido de frecuencia cosecha 3 a temperatura de almacenamiento (20°C). (G' : valores en rojo, G'' : valores en azul y $Tn(\delta)$: valores en verde).



5.6. Eficiencia de extracción del aceite de palta Hass.

Se realizó este análisis por medio del método Bligh-Dyer para poder determinar la cantidad porcentual de aceite a lo largo del periodo de maduración para ambas condiciones de almacenamiento 5 y 20°C. Obteniendo para el primer caso en la tres cosechas un aumento en el porcentaje de contenido graso de la matriz registrando los siguientes valores, pasando de 6.51%; 9.98%; 11.48% a 15.84%; 15.27%; 13,55% y para la condición de almacenamiento de 20°C se obtuvieron los siguientes valores, pasando de 11.46%; 12.5%; 13.45% a 8.27%; 11.48%; 14.69% obteniendo una disminución a lo largo del periodo de maduración para dos de las tres cosechas analizadas. Sin embargo hay que recalcar que el rendimiento de aceite máximo obtenible, tendría que estar dentro de un periodo de no más de 20 días de post cosecha a condiciones de almacenamiento a 5°C para obtener un aceite comerciable. Ya que se detectó por medio de análisis reológicos, los cuales arrojaron un cambio en el comportamiento de flujo de la matriz. Pasando de un fluido No-Newtoniano pseudoplástico independiente del tiempo a uno dependiente, Este cambio se le puede atribuir al actuar de las enzimas que median la hidrolisis y la degradación de la pared celular liberando y modificando a pectinas y hemicelulosas. Las cuales poseen comportamientos tixotrópicos similares a los de un gel, tales cambios enzimáticos provocados por la maduración del fruto, alteran las propiedades físicas de la pared celular pudiendo cambiar la viscosidad de la matriz y dando un indicio en el deterioramiento del fruto (Rose y Bennett 1999).

El % de aceite extraído estadísticamente no presento diferencias significativas entre los días de maduración y temperatura de almacenamiento, sin embargo cuando se comparó entre cosechas se detectó una diferencia significativa arrojando un p-valor de 0.0005, para ver el detalle de este análisis véase en el (anexo 8.10).

Cabe señalar que solo se realizó un análisis para cada punto de maduración debido a la escasez de materia prima que se contaba para este análisis. A continuación en la (figura 31 y 32) se muestra el comportamiento grafico que registraron las cosechas a ambas condiciones de almacenamiento.

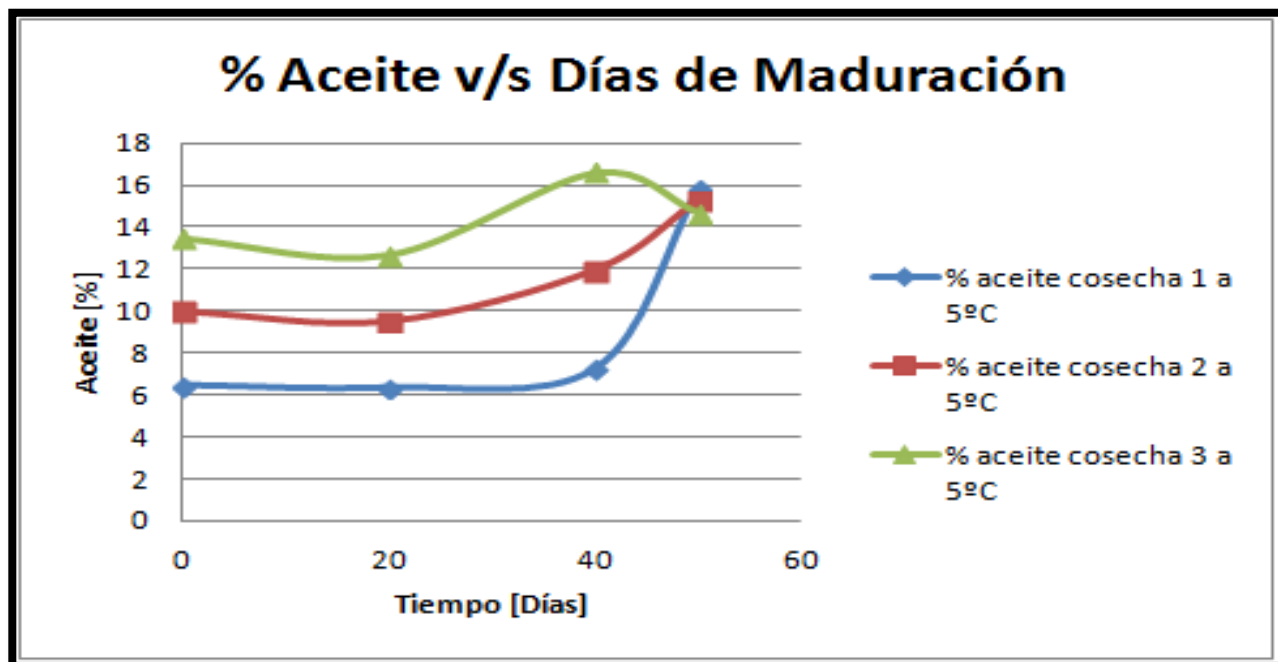


Figura 32: Variación del rendimiento de aceite para condición de refrigeración 5°C.

