



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS Y TECNOLOGÍA QUÍMICA  
**INGENIERÍA EN ALIMENTOS**



**“Relación entre Propiedades Reológicas y de Calidad  
durante la Maduración de Palta Hass  
(*Persea americana* Mill.)”**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO EN ALIMENTOS

**Profesor Director:**

**Msc. Jaime Ortiz Viedma**

Departamento de Ciencia de los  
Alimentos y Tecnología Química

Universidad de Chile

**Profesor Patrocinante:**

**Msc. Jaime Ortiz Viedma**

Departamento de Ciencia de los  
Alimentos y Tecnología Química

Universidad de Chile

**AXEL ALESSANDRO ALVAREZ CARVAJAL**

**SANTIAGO DE CHILE**

**2015**

*And I have no compass  
And I have no map  
And I have no reasons  
No reasons to get back*

*And I have no religion  
And I don't know what's what  
And I don't know the limit  
The limit of what we've got*

*Zooropa - U2*



## **DEDICATORIA**

En este camino de grandes obstáculos, pero a la vez de grandes sorpresas, he tratado de combatir diversos desafíos, y el último en esta etapa de mi vida, es la puesta en escena de esta aventurera investigación. Sin embargo, no sería válido solo valorizar y destacar a esta, sino que también todo el proceso para llegar a poder conseguir este producto final. Por ello, dedico todo mi esfuerzo puesto acá y en el recorrido para llegar a esta instancia a mi Madre Inés, Papá Alejandro, Abuelos Peter y Celia, Tía Ximena y Hermana Eilín, que influyeron enormemente en mi formación y en el desarrollo de virtudes para poder, hasta ahora, triunfar. Todo esto, dedicado a ustedes!. Sin duda alguna, no sólo debemos utilizar las herramientas entregadas en casa, sino que también las otorgadas por maestros, y por ello, quiero agradecer a mi estimado Profesor Eduardo Castro, por hacerme ver a mí mismo, y como debía ser realmente, para combatir el monstruo del mundo laboral y la forma de desenvolverse de la mejor manera, de esta forma consiguiendo ser un ganador y no un sobreviviente. También quisiera agradecer al Profesor Jaime Ortiz, por darme la oportunidad de desarrollar un tema muy dinámico y magno, en donde pudiese aplicar muchas de las herramientas aprendidas en la carrera, y además recalcar su confianza en mí para llevarla a cabo, junto a otros proyectos que me han ayudado enormemente en mi desarrollo personal. Quisiese también agradecer a la Profesora Alicia Rodríguez, la cual siempre tuvo la disposición para ayudarme y además, de ser una gran profesora con la cual compartí varias ayudantías. Además agradecer a mi amigo Gonzalo Martí y a Tamar Toledo, los cuales me ayudaron en parte de este trabajo, y a varias personas más que también me aportaron con su positivismo. Por último, agradecer a mí mejor guía, el que me ha diseñado y ayudado a entender las cosas...GRACIAS DIOS, por darme la posibilidad de ser quien soy y de poder disfrutar la vida en este plano con las frecuencias que más me gustan.



## ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINAS
<b>Resumen</b>	<b>1</b>
<b>Summary</b>	<b>2</b>
<b>1- Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2- Marco Teórico</b>	<b>4 – 17</b>
2.1- Antecedentes Generales	4
2.2- Antecedentes de Palta Hass en Chile	5
2.2.1- <i>Cultivo de Palta en Chile</i>	5
2.2.2- <i>Mercado de palta y su situación en Chile</i>	6
2.3- Características químicas y nutricionales de la palta Hass	6 – 7
2.4- Maduración de la palta Hass	7 – 8
2.5- Análisis en palta Hass	8
2.5.1- <i>Reología</i>	8 – 13
2.5.2- <i>Textura</i>	13 – 15
2.5.3- <i>Colorimetría</i>	15 – 16
2.5.4- <i>Modelos de Correlación (Regresión Simple)</i>	17
<b>3- Hipótesis y Objetivos</b>	<b>18 – 19</b>
3.1- Hipótesis	18
3.2- Objetivo General	18
3.3- Objetivos Específicos	18 – 19
<b>4- Materiales y Métodos</b>	<b>20 – 26</b>
4.1- Materiales	20
4.1.1- <i>Materia Prima</i>	20
4.1.2- <i>Instrumentos</i>	20
4.1.3- <i>Equipos</i>	20 – 21
4.2- Métodos	21 – 22
4.2.1- <i>Análisis Físicos</i>	22 – 25
4.2.2- <i>Análisis Sensoriales (Test Descriptivo)</i>	26
4.2.3- <i>Análisis Estadísticos</i>	26
<b>5- Resultados y Discusión</b>	<b>27 – 58</b>
5.1- Análisis Reológicos	27 – 39
5.2- Análisis de Textura	39 – 45
5.3- Análisis Colorimétrico en pulpa	45 – 48



5.4- Análisis Químicos	48 – 49
5.5- Correlación entre Variables	49 – 55
5.6- Análisis Sensoriales	56 – 58
<b>6- Conclusiones</b>	<b>59 – 60</b>
<b>7- Bibliografía</b>	<b>61 – 66</b>
<b>8- Anexos</b>	<b>67 – 108*</b>

*\*Pág: 80 – 108, en CD.*

## ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINAS
<b>Tabla 1:</b> Datos reológicos para Cosecha 1 (C1)	34
<b>Tabla 2:</b> Datos reológicos para Cosecha 2 (C2)	34 – 35
<b>Tabla 3:</b> Valores de área Tixotrópica C1	35 – 36
<b>Tabla 4:</b> Valores de área Tixotrópica C2	37
<b>Tabla 5:</b> Datos dinámicos correspondientes a C1	37 – 38
<b>Tabla 6:</b> Datos dinámicos correspondientes a C2	38
<b>Tabla 7:</b> Datos de textura correspondientes a C1	39
<b>Tabla 8:</b> Datos de textura correspondientes a C2	40
<b>Tabla 9:</b> Datos colorimétricos C1	45
<b>Tabla 10:</b> Datos colorimétricos C2	45 – 46
<b>Tabla 11:</b> Datos Químicos C1	48 – 49
<b>Tabla 12:</b> Datos Químicos C2	49
<b>Tabla 13:</b> Correlaciones entre variables para muestras a 6 lb (5°C)	50
<b>Tabla 14:</b> Correlaciones entre variables para muestras a 4 lb (20°C)	52
<b>Tabla 15:</b> Correlaciones entre variables para muestras a 2 lb (20°C)	53
<b>Tabla 16:</b> Correlaciones entre variables físicas para cosechas 1 y 2	54
<b>Tabla 17:</b> Datos de evaluación sensorial C1	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINAS
<b>Figura 1:</b> Reograma para diversos fluidos	11
<b>Figura 2:</b> Curva de relajación de cuerpo elásticos, sólidos viscoelásticos y líquidos viscoelásticos	14
<b>Figura 3:</b> Curva de relajación linealizada de sólidos elásticos, viscoelásticos y líquidos viscoelásticos	15
<b>Figura 4:</b> Corte medialuna de palta para análisis texturales y sus respectivas compresiones	25
<b>Figura 5:</b> Muestra de palta para ser fotografiada	25
<b>Figura 6:</b> Curva de flujo respecto a los puntos analizados Cosecha 1	28
<b>Figura 7:</b> Curva de flujo respecto a los puntos analizados Cosecha 2	29
<b>Figura 8:</b> Curva de viscosidad respecto a los puntos analizados C1	31
<b>Figura 9:</b> Curva de viscosidad respecto a los puntos analizados C2	32
<b>Figura 10:</b> Gráficos de muestras a 6 lb para C1 y C2	41
<b>Figura 11:</b> Gráficos de muestras a 4 lb para C1 y C2	42
<b>Figura 12:</b> Gráficos de muestras a 2 lb para C1 y C2	42
<b>Figura 13:</b> Curva de linealización generalizada C1	43
<b>Figura 14:</b> Curva de linealización generalizada C2	44
<b>Figura 15:</b> Luminosidad en relación al tiempo de maduración	47
<b>Figura 16:</b> Relación $a^*/b^*$ a través del tiempo de maduración	47
<b>Figura 17:</b> Gráficos Telaraña para resultados de evaluación sensorial	58

## NOMENCLATURA

F: Fuerza (N)  
A: Área de Contacto ( $m^2$ )  
dv: Variación de Velocidad ( $m/s^2$ )  
dy: Variación en Distancia (m)  
 $\sigma$ : Esfuerzo de Cizalla o Shear Stress (Pa)  
 $\sigma_0$ : Umbral de Fluencia o Yield Point (Pa)  
 $\gamma$ : Deformación (-)  
 $\dot{\gamma}$ : Velocidad de Deformación o Shear Rate (1/s)  
 $\mu$ : Viscosidad Dinámica (Pa · s)  
 $\eta$ : Viscosidad Aparente (Pa · s)  
k: Índice de Consistencia (Pa · s)  
n: Índice de Fluidez (-)  
G': Módulo de Almacenamiento (Pa)  
G'': Módulo de Pérdida (Pa)  
 $\eta^*$ : Viscosidad compleja (Pa · s)  
G\*: Módulo Complejo (Pa)  
 $\omega$ : Frecuencia de oscilación ( $rad \cdot s^{-1}$ )  
Tan $\delta$ : Factor de Pérdida (-)  
F<sub>0</sub>: Fuerza Inicial (N)  
t: Tiempo (Días)  
a: Comportamiento Viscoelástico (-)  
b: Velocidad para alcanzar a/2 (1/unidad de tiempo)  
L\*: Luminosidad (-)  
a\*: Parámetro de color (de verde a rojo) (-)  
b\*: Parámetro de color (de azul a amarillo) (-)  
a\*/b\*: Relación de parámetros de color a\* y b\*  
 $\Delta E$ : Diferencia de Color (-)



## **RESUMEN**

Se estudió la relación entre propiedades reológicas y de calidad durante la maduración de palta Hass (*Persea americana* Mill.). Este estudio en particular, se enfocó en los análisis físicos en palta Hass. Según los análisis reológicos, se obtuvo que los valores de esfuerzo de cizalla y de viscosidad disminuyeron al avanzar la madurez de la palta para todos los puntos analizados y respecto a su grado de resistencia, debido a la liberación de aceite y al aumento en la concentración de pectina soluble, entre otros fenómenos bioquímicos. El índice de fluidez aumentó respecto a sus días de almacenamiento a una misma resistencia como también entre puntos, al igual que los parámetros de luminosidad y  $a^*/b^*$ , por ello el color amarillo final de la pulpa. Sin embargo, el índice de consistencia, el umbral de fluencia, el área de histéresis, los módulos de almacenamiento, pérdida, complejo y la fuerza de penetración, disminuyeron tanto por periodos de maduración como por puntos debido a la aparición de aceite y ablandamiento de la pulpa. Por otro lado,  $G'$  siempre fue mayor que  $G''$ , mostrando un comportamiento elástico predominante sobre el viscoso, por ello, la palta cuenta con características más sólidas que líquidas. Además, las curvas de Peleg arrojaron que las muestras tienen un comportamiento viscoelástico a cualquier temperatura de almacenamiento como también para los 3 tipos de resistencias analizados (6, 4 y 2lb). Con las correlaciones realizadas, se obtuvo que para las muestras de 6, 4 y 2lb, los índices de peróxidos y pAnisidina aumentan a medida que asciende el tiempo de almacenamiento, el índice de fluidez o la relación  $a^*/b^*$ , o cuando disminuye la fuerza de penetración, lo que se expresó a través de ecuaciones lineales, polinómicas, exponenciales y potenciales. Finalmente, existió una buena concordancia entre el análisis sensorial y los análisis de textura y colorimetría, indicando que la pulpa de la palta se vuelve más blanda y menos verde a medida que madura.

## **SUMMARY**

### **Relationship between Rheological Properties and Quality during Ripening Hass Avocado (*Persea americana* Mill.)**

The relationship between rheological properties and quality during maturation of Hass avocados (*Persea americana* Mill.) was studied. This particular study focused on Hass avocado's physical analysis. According rheological analysis, the gotten result was that the values of shear and viscosity decreased with avocado's advancing maturity about all analyzed points and regarding their degree of resistance, because of an oil liberation and a rise about concentration of pectin soluble, among other biochemical phenomena. The flow index increased respect to the days of storage at the same temperature as between points, also the lightness parameters and  $a^*/b^*$ , for that reason, a yellow colour appeared into avocado's pulp. Furthermore, the consistence index, the yield stress, the hysteresis area, the storage modulus, the loss complex and the penetration force, decreased at both maturation periods, due to the occurrence of oil and softening pulp. Moreover,  $G'$  always was greater than  $G''$ , showing an predominant elastic behavior about avocado's viscous factor. Therefore, avocado get more quantity of liquid characteristics than solid ones. Furthermore, Peleg's curves showed that for the the samples have a viscoelastic behavior at any temperature storage also for the 3 types of resistors tested (6, 4 and 2 lb). With the correlations performed, the main conclusion was that in case of the samples of 6, 4 and 2lb, the values of peroxide and p-anisidina, ascends gradually when increase storage time, the flow index or ratio  $a^*/b^*$ , or when decreases the penetration force, which is expressed through lineal, polynomial, potency and exponential equations. Finally, there was good agreement between the sensory analysis and the tests of texture and colorimetry, indicating that avocado's pulp becomes softer and less green as it matures.

## 1- INTRODUCCIÓN

La palta (*Persea Americana* Mill.) es un fruto altamente calórico, rico en vitaminas, minerales, folatos, potasio y fibra, con una composición única de lípidos (Slater *et al.*, 1975). Además, contiene altos niveles de fitoquímicos bioactivos lipofílicos, incluyendo la vitamina E, carotenoides y esteroides que poseen actividades antioxidantes y eliminadores de radicales libres (Lee *et al.*, 2004). Comercialmente, la calidad de la palta tiene una clasificación de acuerdo al tamaño, contenido de aceite (materia seca), ausencia de defectos (que afectan la apariencia/color) y firmeza (OECD, 2004). En cuanto al aceite, este es rico en ácidos grasos monoinsaturados, especialmente el ácido oleico y palmitoleico, y además, es baja en grasas saturadas en comparación con otros aceites vegetales (Slater *et al.*, 1975). Durante la maduración de la palta, los cambios de color de la piel de verde a morado-negro (Cox *et al.*, 2004), son causados principalmente por la degradación de la clorofila y el aumento de la concentración de carotenoides y antocianinas (Toivonen y Brummell, 2008), y además varía el color de la pulpa de verde a amarillo. Por otro lado, la firmeza es una característica importante de la palta, ya que es una de las cualidades más fiable de determinar si la fruta está madura para comer (Hopkirk *et al.*, 1994). La maduración de los frutos es un proceso complejo, incluyendo diferentes cambios fisiológicos y bioquímicos reflejándose en las modificaciones estructurales a nivel celular y en el caso de la palta, implica un ablandamiento del mesocarpio de la fruta. Esto, influye sobre las características de fluidez de la palta (reología), la cual tiene características viscoelásticas (Olayinka y Baik, 2009), afectando su calidad en distintas estaciones de maduración y como es de esperarse, también afecta a sus características químicas (concentración de antioxidantes, diversos índices químicos etc.). Es por ello, que establecer relaciones entre características físicas y químicas de palta Hass, es de gran importancia para determinar su grado de calidad a lo largo de su maduración a distintas temperaturas de almacenamiento.

## 2- MARCO TEÓRICO

### 2.1- Antecedentes Generales

El palto es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia Lauraceae (**Anexo 1: Planta de palta Hass**). Fue clasificado como *Persea gratissima* por Gaertner y *Persea americana* por Miller. Esta desarrolló diversas subespecies debido a su aislamiento geográfico, originando finalmente diferentes tipos botánicos. La palta o aguacate se originó en América Central y en el sur de México. A partir de la evidencia arqueológica encontrada en Tehuacán (México), se cree que este fruto apareció hace aproximadamente 12.000 años (Yahia, 2011).

La palta es botánicamente clasificada en tres razas, con diferencias en su tipo de madurez y en el contenido de aceite entre estas: West Indian (WI), *Persea americana* Mill. variedad *americana* (*P. gratissima* Gaertn), se caracteriza por ser tropical, cuenta con un gran fruto en forma variable y presenta un menor contenido de aceite; Méxicana (MX), *P. americana* Mill. variedad *drymifolia* Blake (*P. drymifolia* Schlecht y Cham.), es un fruto semi-tropical los cuales son más pequeños, de piel fina alargada y presentan mayor contenido de aceite; y Guatemalteca (G), *P. nubigena* variedad *guatemalensis* L. Wms., fruto subtropical, donde este es de piel gruesa y su contenido de aceite es intermedio (Bergh y Lahav, 1996).

Este fruto puede ser redondo con forma de pera, y la piel puede variar en textura y color. La piel puede ser flexible a rígida, suave a dura y verde-amarilla, rojo-púrpura, morado o negro en cuanto al color. La pulpa de la palta es de color amarillo verdoso al amarillo brillante cuando está madura y mantecosa en consistencia, pero otras variedades presentan una pulpa más fibrosa. Además, la palta presenta un carozo grande, que representa el 10 a 25% del peso de la fruta. El fruto de diferentes cultivares de palto, varía en contenido de humedad y de aceite, de menos de 5% a más del 30% de aceite (Yahia, 2011).



## **2.2- Antecedentes de Palta Hass en Chile**

### **2.2.1- Cultivo de palta en Chile**

Los cultivares de palta más importante en Chile son Hass, Fuerte, Negra de La Cruz, Bacon y Zutano. La variedad Hass es originaria de California, y entre sus características genéticas predominan las de la raza guatemalteca, siendo afectada por heladas, en especial el estado de plena flor donde resiste sólo hasta  $-1,1^{\circ}\text{C}$ . Posee buena productividad y reducido añerismo si se le compara con otros cultivares. Su precocidad es alta, lográndose cosechas al segundo o tercer año. El cultivar Hass es de desarrollo mediano, por ello puede plantarse a distancias medias y a alta densidad debido a su precocidad (INIA, 2010).

El cultivar Hass produce un fruto piriforme, de cáscara gruesa, algo rugosa y de color verde, el que se torna negro a medida que ésta madura (**Anexo 2: Palta Hass chilena**). La cosecha puede comenzar en julio y prolongarse hasta marzo, es decir, 9 meses en huertos de maduración temprana. La calidad de esta variedad en términos de contenido de aceite es alta, ya que los frutos maduros pueden contener hasta un 20%. La producción puede alcanzar como promedio 12 ton/ha después de 6 a 8 años, aunque se ha visto que en algunos huertos puede llegar a 25 ton/ha. El ciclo fenológico del palto Hass muestra 2 épocas de brotación, una en primavera (7 de septiembre al 21 de diciembre) y otra en otoño (29 de marzo al 17 de mayo), siendo la primera de mayor intensidad. En Quillota (V Región) la floración del palto Hass se produce entre el 21 de octubre y el 13 de noviembre. Luego existe una primera caída de frutos que ocurre desde mediados de noviembre a fines de diciembre. La segunda caída de paltas o regulación natural de carga, ocurre entre marzo y abril (INIA, 2010).

### **2.2.2- Mercado de palta y su situación en Chile**

En relación al mercado de la palta, la superficie plantada de paltos tuvo una expansión anual de 4,4% entre los años 2000 y 2012, llegando a una superficie similar a la de los manzanos, que se ubica como la segunda especie más plantada a nivel nacional. La producción registró su máxima expresión en el año 2009, cuando se alcanzó su récord histórico, duplicando la producción del año 2000. Sin embargo, existe una alta volatilidad de producción de paltas, debido a su dependencia de fenómenos meteorológicos y a las características de añerismo que presenta la especie. El volumen exportado de paltas alcanzó una tasa anual promedio de crecimiento de 4,8% entre los años 2000 y 2012, representando alrededor de dos tercios de la producción total de paltas a través del período (ODEPA, 2013). El valor de las exportaciones tuvo un incremento importante entre los años 2000 y 2012, aumentando desde USD 74 millones en el año 2000 a USD 155 millones en el año 2012, con una expansión media anual de 9,7% (**Anexo 3: Producción y Exportación de Palta**). Cabe destacar que en el año 2009 el valor de las exportaciones de paltas alcanzó a USD 252 millones, ubicándose entre las principales especies generadoras de divisas para el país. Chile se ha ubicado como el segundo mayor exportador mundial de paltas, posición que se ha visto amenazada últimamente (ODEPA, 2013).

### **2.3- Características químicas y nutricionales de la palta Hass**

Aparte de su uso como alimento, la palta es tradicionalmente utilizada para diversos fines medicinales incluyendo como hipotensor, hipoglicémico y anti-viral, y se aplica para el tratamiento de úlceras y enfermedades cardiovasculares (Anita *et al.*, 2005). Se le atribuyen propiedades analgésicas y anti-inflamatorias y la pulpa de la palta también se utiliza en diversas formulaciones dermatológicas es

decir, emulsiones para el tratamiento de la piel seca, agentes protectores contra la radiación ultravioleta y agentes anti-envejecimiento (Korać y Khambholja, 2011).

La palta contiene cerca de un 2% de proteína, azúcares (principalmente glucosa, fructosa y sacarosa), vitaminas, taninos y aminoácidos libres (**Anexo 4: Tabla nutricional de palta Hass**).

Las propiedades del aceite de palta y su composición de ácidos grasos se han estudiado ampliamente. El aceite se compone principalmente de ácidos grasos insaturados, siendo el ácido oleico predominante, lo que aumenta en concentración durante la temporada. Otros ácidos grasos presentes en el aceite son los ácidos palmítico y linoleico junto con cantidades traza de mirístico, esteárico, araquídico y cinolénico. Cabe destacar que una alta ingesta dietética de ácido oleico y palmitoleico se relaciona con una disminución del riesgo de enfermedad cardiovascular debido a que estos ácidos grasos preservan los niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL) y actúan como antioxidantes (Lopez *et al.*, 1996; Richard *et al.*, 2008). La palta tiene el más alto nivel de  $\beta$ -sitosterol que se ha demostrado en ensayos clínicos, el cual ayuda a reducir los niveles de colesterol de baja densidad (LDL) mediante el bloqueo de la absorción del colesterol en el intestino (Heinemann *et al.*, 1993). Adicionalmente, esta contiene altos niveles de fitoquímicos bioactivos lipofílicos, incluyendo la vitamina E, carotenoides y esteroides que poseen actividades antioxidantes y eliminadores de radicales libres (Lee *et al.*, 2004). Los factores que afectan a la capacidad antioxidante de la fruta incluyen su manera de ser cultivado, las condiciones agronómicas, las condiciones de post-cosecha y la etapa de madurez de la fruta (Kevers *et al.*, 2007).

#### **2.4- Maduración de la palta Hass**

La maduración de los frutos es un proceso complejo, incluyendo varios cambios fisiológicos y bioquímicos. Estos cambios se reflejan en las modificaciones



estructurales a nivel celular. La maduración de la palta implica un ablandamiento del mesocarpio de la fruta. Diversos análisis bioquímicos han mostrado un gran aumento en las actividades de las enzimas hidrolíticas de la pared celular durante la maduración (Awad y Young, 1979). Las paltas comienzan su maduración cuando se cosechan y este proceso puede ser ralentizado considerablemente por un almacenamiento a baja temperatura (4-6°C); sin embargo, hay investigaciones que indican que el almacenamiento en frío daña el fruto, manifestándose como una decoloración del mesocarpio, ablandamiento indebido y mal sabor (Couey, 1982), además la membrana celular presenta separaciones entre los fosfolípidos y las proteínas de la bicapa debido al almacenamiento en frío (Platt-Aloia y Thomson, 1987).