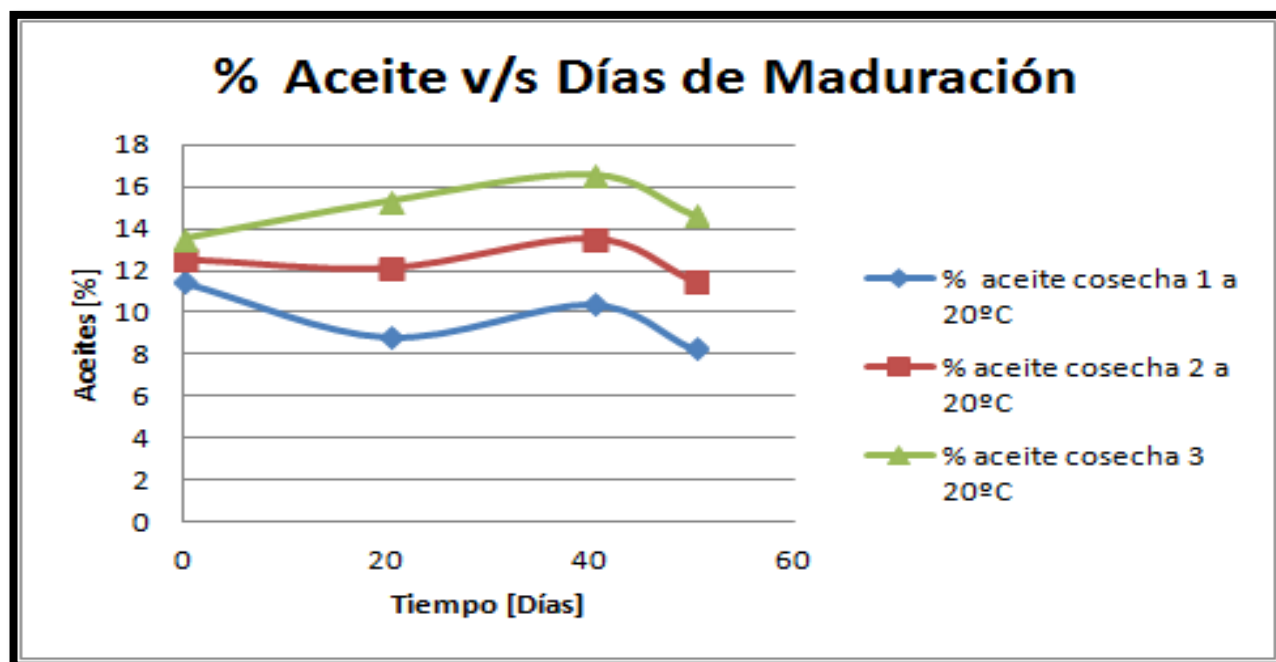


Figura 33: Variación del rendimiento de aceite para la condición ambiente 20°C.

6. CONCLUSIONES

Se determinó que para las tres cosechas analizadas en ambas condiciones de almacenamiento 5 y 20°C un comportamiento característico de un fluido No-Newtoniano, Pseudoplastico, ya que, se detectó una disminución acentuada en la viscosidad aparente, al aumentar la velocidad de cizalla. Además el modelado que mejor representó la viscosidad aparente fue Cross-Williamson seguido del modelo Herschel-Bulkley. Por otra parte a partir del periodo de maduración t_1 y t_0 para condiciones de almacenamiento 5 y 20°C respectivamente, se registró una progresiva baja en sus áreas tixotrópicas dada en [Pa/s]. Traduciéndose en una menor fuerza tangencial necesaria, para poder esparcir la pulpa de palta Hass.

Se concluyó que la pulpa a tiempo inicial presentaba un comportamiento independiente del tiempo (No-Newtoniano; Pseudoplastico). A partir del t_1 (20 días) en todas las cosechas, a 5°C y para todos los puntos de maduración estudiados a condiciones de 20°C. Se obtuvieron un comportamiento dependiente del tiempo, (Tixotrópico) el cual es una característica típica, que poseen los fluidos Pseudoplástico. Esto fue respaldado por dos análisis (área tixotrópica y η v/s Time) los cuales arrojaron resultados coherentes a lo señalado.

La fruta palta Hass almacenadas a 5°C y 20°C, sufrieron en su viscosidad aparente promedio una disminución de alrededor del 97,2% y 93,7% respectivamente.

A lo largo del estudio, se consiguieron por medio de dos métodos instrumentales, la fuerza máxima necesaria para poder ejercer la deformación sobre el fruto, registrando en ambos una disminución notoria en la fuerza máxima en todas las cosechas a condiciones de refrigeración (5°C) a lo largo del periodo de maduración. Las mediciones obtenidas para (20°C) no fueron representativas al cambio de dureza, ya que, la muestra se encontraba fuera del rango de medición.

Al elegir un rango similar de deformación que oscilaba entre los (0,416% a ,473%) ubicada dentro de la RLV para toda las cosechas y condiciones de almacenamiento, se

aprecio de forma clara la tendencia que presentaba el modulo complejo (G^*) el cual indica una disminución en la resistencia total que tiene la matriz ante la deformación de esta (traduciéndose en una debilitación estructural a lo largo del periodo de maduración). Adicionalmente se determinó que la matriz poseía una recuperación incompleta de la deformación cuando la fuerza tangencial aplicada era retirada, debido a que parte mayoritaria de la energía era almacenada y utilizada en la recuperación de la deformación (G') y la otra energía era disipada como calor (G''), además el rango que se obtuvo para δ° fue $[10,11^\circ$ a $15,31^\circ]$. Evidenciando una estructura viscoelástica con claros comportamiento de un cuerpo elástico ($G' > G''$).

Se observó que a tiempos de cosechas más tardíos del fruto (Palta Hass) aumentaba el contenido de aceite en la Post-Cosecha siendo: Cosecha 1 (28/08/2013), Cosecha 2 (20/09/2013) y Cosecha 3 (15/10/2013).

Como conclusión se podría determinar para el fruto Palta Hass, a condiciones de (5°C) un periodo no superior a 20 días, ya que, se pudo identificar cambios estructurales en la pulpa palta Hass pasando de una matriz No-Newtoniana, Pseudoplástica, independiente del tiempo a una No-newtoniana, Pseudoplástica, dependiente del tiempo (Tixotropía) evidenciando en la estructura un deterioramiento progresivo debido a la maduración del fruto, este comportamiento mecánico se podría atribuir a la liberación y modificación de pectinas y hemicelulosas las cuales tiene características tixotrópicas .

Cabe señalar que para poder ayudar al agricultor a tomar esta decisión se tendría que ahondar mucho más en el tema, realizando análisis a un universo mayor en diferentes microclimas, para que, de esta forma se puedan tener argumentos estadísticos sólidos que respalden la investigación. Además se tendría que tomar el aspecto químico del aceite, para poder determinar el rango idóneo el cual se pueda determinar el punto óptimo de eficiencia de aceite v/s la composición de Bio-compuestos. Por lo que este trabajo es un buen comienzo para posibles estudios venideros.

7. BIBLIOGRAFÍA

Ahmed, J., Prabhu, S.T., Raghavan, G.S. & Ngadi, M. (2007). Physico-chemical, rheological, calorimetric and dielectric behaviour of selected Indian honey. *Journal of Food Engineering*, 79, 1207-1213.

Barnes, H.A. Hutton JF & Walters K an introduction to reology, Elsevier Publishers, Amsterdam-1989.

CARBONELL, E.; COSTELL, E y DURAN, L. 1990. Comportamiento reológico de los productos derivados de fruta. Flujo, dependencia del tiempo y plasticidad. *Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment . 2*, 189-209.

Catalina Cataldo Nazal (2013), Paltas de Chile, Proyecciones Temporada 2012-2013. [http://www.portalfruticola.com/wp-content/uploads/2012/08/paltas_chile_e.pdf].

Dekee, D, Code, R. and Turcotte, G. Flow-properties of time-dependent foodstuffs. *J. Rheol.* 1983. **27**, 581–604.

Ding, H., Chin, Y. W., Kinghorn, A. D., & D'Ambrosio, S. M. (2007). Chemopreventive characteristics of avocado fruit. *Seminars in Cancer Biology*, 17(5), 386–394.