La maduración de la palta se determina por sus características externas como color y tamaño, o por el contenido de aceite en la pulpa. El contenido de aceite de la palta comercial está entre los 8 a 15,5 %, pero después de la maduración puede aumentar a valores entre 22 y 33%. Durante el proceso de maduración ocurren una serie de cambios bioquímicos internos y externos en el fruto, los cuales se extienden hasta alcanzar la maduración de consumo. Se reporta que para ser consumido debe tener un grado de textura entre 4,0 y 1,5 Kg-f/cm<sup>2</sup>. Después de este tiempo se evidencia pérdida de contenido de grasa, cambio de color y la textura de la pared celular se debilita (Baudi, 1997).

## ***2.5- Análisis en palta Hass***

### **2.5.1- Reología**

La ciencia de la reología tiene muchas aplicaciones en los campos de la aceptabilidad, manipulación y procesamiento de alimentos. Estos últimos, sin embargo, son materiales complejos en cuanto a su estructura y a su comportamiento reológico y, en muchos casos, existen mezclas de sólidos, así



como componentes estructurales fluidos. La reología se refiere a la deformación y al flujo de sustancias y, en particular, a su comportamiento en la zona transitoria entre sólidos y líquidos (viscoelasticidad). Por otra parte, esta ciencia intenta definir una relación entre la tensión que actúa sobre un material dado y la deformación resultante y/o el flujo que tiene lugar (Tabilo-Munizaga y Barbosa-Cánovas, 2005). La reología se ocupa del cómo los materiales responden a fuerzas aplicadas y deformaciones. Conceptos básicos como el estrés (fuerza por unidad de superficie) y la velocidad de deformación son claves para todas las evaluaciones reológicas. El estrés o cizalla ( $\sigma$ ) es una medida de la fuerza por unidad de área de superficie y se expresa en unidades de Pascal (Pa) (**Ecuación 1**), mientras que la velocidad de deformación ( $s^{-1}$ ) corresponde a un gradiente aplicado sobre la muestra (**Ecuación 2**).

$$\text{Ec. 1: } \sigma = F / A$$

$$\text{Ec. 2: } \dot{\gamma} = dv / dy$$

Por otro lado, se definen a los fluidos como las sustancias que fluyen sin desintegrarse cuando se aplica presión, lo cual incluye a gases, líquidos y ciertos sólidos. En especial, para el caso de los líquidos se requieren diferentes esfuerzos de cizalla, para permitir que las moléculas de una capa pasen a otra, a cierta velocidad. La relación entre el esfuerzo de cizalla requerido para inducir una determinada velocidad de deformación, caracteriza el comportamiento reológico de un fluido. En los fluidos llamados newtonianos, el esfuerzo de cizalla es directamente proporcional a la velocidad de deformación (**Ecuación 3**) o en otras palabras, la velocidad de cizalla y la constante de proporcionalidad corresponden a la viscosidad (Ramírez, 2006).

$$\text{Ec. 3: } \sigma = \mu \cdot \dot{\gamma}$$

Esta fórmula se denomina *Ley de Newton*, que es aplicable actualmente aún para algunos fluidos con comportamiento newtoniano (agua y glicerina, por ejemplo).

Sin embargo, muchos fluidos alimentarios, como la palta, se desvían de este comportamiento típico de fluidos como el agua; estos pertenecen al grupo de los fluidos no-newtonianos, en los cuales el término índice de consistencia ( $k$ ) es equivalente a una viscosidad no-newtoniana. Pero para definir el flujo, se requiere de otros parámetros tales como el índice de comportamiento al flujo ( $n$ ) y el esfuerzo de fluencia, el cual representa la tensión mínima de deformación ( $\sigma_0$ ).

La relación entre esfuerzo de cizalla y la velocidad de deformación para fluidos no newtonianos no es lineal, además, estos entre sí, se diferencian en fluidos dependientes y no dependientes del tiempo. Dentro de los fluidos independientes del tiempo, se encuentran los fluidos pseudoplásticos, los cuales se caracterizan por una disminución de su viscosidad y de su cizalla, con la velocidad de deformación. Su comportamiento se representa con la siguiente ecuación:

$$\text{Ec. 4: } \sigma = k \cdot \dot{\gamma}^n$$

(Ley de la Potencia)

*Donde:*

$n$ : Índice de Fluidez (adimensional), con  $0 < n < 1$

Para un líquido newtoniano  $n = 1$ , para un fluido dilatante  $n > 1$  y para un fluido pseudoplástico  $n < 1$ .

A partir de dicha relación matemática (**Ecuación 4**), se han derivado otras que intentan explicar el comportamiento reológico de otros fluidos, tales como:

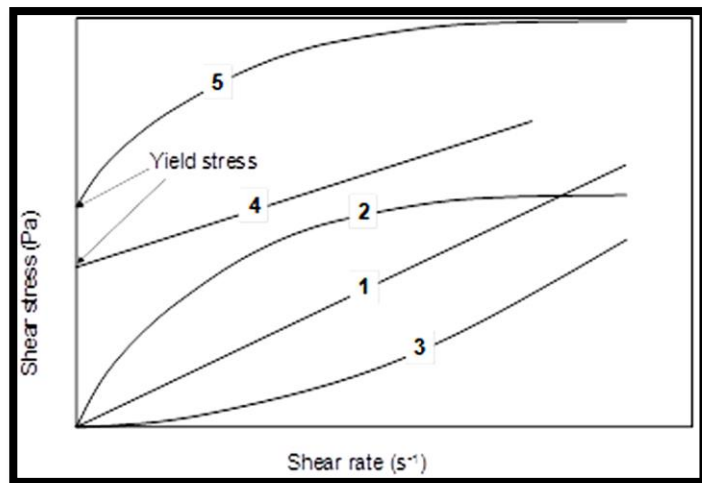
$$\text{Ec. 5: } \sigma = k \cdot \dot{\gamma} + \sigma_0$$

(Cuerpo Plástico de Bingham)

**Ec. 6:  $\sigma = k \cdot \dot{\gamma}^n + \sigma_0$**   
**(Herschel - Bulkley)**

Con  $\sigma_0 > 0$  y  $0 < n < \infty$

Existen varios modelos para evaluar el comportamiento de los fluidos no newtonianos independientes del tiempo, tales como: Casson (1959), Casson modificado (1972), Ellis (1927), Vocadlo (1968), Carreau (1968), Cross (1965) entre otros, los cuales presentan diferentes ecuaciones para relacionar las distintas variables que caracterizan al fluido en estudio (Steffe, 1996). En la **Figura 1**, se ilustran diversos reogramas obtenidos a partir del comportamiento reológico de variados materiales:



**Figura 1:** Reograma para diversos fluidos (Fuente: Zhong y Daubert, 2013)

En donde (1) representa un fluido newtoniano, (2) pseudoplástico, (3) dilatante, (4) plástico de Bingham y (5) fluido Herschel – Bulkley (Shear rate: velocidad de deformación; Shear Stress: esfuerzo de cizalla).

Además de este tipo de análisis reológico, denominados estacionarios (rotatorios), se encuentran los análisis dinámicos (oscilatorios). Estos son estudios apropiados para materiales como los alimentos, que presentan ciertas características viscoelásticas. Con ensayos reológicos dinámicos (oscilatorios) y pruebas en el rango lineal viscoelástico (RLV), se pueden obtener los módulos de almacenamiento ( $G'$ ) y de pérdida ( $G''$ ).  $G'$ , es un valor que representa la energía de deformación almacenada en la muestra durante el proceso de cizallamiento, además representa el comportamiento elástico de la muestra. Por el contrario, el valor  $G''$  es una medida de la energía de deformación utilizada en la muestra durante el cizallamiento y la pérdida de energía de la muestra posteriormente, representando el comportamiento viscoso de la muestra (Mezger, 2002). Si  $G'$  es mucho mayor que  $G''$ , el material se comporta más como un sólido; es decir, las deformaciones serán esencialmente elástica implicando que el material se pueda recuperar. Sin embargo, si  $G''$  es mucho mayor que  $G'$ , la energía utilizada para deformar el material viscoso se disipa, por ende, el material tiene un comportamiento más líquido (Rao, 1999). Por otro lado, el factor de pérdida  $\tan\delta$  revela la relación entre la porción viscosa y elástica de un material luego de una deformación dada. Un ángulo de fase  $\delta = 0^\circ$  o  $\tan\delta = 0$  corresponde a una respuesta elástica y  $\delta = 90^\circ$  o  $\tan\delta = 1$  es una respuesta viscosa. Si el ángulo de fase está dentro de los límites de  $0 < \delta < 90$ , el material se denomina viscoelástico (Steffe, 1996; Mezger, 2002). Por otro lado, la viscosidad compleja (**Ecuación 7**) es otro parámetro usado en los análisis oscilatorios.

$$\text{Ec. 7: } |\eta^*| = G^* / \omega$$

El modulo complejo ( $G^*$ ) se relaciona con los módulos elástico y viscoso a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Ec. 8: } [G^*]^2 = [G']^2 + [G'']^2$$

Se pueden realizar varios tipos de pruebas dinámicas, y una de ellas (acorde al estudio a realizarse) son estudios de barrido de frecuencia de  $G'$  y  $G''$  a temperatura fija o en relación a un rango de frecuencia establecida (Tabilo-Munizaga y Barbosa-Cánovas, 2005).

### 2.5.2- Textura

La textura es una propiedad sensorial y, por lo tanto, sólo el ser humano puede percibir y describir. Los llamados instrumentos de prueba de textura pueden detectar y cuantificar sólo ciertos parámetros físicos que luego deben ser interpretados en términos de la percepción sensorial (Szczeniak, 2002). Esta puede ser definida como el conjunto de percepciones que permiten evaluar las características físicas de un alimento por medio de la piel y músculos sensitivos de la cavidad bucal, sin incluir las sensaciones de temperatura y dolor (Bourne, 1982).

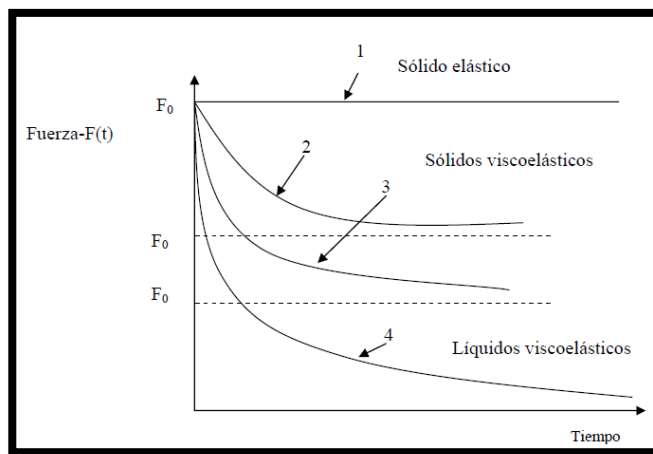
La textura respecto a la calidad de la palta es muy importante, ya que los trastornos internos de esta pueden influir en la manera de evaluarla en términos comerciales (Hopkirk *et al.*, 1994). Existen ensayos de penetración o compresión, que se basa en la medición de la fuerza de cizalla máxima requerida para atravesar completamente una sección del producto con un pistón. A valores más altos de fuerza obtenidos mayor es la resistencia del producto. Usualmente la fuerza máxima generada durante la experiencia es la característica textural más importante de la muestra analizada y esta técnica fue diseñada para evaluar la textura de sistemas complejos (Verdugo *et al.*, 1997).

En los análisis de Textura se espera relacionar la fuerza aplicada con su deformación respectiva (relajación) y con el tiempo de maduración, para ello comúnmente se utilizan métodos de normalización y linealización. Peleg (1976) ha indicado una forma muy utilizada en la actualidad para interpretar las curvas de relajación: propone normalizar y linealizar las curvas de relajación y señala que

una representación matemática ideal de un fenómeno físico está basado en las consideraciones siguientes:

- a) El número de constantes debe ser mínimo.
- b) Las constantes y los términos de la ecuación deben tener significado físico.
- c) La ecuación es sensible a los cambios físicos en el sistema, pero es insensible a parámetros arbitrarios.
- d) La expresión matemática debe ser lo más simple posible.

La representación generalizada de las curvas de relajación para los diferentes sistemas se presenta a continuación:



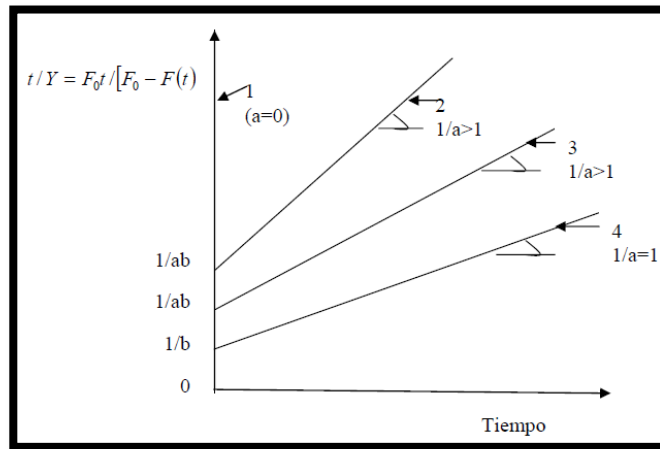
**Figura 2:** Curva de relajación de cuerpo elásticos, sólidos viscoelásticos y líquidos viscoelásticos  
(Fuente: Peleg, 1979)

Una forma de normalizar y a su vez linealizar estas curvas, es mediante las siguientes expresiones:

$$\text{Ec.9: } Y = [F_0 - F(t)] / F_0$$

$$\text{Ec. 10: } t/Y = [F_0 * t] / [F_0 - F(t)]$$

A partir de la **Ecuación 10**, se obtienen las siguientes curvas:



**Figura 3:** Curva de relajación linealizada de sólidos elásticos (1), viscoelásticos (2y3) y líquidos viscoelásticos (4) (Fuente: Peleg, 1979)

La constante “a” (adimensional) representa el nivel al que el esfuerzo cae durante la relajación. Si  $a = 0$ , el esfuerzo no se relaja (sólido) y si  $a = 1$ , el esfuerzo llega al valor cero (líquido). Para valores  $0 < a < 1$ , la constante “a” presenta el valor asintótico residual de  $Y(\infty)$ . La constante b (1/unidad de tiempo) representa la velocidad a la cual el esfuerzo se relaja ( $1/b$ ) y es el tiempo necesario para alcanzar el valor  $a/2$ . Si  $b = 0$ , el esfuerzo no se relaja totalmente (sólido elástico ideal) (Castro y de Hombre, 2007).

### 2.5.3- Colorimetría

El color es una de las características que influye más directamente en la calidad de las frutas-verduras y productos elaborados a base de estos. Como primer atributo sensorial al cual se puede acceder, se valorará cualitativamente en el sentido de calidad por el mismo consumidor o comprador, pero también será utilizado como parámetro de control de calidad por el propio cosechador durante el proceso de cosecha o de procesado si se refiere a un producto elaborado. Es necesario pues, conocer los componentes y procesos que determinan el color

“normal” de un alimento o fruto, el cual no sólo depende de sus componentes, sino también de ciertos caracteres físicos o fisicoquímicos.

El cambio de color en frutas, verduras y tubérculos se observa cuando ellos sufren daño mecánico o fisiológico. Se debe a la presencia en los tejidos vegetales de enzimas del tipo polifenoloxidasas, cuya proteína contiene cobre, que cataliza la oxidación de compuestos fenólicos a quinonas. Estas prosiguen su oxidación debido al aire que está sobre el tejido, para formar pigmentos oscuros, melanoídes, por polimerización (Schmidt-Hebbel *et al.*, 2001).

Los sustratos responsables son de tipo orto-fenólico y entre ellos se mencionan: ácido clorogénico-tirosina-catecol, cafeico-ácido, gálico-hidroquinonas, antocianos-flavonoides. Por otro lado, las enzimas responsables son la tirosinasa, catecolasa, lacasa, la ascórbico-oxidasa y las polifenol-oxidadas (Schmidt-Hebbel *et al.*, 2001).

En el caso de la palta, existe una transformación de color de la cáscara (de verde a negro) debido a una degradación de la clorofila que da paso a la aparición de diversos carotenoides. También ocurre una transformación de color en la pulpa (de verde a amarillo), en este caso, existen diversas reacciones químicas relacionadas con reacciones de oxidación de compuestos de clorofila y de expresión de carotenoides, como la luteína (pigmento amarillo).

La determinación del color se puede llevar a cabo por inspección visual (humana) o mediante el uso de un instrumento de medición de color. En la actualidad, se utilizan espacios de color y valores numéricos para crear, representar y visualizar los colores en dos y tres dimensiones del espacio. Por lo general, el color de los alimentos se ha medido bajo los conceptos  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . El espacio de color  $L^* a^* b^*$  o CIELab, es una norma internacional para medidas de color, adoptado por la Comisión Internacional d'Eclairage (CIE) en 1976.  $L^*$  es el componente de luminosidad, que va de 0 a 100, y los parámetros  $a^*$  (de verde a rojo) y  $b^*$  (de azul a amarillo) son los dos componentes cromáticos, que van desde -120 a 120 (Leon *et al.*, 2006).



#### 2.5.4- Modelos de Correlación (Regresión Simple)

El procedimiento de Regresión Simple consiste en diseñar un modelo estadístico que describa el impacto de un factor cuantitativo  $X$  sobre una variable dependiente  $Y$ . La ecuación obtenida puede ser usada para hacer predicciones, incluyendo límites de confianza y límites de predicción. Los residuos pueden también ser cuestión de diversos análisis, observando la manera en que estos influyen en las variables (Statgraphics, 2007). En esta ocasión, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

1.-Ecuación lineal (Pearson):  $Y = ax + b$

2.-Ecuación cuadrática:  $Y = ax^2 + bx + c$

3.-Ecuación exponencial:  $Y = ae^x + b$

4.-Ecuación potencial:  $Y = ax^b + c$

## **3- HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **3.1- Hipótesis**

Es posible determinar la relación entre parámetros físicos y químicos de la palta Hass (*Persea americana* Mill.) a medida que madura. Durante este proceso, las propiedades reológicas tales como textura y viscosidad tenderán a disminuir en función del deterioro oxidativo que afecta la calidad de la fruta.

### **3.2- Objetivo General**

Estudiar la influencia del grado de madurez de la palta Hass (*Persea americana* Mill.) y su tipo de conservación en diversas cosechas, sobre sus parámetros físicos y químicos hasta que alcance su grado de madurez comercial (2 lb-f), generando así correlaciones que ayuden a obtener el comportamiento del fruto a partir de una variable conocida.

### **3.3- Objetivos Específicos**

- Estudiar la reología de la palta Hass en relación a su grado de madurez y a las distintas condiciones de conservación (20 y 5°C), para así obtener datos de viscosidad, tixotropía, dinámicos y otros.
- Analizar la textura de la palta Hass en relación a su grado de madurez y a las distintas condiciones de conservación (20 y 5°C), para conseguir datos de deformación en el tiempo y relacionarlos a modelos de textura (Relajación).

- Estudiar los cambios de color (parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) de la palta Hass (en pulpa) en relación a su grado de madurez y tipo de conservación (a temperatura ambiente y de refrigeración).
- Integrar la relación existente entre la calidad del aceite de palta Hass extraído por método convencional respecto a sus comportamientos reológicos, de color y textura, con el fin de correlacionar dichos parámetros.
- Analizar e integrar la relación existente entre análisis sensoriales y análisis de color y textura en palta Hass.

## **4- MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1- Materiales:**

#### **4.1.1- Materia Prima**

- 264 unidades de palta Hass (132 para cada cosecha).

#### **4.1.2- Instrumentos**

- Minipimer Philipps HR 1613, 650 Watts, 220-240v, 50/60 Hz, 16 ajustes de velocidades.
- Penetrómetro
- Balanza granataria Quality Precisa 1620D.
- Cuchillo
- Tabla de picar
- Cuchara
- Papel de Aluminio
- Vasos Precipitados 250 ml

#### **4.1.3- Equipos y Softwares**

- Máquina Universal de Ensayos de materiales: Lloyd LR – 5K, con vástago de acero inoxidable de 7 mm de diámetro. Celdas de 500 y 5000 N.
- Reómetro: Haake RheoStress 1, versión 2.3., con sensor cilíndrico coaxial Z34 DIN. Dicho equipo está acompañado de un baño termostático Haake A 10 y un control regulador de temperatura modelo Haake SC 100. Además, cuenta con un compresor de aire, marca Carat 106/E, Dental Range, Fiac.

- Cámara digital CANON Power-Shot A520 y Softwares: ZoomBrowser EX y Adobe Photoshop CS.
- Software Statgraphics Centurión XV.II para análisis estadísticos.
- Cava térmica: Enaxxion Electro
- Refrigerador: Mademsa Automático, capacidad de 205 L.

#### **4.2- Métodos:**

Las paltas Hass (*Persea americana* Mill.) usadas para este estudio provienen de la V región, de la localidad de Quillota. Estas fueron transportadas en cajas hacia el Laboratorio de Química y Análisis de Alimentos. Luego fueron almacenadas a temperatura de refrigeración (5°C). Al haber trabajado con 2 cosechas, se usaron alrededor de 264 paltas (132 paltas para cada cosecha). Las paltas fueron recolectadas por período de cosecha, es decir, cada cierto intervalo de tiempo, (1° Cosecha mes de Septiembre y 2° Cosecha mes de Enero). Por cada cosecha, se analizaron tanto parámetros físicos como químicos de la palta (los análisis químicos se realizaron de manera paralela y complementaria a este estudio, por lo que sólo se usarán y mencionarán sus resultados). Estos, se relacionarán con su tipo de conservación que tuvieron y además, se correlacionarán con su grado de madurez respectivo. Para ello se procedió de la siguiente manera (para cada cosecha de la misma forma):

Una vez llegadas las paltas (132 unidades), fueron almacenadas a 5°C en un refrigerador. El mismo día de llegada (DÍA 0) de dichas muestras, se retiraron 33 unidades (a 5°C), de las cuales, 11 fueron analizadas inmediatamente (7 para análisis físicos y 4 para análisis químicos) y el resto almacenadas a 20°C en una cava térmica. De estas últimas, se extrajeron 11 paltas el día que alcanzaron una firmeza de 4 lb-f y las restantes 11, se retiraron cuando obtuvieron 2 lb-f (madurez comercial), a las cuales también se le realizaron análisis químicos y físicos. Luego, se dejaron transcurrir 10 días (DÍA 10), tomando como punto de partida el

día que llegaron al laboratorio las muestras, y se procedió a sacar 33 muestras nuevamente que estaban a 5°C y se llevó a cabo el mismo procedimiento descrito anteriormente. Esto mismo se realizó para el DÍA 20 y DÍA 40 (para la segunda cosecha, se realizaron análisis los días 0, 10, 20 y 30, a diferencia de la primera cosecha que no se analizó el día 30, pero si el 40).

#### 4.2.1- Análisis Físicos

**Reología:** Para los análisis reológicos se usó el equipo Haake RheoStress 1, versión 2.3., con el sensor cilíndrico coaxial Z34 DIN. Con este se aplicaron análisis tanto rotatorios como oscilatorios en la muestra (pulpa de palta).