Edward Evans, S. N. (2006). World, US and Florida avocado situation and outlook. Electronic data information source (Vol. FE639). Food and Resource Economics Department.

Ferreira, R. 2013. Informe proyecto CORFO N° 11CEII-9568

GomezLopez, V. M. (1998). Characterization of avocado (*Persea americana* Mill.) varieties of very low oil content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(9), 3643–3647.

Gomez -Lopez, V. M. (1999). Characterization of avocado (*Persea americana* Mill.) varieties of low oil content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(7),2707–2710.

JIMÉNEZ, L.; FERRER, J. L. y GARCIA, I. 1987. Modelos reológicos para líquidos alimentarios. *Alimentación, equipos y tecnología*. Enero-Febrero, 295-299.

Ozdemir, F, Topuz, A. (2004) Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. *Food Chemistry*. 2004. 86(1) 79- 83.

Platt-Aloia K., Thomson W. Ultrastructure of the mesocarp of mature avocado fruit and changes associated with ripening. *Ann Bot*. 1981. 48 (4): 451-466.

Rao, M. A.; Steffe, J. F. *Viscoelastic properties of foods*. Elsevier Applied Science. New York. 1992.

Rose JC, Bennett AB. 1999. Cooperative disassembly of the cellulose-xyloglucan network of plant cell walls: Parallels between cell expansion and fruit ripening. *Trends in Plant Sci*. 4:176-183

Satoa, A., and Cunha, L. Effect of particle size on rheological properties of jaboticaba pulp. *Journal of Food Engineering*. 2009, 566-570

SHERMAN, P. 1970. *Industrial rheology*. Academic Press. New York.

Steffe, J.F. Yield stress: Phenomena and measurement. In *Advances in Food Engineering* (R.P.Singh and M.A.Wirakartakusumah, eds.) 1992. pp. 363, CRC Press, London, U.K.

Tabilo-Munizaga, G. & Barbosa-Cánovas, G.V. (2005). Rheology for the food industry. *Journal of Food Engineering*, 67, 147-156.

Tabilo-Munizaga, Moyano R, Simpson R, Barbosa-Canovas, Swanson, B.G. Flow and viscoelastic properties of presurized avocado puree. *Jornal and Food Processing and Preservation*. 2005. 29(3-4) 196-207.

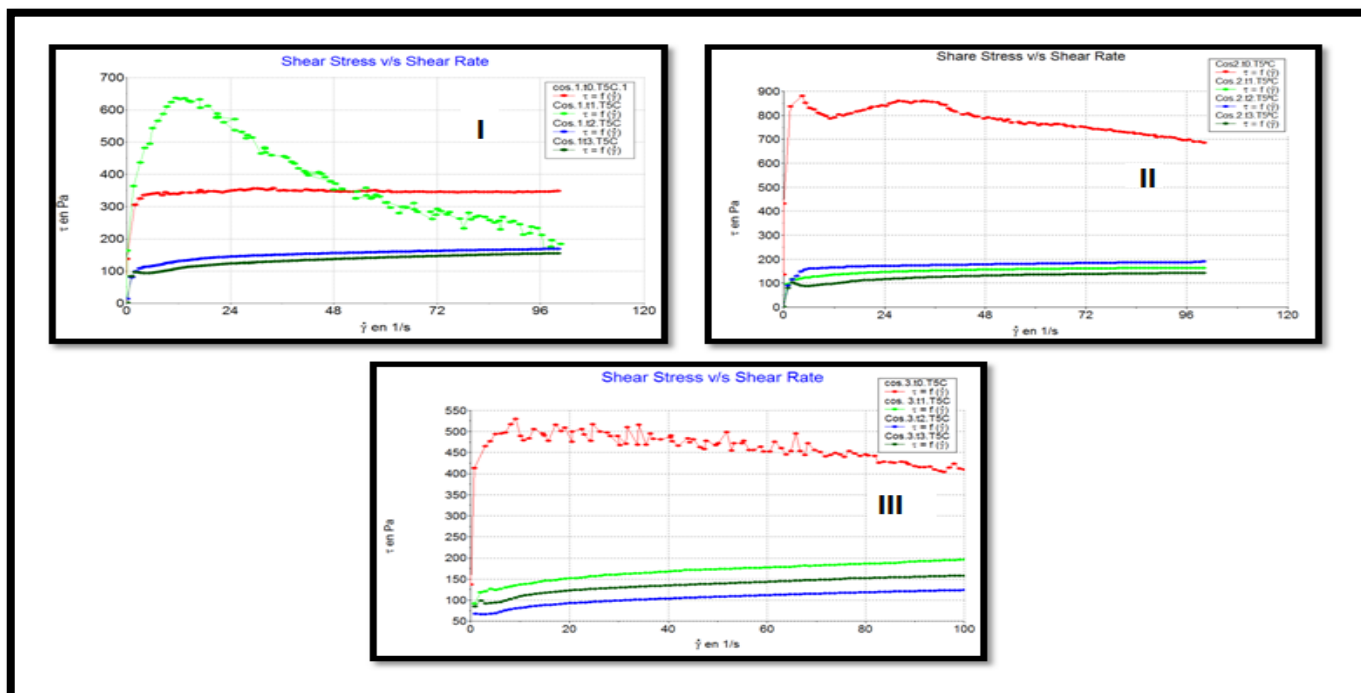
WAZER van, J.R.; LYONS, J.W.; KIM, K.Y. y COLWELL, R.D. 1963. Viscosity and flow measurements. *A laboratory hybook of rheology*. Interscience Publ., New York. U.S.A.

Weipert, D.; Tscheuschner, H. D.; Windhab, E. *Rheologie del Lebensmittel*. B. Berh's VerlagGmbH&Co. Hamberg. Germany. 1993.