Análisis Rotatorios: En cuanto a los análisis rotatorios, se caracterizó la pulpa de palta en base a la relación entre el esfuerzo de cizalla ( $\sigma$ ) y viscosidad ( $\eta$ ) respecto a la velocidad de deformación ( $\dot{\gamma}$ ), con el fin de ajustar su comportamiento a algún modelo reológico conocido. También se estudió el ciclo de histéresis. Por lo tanto, para los análisis rotatorios, se estimaron las siguientes relaciones:

- Esfuerzo cizalla (Pa) vs Velocidad de deformación (1/s) en intervalo creciente de velocidad de deformación de 0,1 a 100 1/s. Buscar dependencia con el tiempo (**Curva de Flujo**). A partir de dicha curva se ajustó al modelo reológico Herschel-Bulkley y se determinó el punto de fluencia ( $\sigma_0$ ), índice de fluidez ( $n$ ) e índice de consistencia ( $K$ ). Además, se calcularon sus valores estadísticos ( $\text{Chi}^2$  y  $R^2$ ).

- Viscosidad (Pa · s) vs Velocidad de deformación (1/s) (0,1 a 100 1/s), con el fin de verificar el comportamiento del fluido respecto a la velocidad de deformación (**Curva de Viscosidad**).

- Esfuerzo cizalla (Pa) vs Velocidad de deformación (1/s) (0,1-100 1/s y 100-0,1 1/s), con el fin de construir un ciclo de histéresis y determinar **Área Tixotrópica**. Con esto se puede determinar si la matriz tiene características pseudoplásticas o no.

Análisis Oscilatorios (Dinámicos): En cuanto a los análisis oscilatorios, se buscó encontrar posibles cambios de la matriz (pulpa) cuando se le aplicó cizallamiento, para ello estimando los respectivos módulos de almacenamiento ( $G'$ ), módulo de pérdida ( $G''$ ) y módulo complejo ( $G^*$ ), con los cuales se puede definir si la muestra presenta comportamientos elásticos o no.

Por lo tanto, para los análisis oscilatorios, se estimaron las siguientes relaciones:

- Barrido de deformación:  $G'$ ,  $G''$ ,  $G^*$  vs Deformación (-) (0,01 – 100%), con una frecuencia de 1 Hz. Se llevó a cabo con el fin de buscar el *rango lineal viscoelástico (RLV)*.
- Barrido de frecuencia:  $G'$ ,  $G''$ ,  $G^*$  vs Frecuencia (1/s) (1 – 100 Hz). Se realizó con el objetivo de determinar si la muestra tenía comportamientos elásticos por sobre lo viscoso o viceversa, y en qué grado.

Para ambos tipos de análisis (Rotatorios y Dinámicos) se procedió a moler la muestra en una trituradora *Minipimer Philipps* (potencia 650 Watts) a una velocidad de “12” durante 3 minutos. Luego, se pesaron cerca de 30 gramos en balanza granataria, los cuales se traspasaron a la copa, instrumento que contiene la matriz a tratar en el reómetro. Posterior a esto, se comenzaron los análisis reológicos con el uso del sensor Z34 DIN (cilindro coaxial). Todos estos datos fueron trabajados en el Software *Rheowin 4 Job Manager* y analizados en el Software *Rheowin 4 Data Manager*.

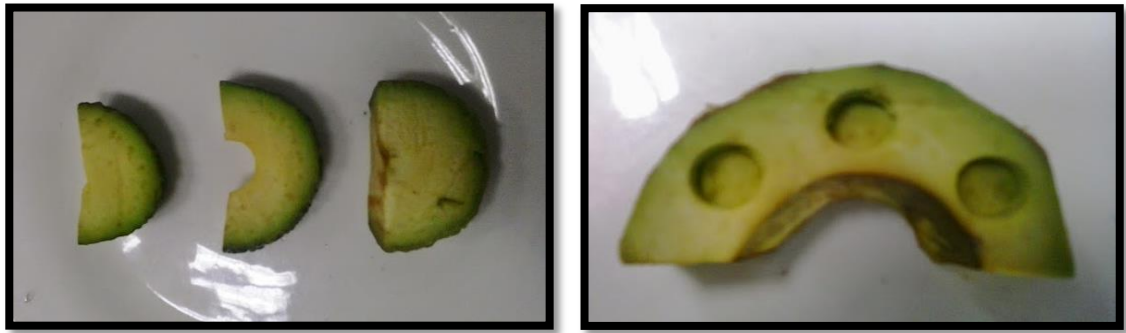
**Textura:** Se utilizó la Máquina universal para ensayo de materiales Lloyd LR – 5K, usando para ello un vástago de acero inoxidable de 7 mm de diámetro para realizar las respectivas compresiones. Se tomaron 3 trozos de la palta, cortados en forma de medialuna (obtenidos desde el superior de la palta hacia el inferior de esta), con un grosor de 10 mm. Cada muestra fue dispuesta en la plataforma del equipo y se procedió a penetrarlas con el vástago. Se le realizaron 3 compresiones a cada medialuna: costado derecho, centro y costado izquierdo. Estas penetraciones tuvieron una extensión de un 70% del grosor de los cortes (7 mm) **(Figura 4: Corte medialuna de palta para análisis texturales y sus respectivas compresiones).**

Las variables ajustadas fueron las siguientes:

- *Eje de Fuerza: 0,05 - 500 N.*
- *Longitud de probeta: 10 mm*
- *Eje de extensión: 70% de la longitud de probeta (7 mm)*
- *Velocidad de ensayo: 10 mm/min*
- *Célula de carga: 5000 N*

Los parámetros obtenidos luego de la compresión serán la Fuerza Máxima (N), Extensión de Fuerza Máxima (Deformación) (mm) y Rigidez (N/mm).





**Figura 4:** Corte medialuna de palta para análisis texturales y sus respectivas compresiones.

**Colorimetría:** Para realizar este análisis, se usó la mitad de una palta, la cual fue fotografiada por el lado de la pulpa, en cuatro sectores distintos. Se utilizó una cámara de alta calidad de imagen fotográfica, con la cual se obtuvieron las imágenes necesarias para los análisis correspondientes. Para ello, se colocaron las muestras de palta en un espacio y lugar determinado (alrededor de unos 30 cm de distancia-altura entre la cámara y la muestra) que contó además con la iluminación suficiente para no provocar distorsiones en las fotografías), y luego se fotografiaron (**Figura 5: Muestra de palta para ser fotografiada**). Posteriormente, se les midió tres parámetros de color a las imágenes de las fotografías seleccionadas ( $a^*$ ,  $b^*$  y  $L^*$ ) mediante el uso del programa Adobe Photoshop CS.



**Figura 5:** Muestra de palta para ser fotografiada

#### 4.2.2- Análisis Sensoriales (Test Descriptivo):

Se buscó relacionar los resultados obtenidos en análisis de color y texturales, con los conseguidos en estudios sensoriales sobre pulpa de palta. Para ello, se formó un panel de 11 jueces (panelistas entrenados), los cuales analizaron diversos parámetros en la palta, tales como: color, grado de viscosidad/elasticidad, sabor, textura y aceitosidad. Se usó un test QDA lineal no estructurado (**Anexo 5: Ficha de evaluación sensorial**). Este método de análisis sensorial fue aplicado a todas las muestras de palta, es decir, a aquellas almacenadas a 5°C y también a las almacenadas a temperatura ambiente (20°C). Con esto resultados, se buscaron diferencias significativas entre muestras de pulpa de palta usando análisis estadístico de varianza (ANOVA). Cabe destacar que la evaluación sensorial sólo se realizó en la primera cosecha, ya que por temas logísticos de panelistas, no se logró hacer para la cosecha posterior.

#### 4.2.3- Análisis Estadísticos

Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) simple y el Test de LSD, para determinar la significancia de las diferencias entre los valores promedio con un nivel de significancia del 5%. Los resultados se expresaron con su promedio y desviación estándar respectiva. Las mediciones de textura se realizaron en triplicado (cada muestra se triplicó a su vez, haciendo un total de nueve análisis). Para las mediciones de color, se llevaron a cabo en cuadruplicado. El análisis estadístico se realizó con el software Statgraphics Centurión XV.II y se aplicó a los resultados obtenidos en las pruebas colorimétricas y texturales.

Para las correlaciones se utilizó la sección de regresiones simples del programa Statgraphics Centurión XV.II y también el programa Microsoft Excel 2013 para la estimación de ecuaciones.

## **5- RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **5.1- Análisis Reológicos**

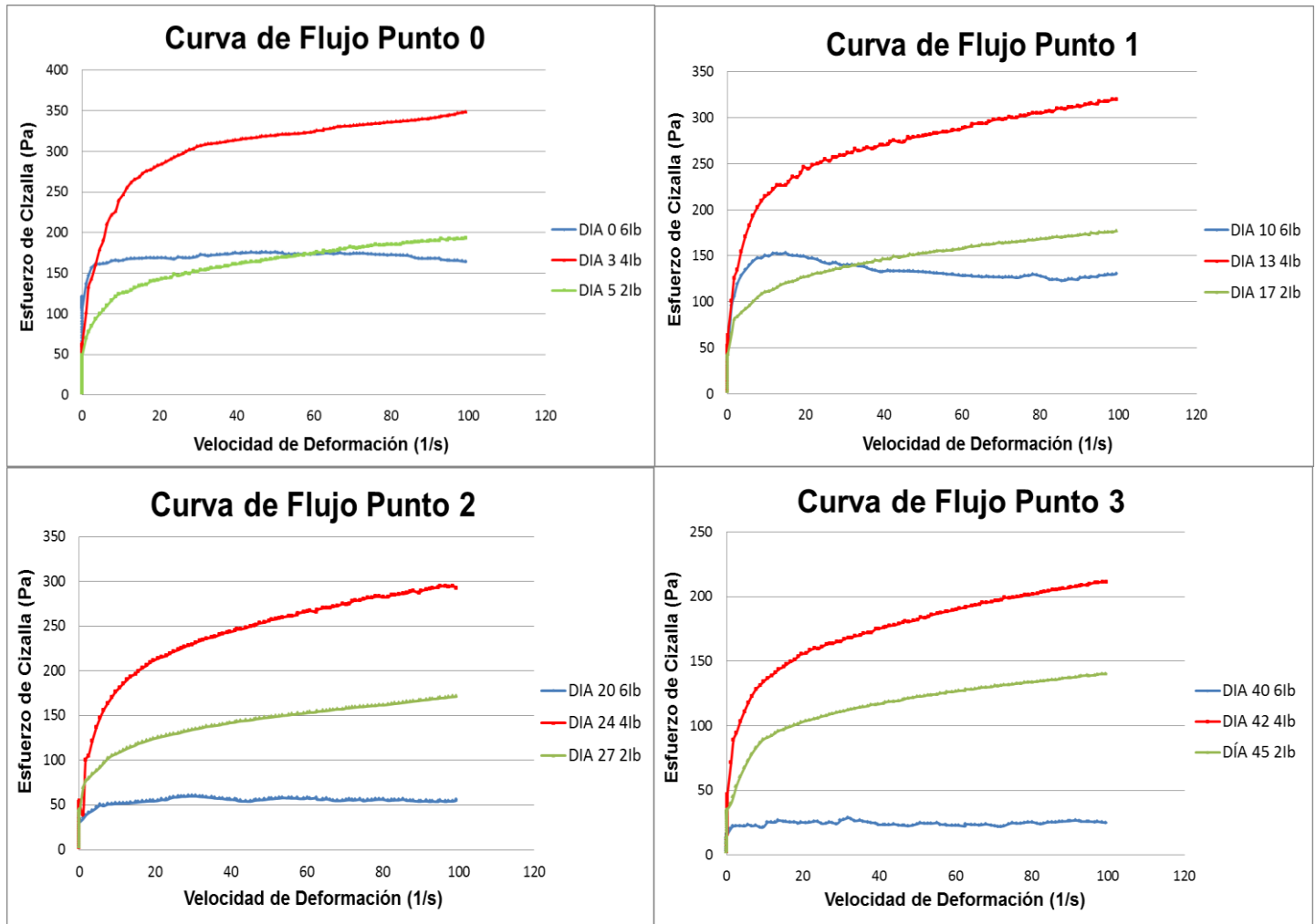
#### **5.1.1- Análisis Rotatorios**

➤ Curvas de Flujo

Se obtuvieron las siguientes curvas de flujos (para cosecha 1 y 2) tanto para muestras a 6lb almacenadas a 5°C como para muestras a 4 y 2lb almacenadas a 20°C.

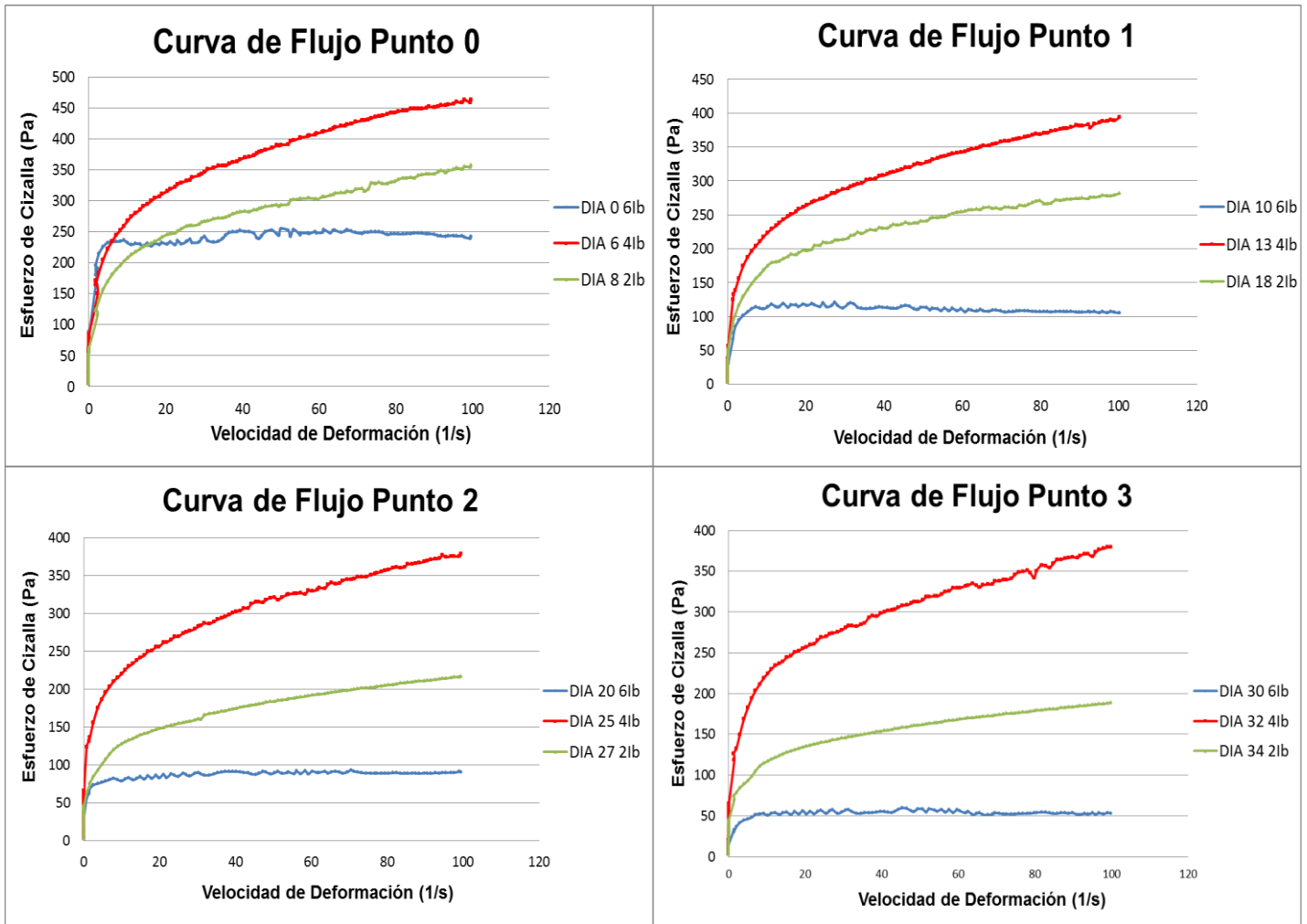
**En azul** se aprecian las curvas correspondientes a muestras almacenadas a temperatura de refrigeración (5°C) y que tienen en promedio una resistencia de 6 libras. **En rojo** se exponen las curvas que respectan a muestras almacenadas a temperatura ambiente (20°C) y que cuentan con una resistencia de 4 libras y por otro lado, las curvas **en verde**, corresponden a muestras también almacenadas a 20°C pero con una resistencia de 2 libras (grado comercial de madurez).

Figura 6- Curva de flujo respecto a los puntos analizados Cosecha 1



En **azul** muestras de 6 libras a 5°C.  
En **rojo** muestras de 4 libras a 20°C.  
En **verde** muestras de 2 libras a 20°C.

Figura 7- Curva de flujo respecto a los puntos analizados Cosecha 2



Se logra distinguir en ambas cosechas el siguiente fenómeno: para la muestras a 4lb se necesita de mayor esfuerzo de cizalla a medida que aumenta la velocidad de deformación en relación a las muestras de 2lb, lo cual es esperable, ya que a medida que madura el fruto, este libera una serie de componentes químicos (Awad y Young, 1979) que la hacen ser más blanda e implicando que se requiera de menos esfuerzo de cizalla para hacerla fluir, sin embargo, ambas curvas (de 4lb y 2lb) están por sobre la curva correspondiente a las muestras de 6lb, las cuales son muestras bastante duras, lo que hace suponer que se debiese requerir

de mayor esfuerzo de cizalla a medida que asciende la velocidad de deformación aplicada, es decir, se necesitaría de mayor fuerza para hacer fluir este tipo de "fluido". Sólo para los puntos 0 y 1 de la cosecha 1, la curva de 6lb presenta a temprana velocidad de deformación un mayor esfuerzo de cizalla que la curva de 2lb, pero a medida que avanza el tiempo de maduración, se presencia la tendencia de ser la curva con más baja tensión de corte respecto a las curvas de 4 y 2lb, lo cual se refleja en los puntos 2 y 3 de la cosecha 1, y durante todo el proceso madurativo de la palta en la cosecha 2 (puntos 0, 1, 2 y 3). La posible explicación a dicha interrogante, es que la muestra de palta cuando está a 6lb, su pulpa presenta una estructura muy seca y disgregada, pareciéndose al "aserrín", no contiene la cantidad de aceite suficiente para que fluya sin necesidad de aplicar grandes cantidades de esfuerzo de corte, además, su estructura celular se mantiene casi intacta, similar a sus primeros días de maduración (Platt-Aloia y Thomson, 1992). Además, al colocar dicha muestra de 6lb en la copa para los análisis respectivos, se aprecia que el rotor al girar, no logra desplazar grandes cantidades de muestra de pulpa molida y es debido a su poca capacidad de fluir, ya que es una muestra poco humedecida y grasosa, implicando que se arrojen valores de cizalla menores en comparación a cuando se analizan muestras ya aceitosas y que pueden fluir correctamente, como lo son las muestras de 4 y 2lb. También se distingue que a medida que avanza la madurez de la palta, los valores de esfuerzo de cizalla para todas las curvas respecto a su grado de resistencia, van disminuyendo, lo cual era esperable, ya que a medida que madura, su estructura fisiológica presenta cambios, tales como la liberación de aceite y el aumento en la concentración de pectina soluble (Dolendo *et al.*, 1966), lo que provoca a su vez, el ablandamiento de la pulpa, implicando que las propiedades de fluidez se eleven respecto a cuando era una palta "verde". Estudios bioquímicos muestran que a medida que la palta madura, aumentan los contenidos de enzimas hidrolíticas sintetizadas por exocitosis por el retículo endoplasmático rugoso (Platt-Aloia y Thomson, 1981), celulasa y

poligalacturonasa (Awad y Young, 1979), implicando la disgregación de las paredes primarias del parénquima celular del mesocarpio, conllevando al ablandamiento de la pulpa (Platt-Aloia *et al.*, 1980; Platt-Aloia y Thomson, 1981), además de la aparición de aceite (Platt-Aloia y Thomson, 1992).

➤ Curvas de Viscosidad

**Figura 8- Curva de viscosidad respecto a los puntos analizados Cosecha 1**

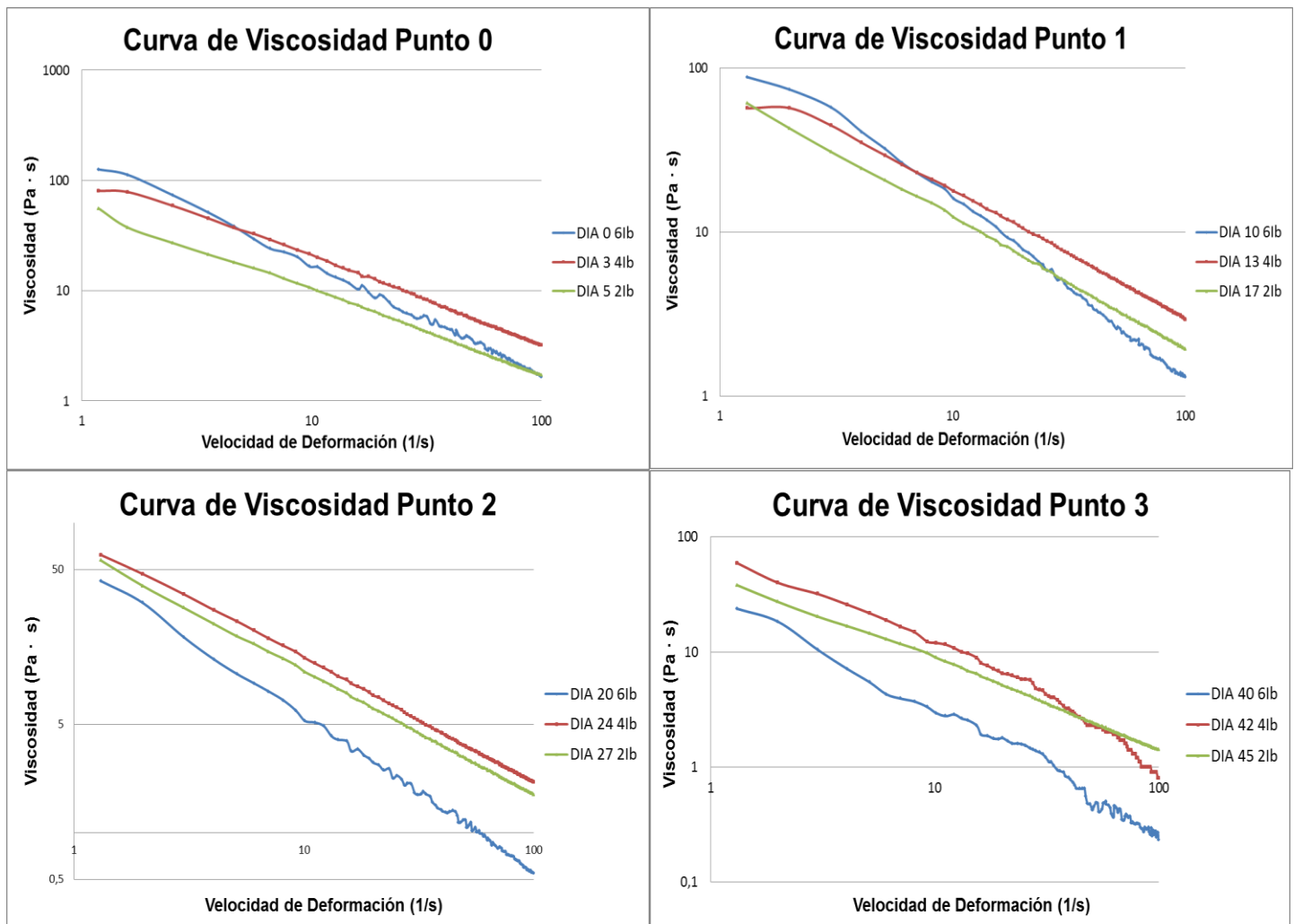
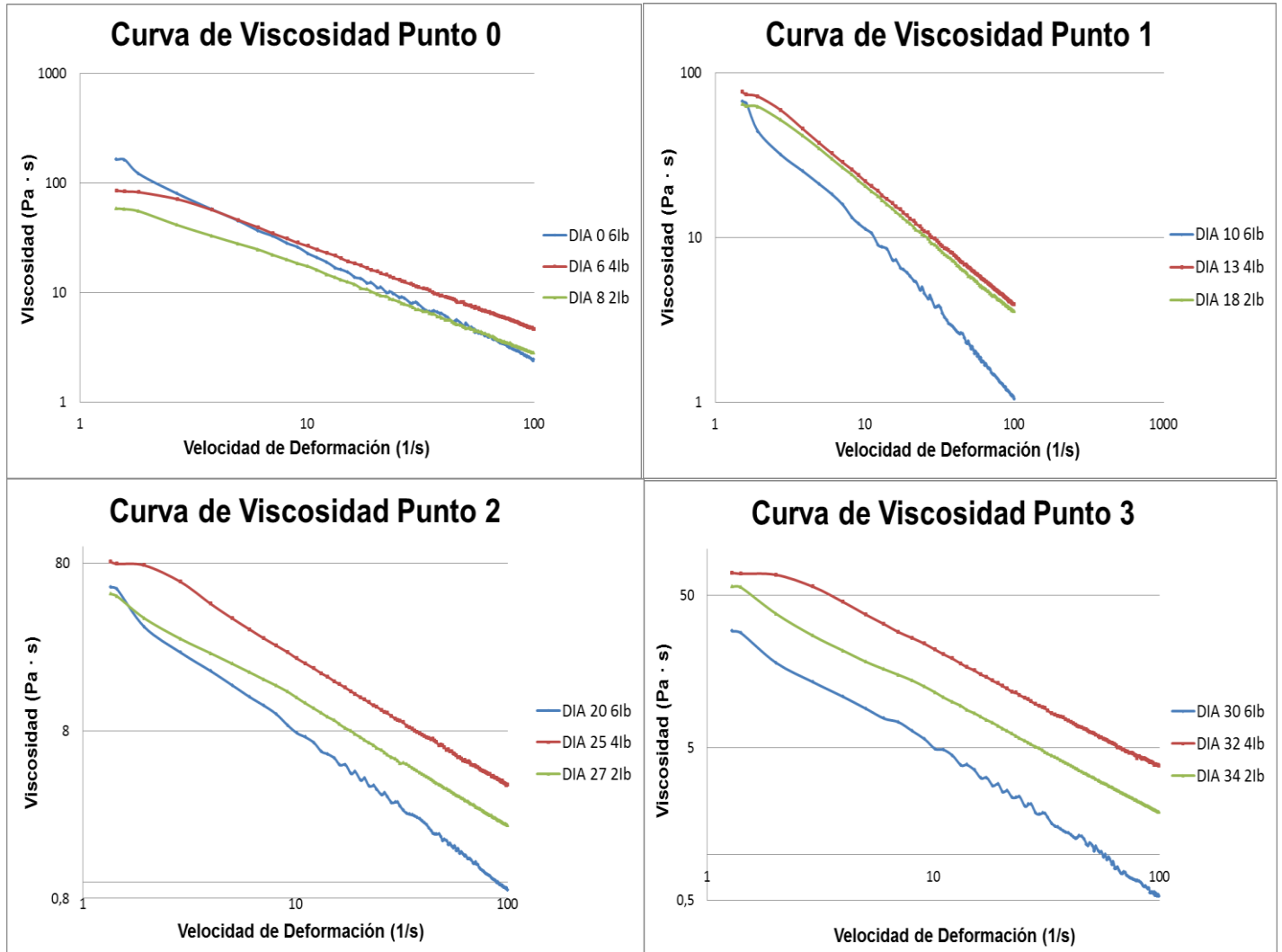