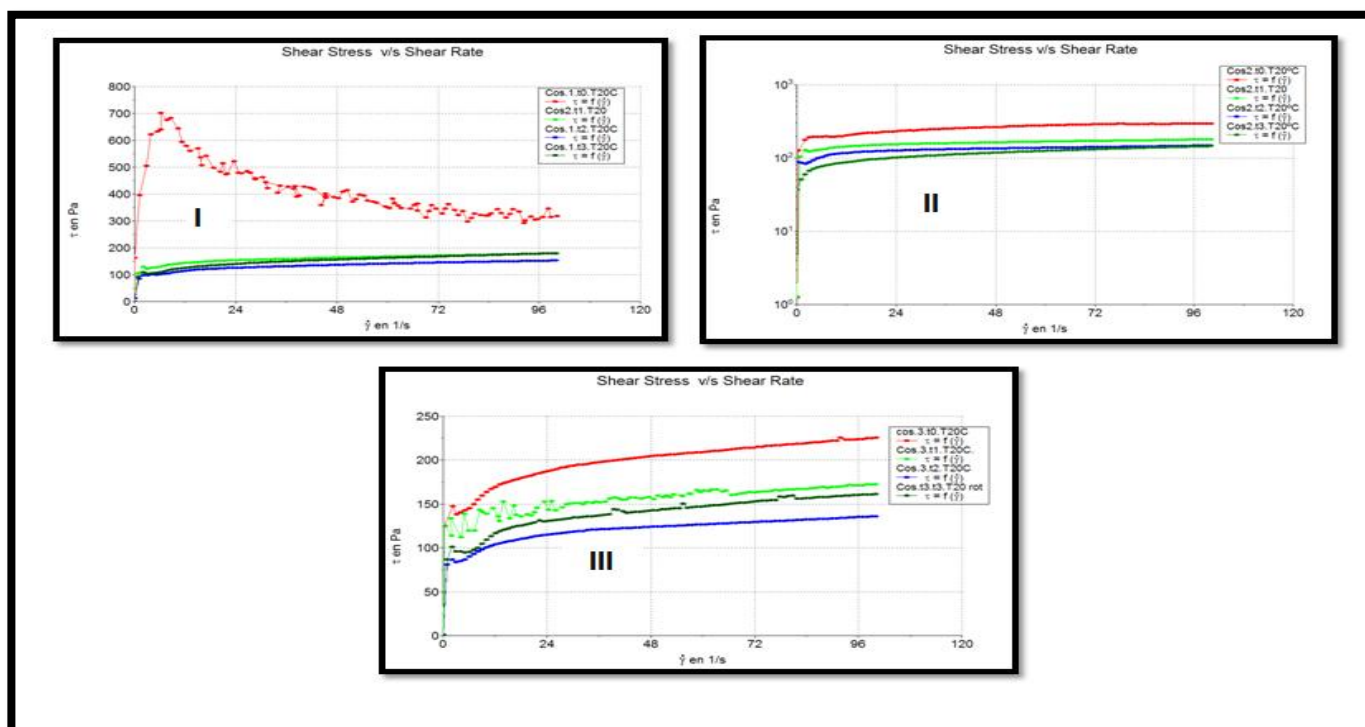
WERMAN, M. J.; NEEMAN, I. 1987. Avocado oil production and chemical characteristics. *Journal of Analysis Oil Chemist's Society* 64: 229-232.

8. Anexo

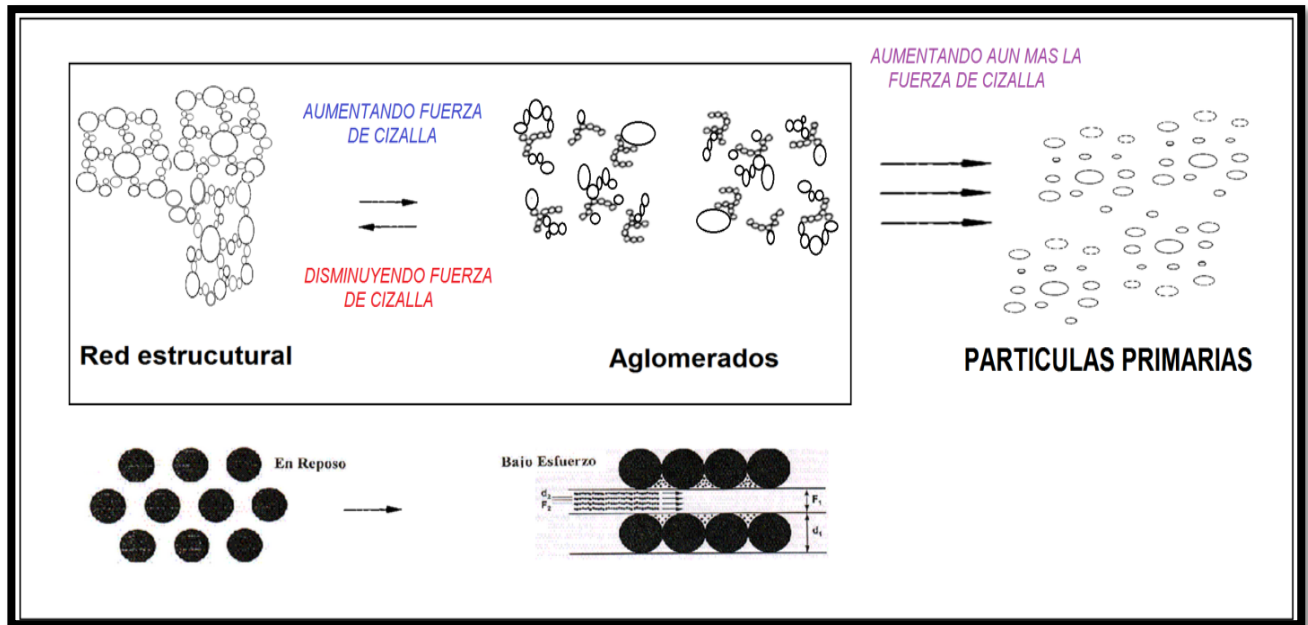
8.1. Reograma "Shear Stress v/s Shear Rate" a 5°C.



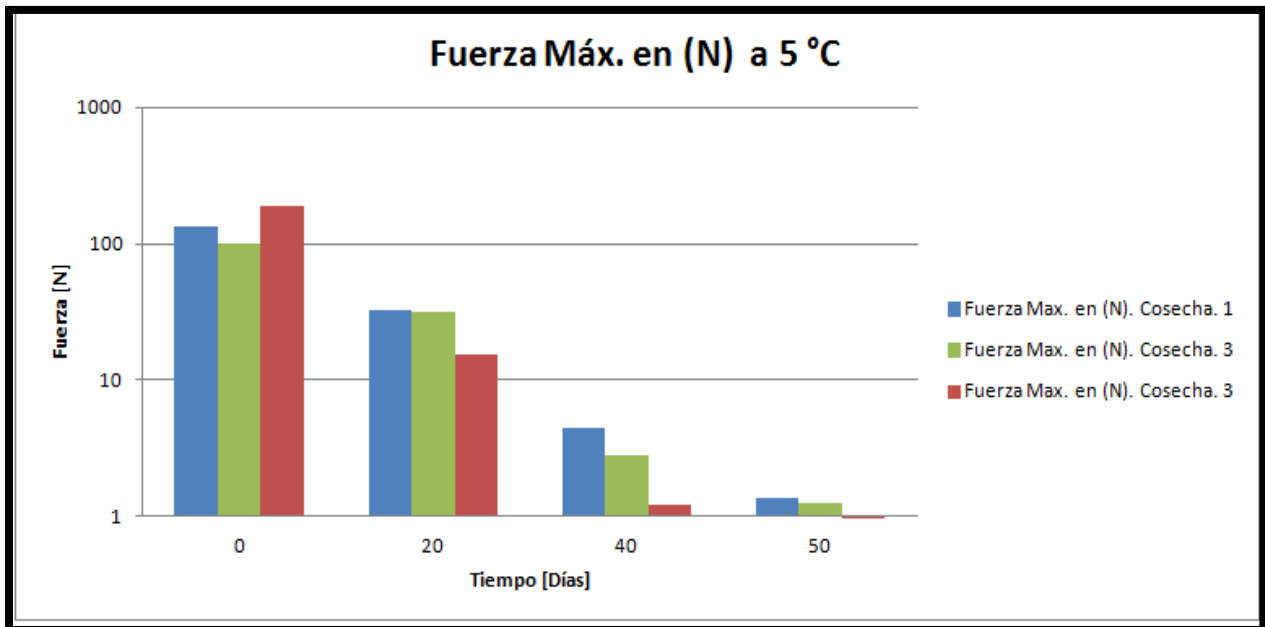
8.2. Reograma " Shear Stress v/s Shear Rate" a 20°C



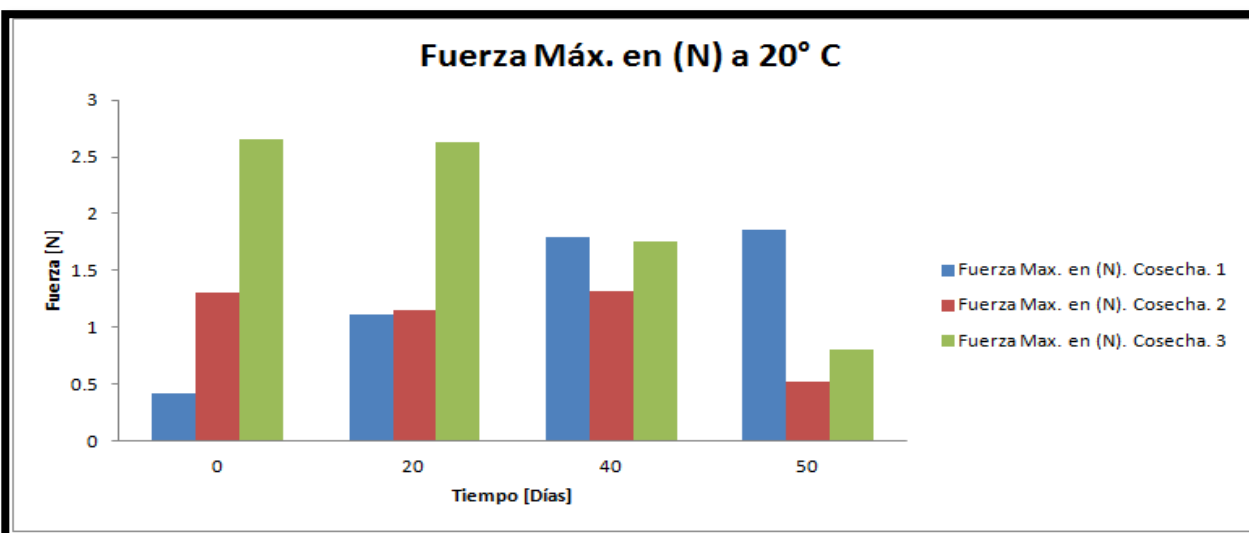
8.3. Ejemplo didáctico del posible comportamiento molecular cuando la matriz se encuentra bajo una fuerza de cizalla ascendente.



8.4. Grafico que muestra la fuerza máx. para deformar la palta Hass a lo largo del Periodo de maduración a 5°C.



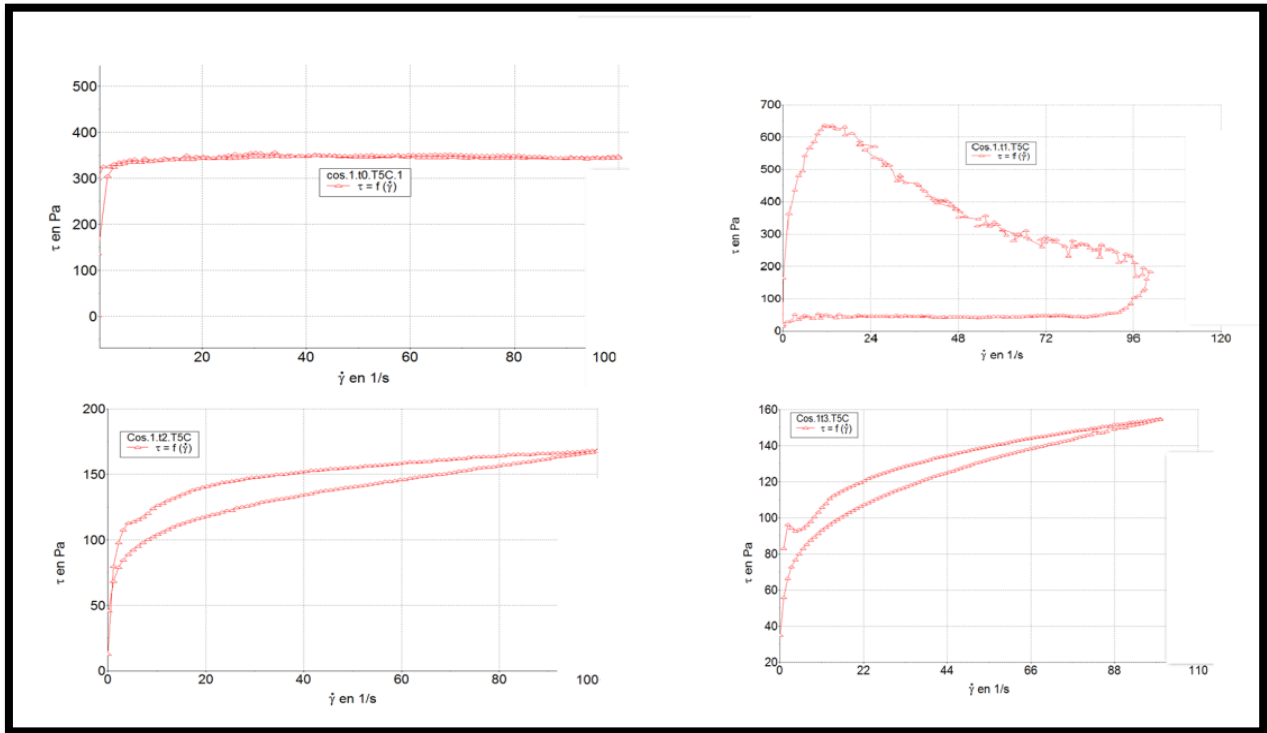
8.5. Grafico que muestra la fuerza máx. para deformar la palta Hass a lo largo del Periodo de maduración a 20°C.