Figura 9- Curva de viscosidad respecto a los puntos analizados Cosecha 2.



En las curvas de viscosidad se aprecia un fenómeno similar al visto con las curvas de flujo, en las cuales la muestra de 6lb presenta en los primeros puntos mayor viscosidad que las otras 2 muestras, sin embargo, a medida que avanza el periodo de maduración, esta comienza a tener menor viscosidad, lo que quiere decir que el fluido presenta menor oposición al fluir. En teoría, a medida que avanza la maduración, en este caso de la palta, debiera volverse un fluido con menor viscosidad, ya que es más líquido en su composición por la liberación de



aceite desde las células del parénquima (Platt-Aloia y Thomson, 1992), sin embargo, esto no se refleja totalmente en las curvas, las cuales muestran, por un lado, una mayor viscosidad de las curvas de 4lb por sobre las de 2lb, lo que es correcto, pero la curva de 6lb en la mayoría de los puntos, presenta menor viscosidad a medida que aumenta la velocidad de deformación, en relación a las otras curvas, y esto se debe a la misma explicación de las curvas de flujo, en donde la pulpa al estar muy seca con casi nada de aceite en su composición, no logra comportarse como fluido y por ello, no puede fluir al momento en que el rotor del equipo gira, presentado posteriormente, una baja viscosidad.

En cuanto a la magnitud de la viscosidad a través del tiempo de maduración, esta disminuye debido a la liberación de aceite, volviendo más fluida a la pulpa. Conjuntamente existe un aflojamiento de las fibras de celulosa, alterándose la estructura de la matriz de la pared celular, debido al aumento de la actividad de la enzima poligalacturonasa (Awad y Young, 1979).

La fluidez de la pulpa de la palta se acrecienta mientras que su consistencia disminuye a través del tiempo, debido a que el fruto a medida que madura (fruto climatérico), comienza a producir etileno (fitohormona) el cual hace más permeable la membrana celular al ingreso de oxígeno, aumentando de esta manera la respiración celular. Por ello, comienza una serie de reacciones catabólicas que trae consigo la degradación de los diversos componentes estructurales. Cabe destacar que el etileno produce la acumulación de ARNm, los cuales llevan la información para síntesis de enzimas tales como la celulasa y poligalactunorasa, las cuales catalizan la hidrólisis de la celulosa y pectina respectivamente, debilitando así, las paredes celulares (Euita UPV, 2003), implicando de esta manera que la pulpa de la palta sea más blanda.

No se han podido encontrar estudios similares realizados en palta Hass, sólo se ha podido establecer que la forma de las curvas de flujo y viscosidad representan a un típico material pseudoplástico (Zhong y Daubert, 2013).

En la realización de los análisis reológicos, se consiguieron diversos modelos, de los cuales, fue escogido el modelo Herschel-Bulkley para la obtención de las variables a usar en el posterior análisis de correlación. Se escogió este debido a que tenía mejores resultados estadísticos ( $R^2$ ) y aparte otorgaba 3 variables importantes:  $n$ ,  $K$  y  $\sigma_0$ . Los demás modelos se encuentran en los **Anexos 6, 7 y 8** para cosecha 1, y **Anexos 9, 10 y 11** para la cosecha 2.

**Tabla 1- Datos reológicos para Cosecha 1 (C1).**

<i>Tiempo de Almacenamiento (Días)</i>	<i>Resistencia del fruto (lb) y Temperatura de almacenamiento</i>	<i>Índice de Fluidez (n) (-)</i>	<i>Índice de Consistencia (K) (Pa * s)</i>	<i>Umbral de Fluencia (<math>\sigma_0</math>) (Pa)</i>	$R^2$	$Chi^2$
0 (Pto 0)	6 (5°C)	0,0021	5176	93	0,925	28200
10 (Pto 1)	6 (5°C)	0,0029	569,4	67,11	0,910	15667
20 (Pto 2)	6 (5°C)	0,0347	357,2	51,85	0,901	13730
40 (Pto 3)	6 (5°C)	0,0785	121,1	44,05	0,934	10356
3 (Pto 0)	4 (20°C)	0,1798	179,93	64,87	0,998	7664
13 (Pto 1)	4 (20°C)	0,1814	156,1	56,71	0,997	8049
24 (Pto 2)	4 (20°C)	0,2182	114,8	48,68	0,999	2025
42 (Pto 3)	4 (20°C)	0,2201	94,26	42,74	0,999	1039
5 (Pto 0)	2 (20°C)	0,1811	89,25	43,07	0,999	672,2
17 (Pto 1)	2 (20°C)	0,1869	87,97	38,94	0,999	840,4
27 (Pto 2)	2 (20°C)	0,1902	83,24	38,18	0,999	796,3
45 (Pto 3)	2 (20°C)	0,1974	68,91	31,88	0,998	713,1

**Tabla 2- Datos reológicos para Cosecha 2 (C2).**

<i>Tiempo de Almacenamiento (Días)</i>	<i>Resistencia del fruto (lb) y Temperatura de almacenamiento</i>	<i>Índice de Fluidez (n) (-)</i>	<i>Índice de Consistencia (K) (Pa * s)</i>	<i>Umbral de Fluencia (<math>\sigma_0</math>) (Pa)</i>	$R^2$	$Chi^2$
0 (Pto 0)	6 (5°C)	0,0460	187	74,68	0,980	60840
10 (Pto 1)	6 (5°C)	0,0583	160,5	35,12	0,961	24260
20 (Pto 2)	6 (5°C)	0,0672	130,9	34,67	0,984	4723
30 (Pto 3)	6 (5°C)	0,1146	120	17,43	0,976	3382
6 (Pto 0)	4 (20°C)	0,2028	174,9	65,54	0,999	1991

13 (Pto 1)	4 (20°C)	0,2272	162,6	58,12	1,000	1016
25 (Pto 2)	4 (20°C)	0,2366	148,2	53,13	0,999	2370
32 (Pto 3)	4 (20°C)	0,2521	146,4	48,12	0,999	2826
8 (Pto 0)	2 (20°C)	0,1840	130,9	53,36	0,998	1789
18 (Pto 1)	2 (20°C)	0,1962	125,4	45,59	0,998	1283
27 (Pto 2)	2 (20°C)	0,2233	84,71	40,37	0,999	1204
34 (Pto 3)	2 (20°C)	0,2314	73,93	40,06	0,999	2379

En las **Tablas 1 y 2** se muestran los valores arrojados para  $n$ ,  $K$ ,  $\sigma_0$  y los respectivos valores estadísticos ( $R^2$  y  $\text{Chi}^2$ ) tanto para C1 y C2. Se aprecia que el índice de fluidez aumenta respecto a sus días de almacenamiento a una misma resistencia como también entre puntos. Por ejemplo, para el punto 0 (días 0, 3 y 5 de C1), se distingue un aumento de este valor y para las muestras con la misma resistencia (por ejemplo, días 0,10, 20 y 40) ocurre lo mismo. En ambas cosecha ocurre un fenómeno semejante, lo cual era esperable, ya que a medida que la palta madura, se vuelve más fluida debido a la liberación de aceite y también a la aparición de pectina soluble (Dolendo *et al.*, 1966; Platt-Aloia y Thomson, 1992). Por otro lado, el índice de consistencia disminuye tanto por periodos de maduración como por puntos. Como el fruto va madurando, su estructura varía debido a lo ya explicado, y esto genera que disminuya su viscosidad, ya que se transforma en una pulpa más líquida (aceitosa). En relación al umbral de fluencia, este disminuye debido a que la pulpa requerirá de menor fuerza inicial para fluir ya que es menos viscosa.