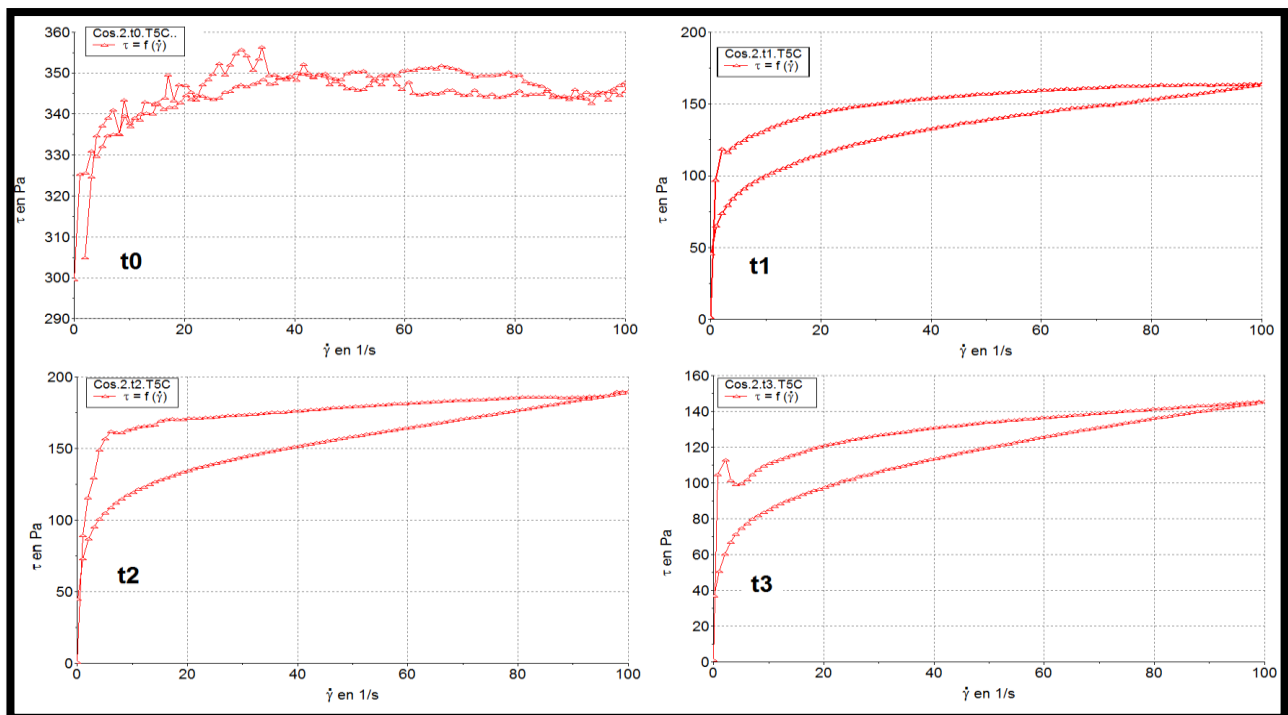
8.6. Tabla contiene todos los datos obtenidos por el equipo Lloyd.

		fuerza Maxima en N	deformacion Maxima mm.	deformacion de compresión %	Fuerza Elastica .Max. (N)	Deformación elastica Max. %	Media de Fuerza max. N
21-08-2013	Cos.1 t0. T5C	133.5	3.75	37.5	133.5	37.5	133.3
12-09-2013	Cos. 1. t1. T5 C	32.76	5	50	22.84	22.65	22.3
01-10-2013	Cos. 1. t2. T5 C	4.426	4.975	49.75	2.328	6.821	1.26
15-10-2013	Cos. 1. t3. T5 C	1.359	1.894	1.359	1.359	18.94	1.016
08-09-2013	Cos. 1. t0. T20 C	0.4226	0.4902	4.902	0	0	0.3097
19-09-2013	Cos. 1. t1. T20 C	1.115	3.113	31.13	0.3524	0.000027	1.001
03-10-2013	Cos. 1. t2. T20 C	1.796	3.065	30.65	1.224	8.583	1.415
17-10-2013	Cos. 1. t2. T20 C	1.856	2.072	20.72	1.856	20.72	1.169
08-10-2013	Cos. 2. t0. T5 C	99.58	3.891	38.91	99.58	38.91	65.82
28-10-2013	Cos. 2. t1. T5 C	31.45	5	50	22.3	36.77	22.3
15-11-2013	Cos. 2. t2. T5 C	2.768	3.689	36.89	1.4332	13.14	1.833
22-11-2013	Cos. 2. t3. T5 C	1.231	1.8232	18.23	1.231	18.23	0.7351
29-10-2013	Cos. 2. t0. T20 C	1.31	2.401	24.01	0.3567	0	1.196
11-11-2013	Cos. 2. t1. T20 C	1.15	1.449	14.49	0.3871	0.0012	0.9974
18-11-2013	Cos. 2. t2. T20 C	1.323	4.935	49.35	0.7506	14.32	0.9604
23-11-2013	Cos. 2. t3. T20 C	0.5228	0	0	0.5228	0	0.4444
15-10-2013	Cos. 3. t0. T5 C	189.3	4.389	43.89	189.3	43.89	65.69
04-11-2013	Cos. 3. t1. T5 C	15.42	2.316	23.16	11.04	10.24	13.33
22-11-2013	Cos. 3. t2. T5 C	1.214	2.367	23.67	1.214	23.67	1.004
02-13-2013	Cos. 3. t3. T5 C	0.865	1.416	14.16	0.8665	14.16	0.6758
01-11-2013	Cos. 3. t0. T20 C	2.657	4.32	43.2	2.085	18.6	2.219
14-11-2013	Cos. 3. t1. T20 C	2.63	1.632	16.32	2.631	16.32	1.792
27-11-2013	Cos. 3. t2. T20 C	1.751	1.487	14.87	1.751	14.87	1.427
04-12-2013	Cos. 3. t3. T20 C	0.8064	1.99	19.9	0.864	19.9	0.6729

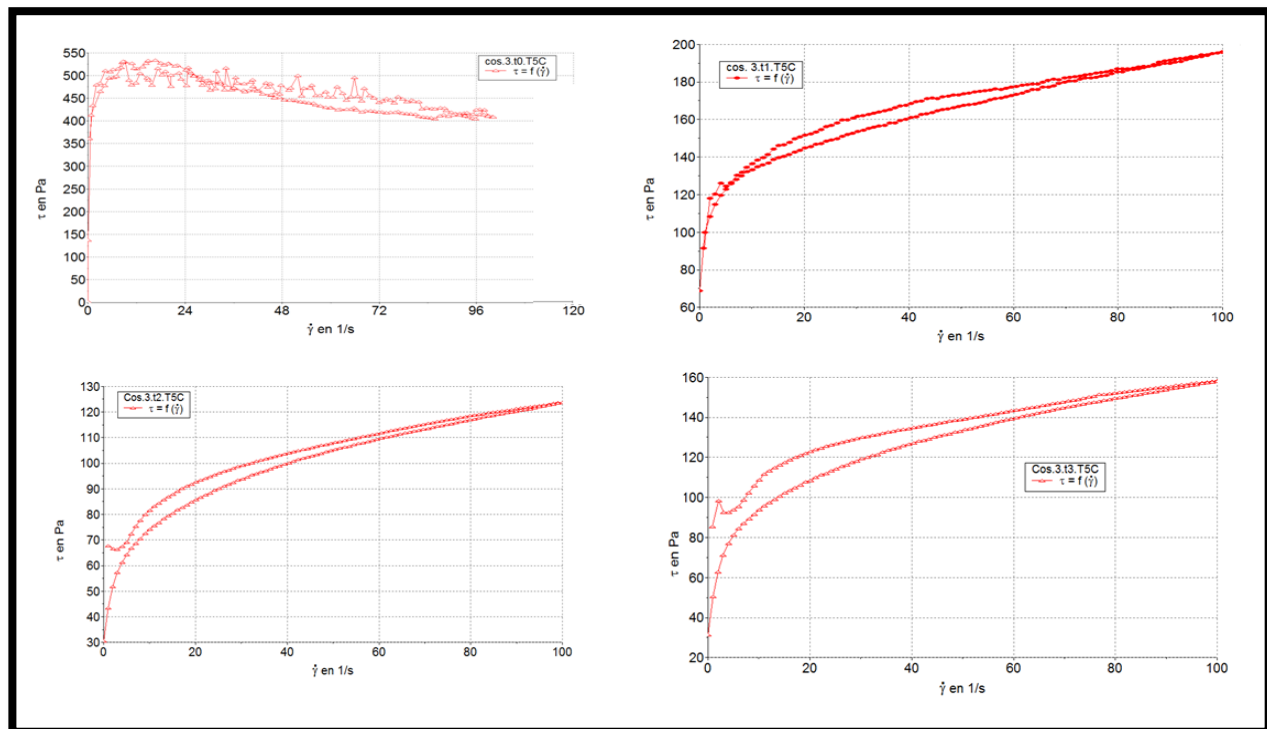
8.7. Reograma "Ciclo de Histéresis o Área Tixotrópica" Cosecha 1 a 5°C.



8.8. Reograma "Ciclo de Histéresis o Área Tixotrópica" Cosecha 2 a 5°C.



8.9. Reograma "Ciclo de Histéresis o Área Tixotrópica" Cosecha 3 a 5°C.



8.10. ANOVA multifactor para el % de aceite por cosecha.

Analysis of Variance for % de Aceite - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Cosecha	113.316	2	56.658	12.19	0.0005
B:Días de Maduración	26.5675	3	8.85585	1.91	0.1671
C:Temperatura	3.04594	1	3.04594	0.66	0.4294
RESIDUAL	79.014	17	4.64788		
TOTAL (CORRECTED)	221.944	23			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple Range Tests for % de Aceite by Cosecha

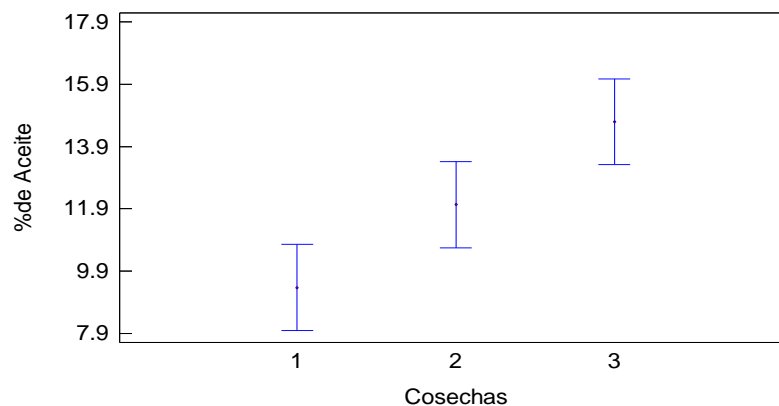
Method: 95.0 percent Tukey HSD

Cosecha	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	8	9.37375	0.762224	X
2	8	12.035	0.762224	XX
3	8	14.6962	0.762224	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-2.66125	2.76673
1 - 3	*	-5.3225	2.76673
2 - 3		-2.66125	2.76673

* denotes a statistically significant difference.

Means and 95.0 Percent Tukey HSD Intervals



8.11. ANOVA multifactor para la dureza por temperatura de almacenamiento.

Analysis of Variance for Dureza lb-f - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Días de Maduracion	942.769	3	314.256	2.81	0.0709
B:temperatura	1036.61	1	1036.61	9.26	0.0073
C:Cosechas	128.246	2	64.1228	0.57	0.5744
RESIDUAL	1902.89	17	111.935		
TOTAL (CORRECTED)	4010.52	23			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple Range Tests for Dureza lb f by temperatura

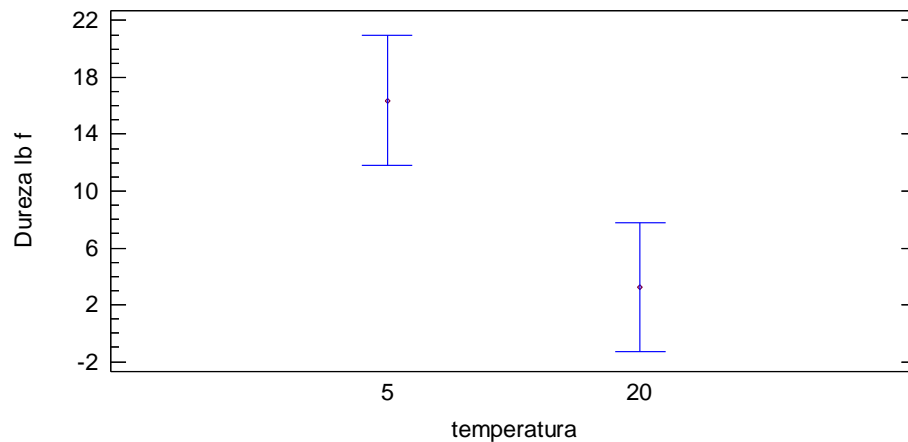
Method: 95.0 percent Tukey HSD

temperatura	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
20	12	3.225	3.05416	x
5	12	16.3692	3.05416	x

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
5 - 20	*	13.1442	9.11281

* denotes a statistically significant difference.

Means and 95.0 Percent Tukey HSD Intervals



8.12. ANOVA multifactor para el modulo complejo por la temperatura de almacenamiento.

Analysis of Variance for Modulo Complejo (G*) - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Cosechas	2.53177E6	2	1.26588E6	0.15	0.8656
B:Días de Maduracion	3.44644E7	3	1.14881E7	1.32	0.3002
C:temperatura	4.4532E7	1	4.4532E7	5.12	0.0370
RESIDUAL	1.47812E8	17	8.69484E6		
TOTAL (CORRECTED)	2.2934E8	23			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

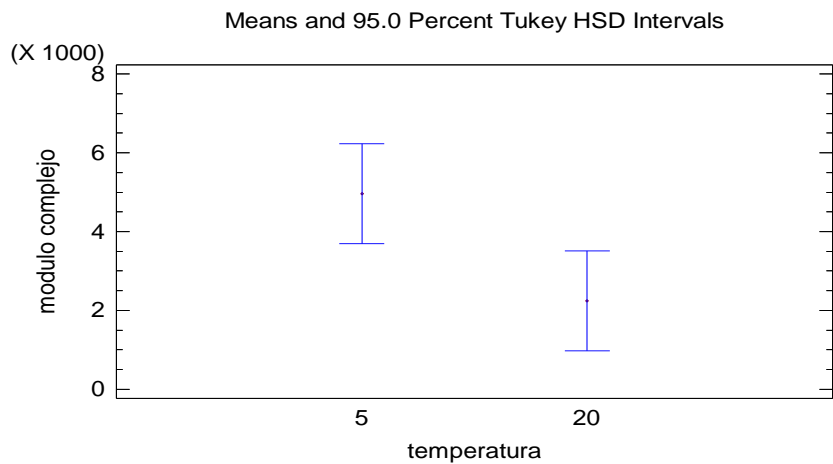
Multiple Range Tests for Modulo Complejo by temperatura

Method: 95.0 percent Tukey HSD

temperatur	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
20	12	2239.5	851.217	X
5	12	4963.83	851.217	X

Contras t	Sig.	Differenc e	+/- Limits
5 - 20	*	2724.33	2539.81

* denotes a statistically significant difference.



8.13. ANOVA multifactor para la viscosidad aparente por días de maduración.

Analysis of Variance for viscosidad aparente - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Cosechas	2.12409E10	2	1.06205E10	2.07	0.1570
B:Días de Maduracion	7.68097E10	3	2.56032E10	4.99	0.0116
C:temperatura	5.61694E9	1	5.61694E9	1.09	0.3102
RESIDUAL	8.7267E10	17	5.13335E9		
TOTAL (CORRECTED)	1.90935E11	23			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

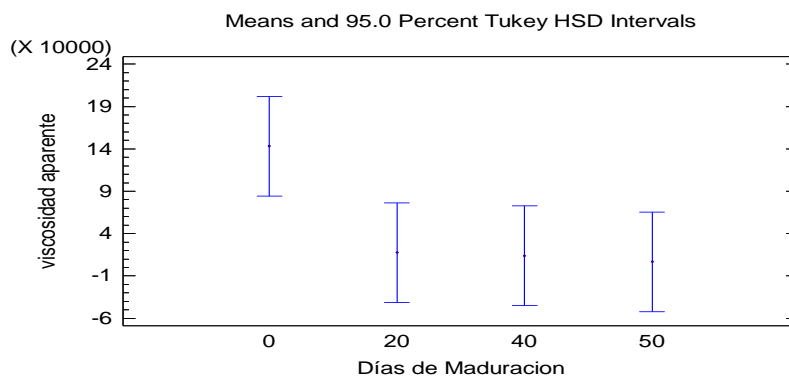
Multiple Range Tests for viscosidad aparente by Días de Maduracion

Method: 95.0 percent Tukey HSD

Días de Maduracion	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
50	6	6753.33	29249.9	X
40	6	14020.0	29249.9	X
20	6	17623.3	29249.9	X
0	6	143133.	29249.9	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
0 - 20	*	125510.	117634.
0 - 40	*	129113.	117634.
0 - 50	*	136380.	117634.
20 - 40		3603.33	117634.
20 - 50		10870.0	117634.
40 - 50		7266.67	117634.

* denotes a statistically significant difference.



8.14. ANOVA multifactor para la fuerza máxima por días de maduración.

Analysis of Variance for Fuerza maxima - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Cosechas	354.467	2	177.233	0.13	0.8816
B:Días de Maduracion	19825.1	3	6608.36	4.73	0.0141
C:temperatura	10272.7	1	10272.7	7.36	0.0148
RESIDUAL	23726.7	17	1395.69		
TOTAL (CORRECTED)	54178.9	23			

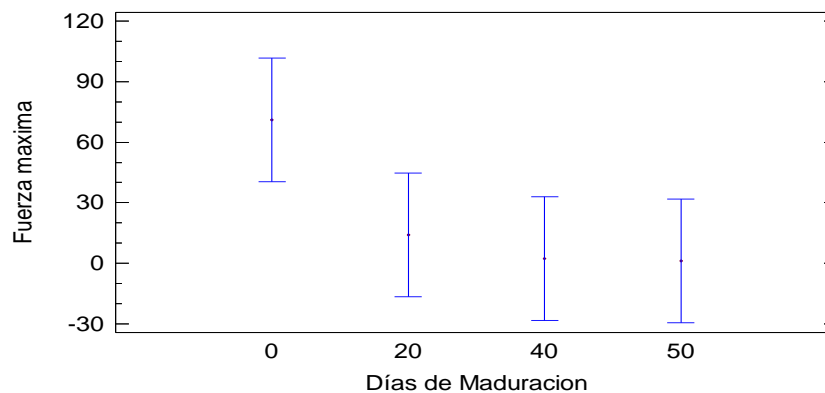
All F-ratios are based on the residual mean square error.

Method: 95.0 percent Tukey HSD

Días de Maduracion	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
50	6	1.1067	15.2517	X
40	6	2.213	15.2517	X
20	6	14.0875	15.2517	XX
0	6	71.1283	15.2517	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
0 - 20		57.0408	61.3374
0 - 40	*	68.9153	61.3374
0 - 50	*	70.0216	61.3374
20 - 40		11.8745	61.3374
20 - 50		12.9808	61.3374
40 - 50		1.1063	61.3374

Means and 95.0 Percent Tukey HSD Intervals



8.15. ANOVA multifactor para la fuerza máxima por la temperatura.

Analysis of Variance for Fuerza maxima - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Cosechas	354.467	2	177.233	0.13	0.8816
B:Días de Maduracion	19825.1	3	6608.36	4.73	0.0141
C:temperatura	10272.7	1	10272.7	7.36	0.0148
RESIDUAL	23726.7	17	1395.69		
TOTAL (CORRECTED)	54178.9	23			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple Range Tests for Fuerza maxima by temperatura

Method: 95.0 percent Tukey HSD

temperatura	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
20	12	1.44498	10.7846	X
5	12	42.8227	10.7846	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
5 - 20	*	41.3778	32.1783

* denotes a statistically significant difference.