**Tabla 3- Valores de área Tixotrópica C1.**

<b>Tiempo de Almacenamiento (Días)</b>	<b>Resistencia del fruto (lb) y Temperatura de almacenamiento</b>	<b>Área (Pa * s)</b>
0 (Pto 0)	6 (5°C)	3278
10 (Pto 1)	6 (5°C)	1291
20 (Pto 2)	6 (5°C)	792,3
40 (Pto 3)	6 (5°C)	492,4

3 (Pto 0)	4 (20°C)	1592
13 (Pto 1)	4 (20°C)	705,6
24 (Pto 2)	4 (20°C)	649,8
42 (Pto 3)	4 (20°C)	308,1
5 (Pto 0)	2 (20°C)	122,9
17 (Pto 1)	2 (20°C)	52,61
27 (Pto 2)	2 (20°C)	18,86
45 (Pto 3)	2 (20°C)	8,4

**Tabla 4- Valores de área Tixotrópica C2.**

<i>Tiempo de Almacenamiento (Días)</i>	<i>Resistencia del fruto (lb) y Temperatura de almacenamiento</i>	<i>Área (Pa * s)</i>
0 (Pto 0)	6 (5°C)	4220
10 (Pto 1)	6 (5°C)	1765
20 (Pto 2)	6 (5°C)	582,9
30 (Pto 3)	6 (5°C)	443,6
6 (Pto 0)	4 (20°C)	1135
13 (Pto 1)	4 (20°C)	1019
25 (Pto 2)	4 (20°C)	370,3
32 (Pto 3)	4 (20°C)	81,31
8 (Pto 0)	2 (20°C)	812,6
18 (Pto 1)	2 (20°C)	123,6
27 (Pto 2)	2 (20°C)	54,49
34 (Pto 3)	2 (20°C)	20,77

Se aprecia que tanto para la cosecha 1 y 2 (**Tablas 3 y 4**), existe una disminución de la magnitud del área de histéresis, es decir, desciende respecto a sus días de almacenamiento a una misma resistencia como también entre puntos. Esto ocurre debido a que la pulpa se vuelve menos viscosa y más fluida, por ende, se requerirá de menos energía para que la pasta fluya. Al dar valores positivos en todos los puntos analizados, se puede decir que la matriz depende del tiempo al momento de aplicar cierta velocidad de deformación. En el **Anexo 12** se aprecia un ejemplo del cómo cambió el tamaño del área de histéresis en el tiempo.

## 5.1.2- Análisis Oscilatorios

Tabla 5- Datos dinámicos correspondientes a C1.

<i>Tiempo de Almacenamiento (Días)</i>	<i>Resistencia del fruto (lb) y Temperatura de almacenamiento</i>	Parámetros Dinámicos				
		G'	G''	G*	η*	tan δ°
0 (Pto 0)	6 (5°C)	5197,3	1952,4	5555,7	158,25	0,34
10 (Pto 1)	6 (5°C)	2954,9	1183,3	3184,7	92,85	0,37
20 (Pto 2)	6 (5°C)	2652,4	924,19	2814,1	81,69	0,40
40 (Pto 3)	6 (5°C)	2141	688,39	2337,1	73,22	0,46
3 (Pto 0)	4 (20°C)	2496,1	897,25	2656,6	77,08	0,32
13 (Pto 1)	4 (20°C)	2038,2	682,52	2152,5	64,14	0,35
24 (Pto 2)	4 (20°C)	1986,4	799,03	2142,8	57,24	0,37
42 (Pto 3)	4 (20°C)	1793	603,21	1895,3	55,92	0,42
5 (Pto 0)	2 (20°C)	1915,2	651,15	2025,3	65,91	0,30
17 (Pto 1)	2 (20°C)	1253,2	374,47	1310,5	32,05	0,32
27 (Pto 2)	2 (20°C)	670,43	284,81	749,43	23,97	0,36
45 (Pto 3)	2 (20°C)	379,12	153,67	409,40	11,14	0,40

Tabla 6- Datos dinámicos correspondientes a C2.

<i>Tiempo de Almacenamiento (Días)</i>	<i>Resistencia del fruto (lb) y Temperatura de almacenamiento</i>	Parámetros Dinámicos				
		G'	G''	G*	η*	tan δ°
0 (Pto 0)	6 (5°C)	7621,3	3365,5	8340,2	225,10	0,39
10 (Pto 1)	6 (5°C)	5153,2	2112,1	5575,2	153,23	0,41
20 (Pto 2)	6 (5°C)	4316,2	1752,3	4661,2	128,47	0,42
30 (Pto 3)	6 (5°C)	4093,9	1690,2	4431,9	119,01	0,45
6 (Pto 0)	4 (20°C)	4177	1617,5	4482,5	124,68	0,34
13 (Pto 1)	4 (20°C)	3873	1436,3	4132,9	116,90	0,35
25 (Pto 2)	4 (20°C)	2811,3	999,87	2986,9	86,57	0,37
32 (Pto 3)	4 (20°C)	2342,2	818,80	2484,5	72,45	0,39
8 (Pto 0)	2 (20°C)	2109,1	861,18	2184,2	69,99	0,27

18 (Pto 1)	2 (20°C)	2027,1	720,65	2155	68,33	0,34
27 (Pto 2)	2 (20°C)	1674,2	582,83	1773,9	57,42	0,35
34 (Pto 3)	2 (20°C)	854,92	299,78	906,40	29,92	0,37

Se distingue en las **Tablas 5 y 6**, el comportamiento de  $G'$ ,  $G''$ ,  $G^*$ ,  $\tan\delta$  y  $|\eta^*|$  a través del tiempo de maduración del fruto. Se observa que para ambas cosechas,  $G'$  desciende respecto a sus días de almacenamiento a una misma resistencia como también entre puntos al igual que  $G''$  y  $G^*$ . Es esperable este fenómeno ya que la pulpa al madurar, tiene menos energía almacenada ( $G'$ ) ya que existe un rompimiento de enlaces en los polímeros de su estructura debido a la acción de las diversas enzimas hidrolíticas liberadas por sus células. Por esto mismo, la energía que pierde ( $G''$ ) la muestra al ser sometida a cizallamiento también es menor, ya que la muestra de por sí, cuenta con menos energía a medida que madura.  $G^*$  al ser una relación entre  $G'$  y  $G''$  también disminuye. Al analizar el comportamiento de estos módulos respecto a los días de almacenamiento del fruto a una misma temperatura como también entre puntos de análisis, se distingue que  $G'$  siempre es mayor que  $G''$ , es decir, la palta en todo su periodo de madurez, tiene un comportamiento elástico predominante sobre el viscoso, por lo tanto, la palta cuenta con características más sólidas que líquidas (material sólido viscoelástico) (Mezger, 2002 y Rao, 1999). Esto ocurre debido a la presencia de ciertos tipos de fibras poliméricas en la estructura de la pulpa que hacen que la palta sea más elástica que viscosa, por tanto, al sufrir algún tipo de esfuerzo externo que la logre deformar, esta recuperaría su estructura inicial casi en su totalidad al ser un cuerpo reversible.

El valor de  $|\eta^*|$  desciende respecto a sus días de almacenamiento a una misma temperatura como también entre puntos, lo cual afirma el fenómeno ocurrido con la viscosidad de la muestra como también con el índice de consistencia, el cual disminuye a medida que la palta madura.

En todos los puntos analizados, existió un valor de  $\tan\delta < 1$ , lo que confirma que las propiedades elásticas dominan sobre las viscosas (Steffe, 1996) corroborando



lo antes mencionado sobre los módulos de almacenamiento y pérdida. Además, los valores de  $\tan\delta$  están entre 0 y  $\pi/4$ , lo cual confirma la existencia de un comportamiento elástico predominante sobre el viscoso (Zhong y Daubert, 2013). Las curvas de los módulos, viscosidad compleja y  $\tan\delta$  en relación al tiempo de maduración, para muestras de 6, 4 y 2 lb para ambas cosechas, se encuentran en el **Anexo 13**.

Se encontró un comportamiento similar en el estudio realizado por Garate y Ortiz, (2014) en donde se aprecia un comportamiento elástico por sobre el viscoso en pulpa de palta Hass a diferentes temperaturas de almacenamiento.

## 5.2- Análisis de Textura

**Tabla 7- Datos de textura correspondientes a C1 (Anexo 14; ver en CD, ANOVA Multifactorial)**

Tiempo de Almacenamiento (Días)	Resistencia del fruto (lb) y Temperatura de almacenamiento	Fuerza Máxima (N)	Deformación (mm)	Rigidez (N/mm)
0 (Pto 0)	6 (5°C)	304,7 ± 35,2 <sup>a</sup>	6,21 ± 0,59 <sup>a</sup>	49,09 ± 6,92 <sup>a</sup>
10 (Pto 1)	6 (5°C)	245,5 ± 53,7 <sup>b</sup>	5,80 ± 0,74 <sup>a</sup>	42,33 ± 7,76 <sup>b</sup>
20 (Pto 2)	6 (5°C)	213,2 ± 55 <sup>bc</sup>	4,93 ± 1,04 <sup>b</sup>	43,23 ± 5,42 <sup>b</sup>
40 (Pto 3)	6 (5°C)	172,2 ± 18,9 <sup>c</sup>	3,59 ± 0,64 <sup>c</sup>	47,97 ± 7,44 <sup>ab</sup>
3 (Pto 0)	4 (20°C)	10,78 ± 0,59 <sup>a</sup>	1,26 ± 0,32 <sup>a</sup>	8,55 ± 1,74 <sup>a</sup>
13 (Pto 1)	4 (20°C)	6,76 ± 0,51 <sup>b</sup>	1,67 ± 0,35 <sup>ab</sup>	4,04 ± 1,26 <sup>b</sup>
24 (Pto 2)	4 (20°C)	5,10 ± 0,47 <sup>c</sup>	2,26 ± 0,25 <sup>b</sup>	2,26 ± 0,32 <sup>c</sup>
42 (Pto 3)	4 (20°C)	4,20 ± 0,75 <sup>d</sup>	3,31 ± 1,46 <sup>c</sup>	1,27 ± 0,55 <sup>c</sup>
5 (Pto 0)	2 (20°C)	6,24 ± 3,37 <sup>a</sup>	1,17 ± 0,33 <sup>a</sup>	5,33 ± 2,26 <sup>a</sup>
17 (Pto 1)	2 (20°C)	4,02 ± 0,65 <sup>b</sup>	1,86 ± 0,28 <sup>bc</sup>	2,16 ± 0,59 <sup>b</sup>
27 (Pto 2)	2 (20°C)	2,89 ± 0,30 <sup>bc</sup>	1,45 ± 0,31 <sup>ac</sup>	1,99 ± 0,53 <sup>b</sup>
45 (Pto 3)	2 (20°C)	2,13 ± 0,80 <sup>c</sup>	2,30 ± 0,71 <sup>b</sup>	0,93 ± 0,36 <sup>c</sup>

\*Superíndices iguales entre muestras indican ausencia de diferencias significativas a un nivel de confianza del 95% por ANOVA Multifactorial y Test LSD para un mismo parámetro.

**Tabla 8- Datos de textura correspondientes a C2 (Anexo 15; ver en CD, ANOVA Multifactorial).**

Tiempo de Almacenamiento (Días)	Resistencia del fruto (lb) y Temperatura de almacenamiento	Fuerza Máxima (N)	Deformación (mm)	Rigidez (N/mm)
0 (Pto 0)	6 (5°C)	290,2 ± 19,3 <sup>a</sup>	6,40 ± 0,55 <sup>a</sup>	45,34 ± 6,00 <sup>a</sup>
10 (Pto 1)	6 (5°C)	225,4 ± 10,6 <sup>b</sup>	5,84 ± 0,71 <sup>b</sup>	38,57 ± 5,81 <sup>b</sup>
20 (Pto 2)	6 (5°C)	201,4 ± 8,5 <sup>c</sup>	6,31 ± 0,48 <sup>a</sup>	31,94 ± 3,52 <sup>c</sup>
30 (Pto 3)	6 (5°C)	184,2 ± 9,9 <sup>d</sup>	5,99 ± 0,39 <sup>ab</sup>	30,73 ± 2,36 <sup>c</sup>
6 (Pto 0)	4 (20°C)	11,22 ± 0,69 <sup>a</sup>	1,60 ± 0,83 <sup>a</sup>	7,00 ± 5,70 <sup>a</sup>
13 (Pto 1)	4 (20°C)	7,82 ± 0,88 <sup>b</sup>	1,98 ± 0,91 <sup>ab</sup>	3,95 ± 1,54 <sup>b</sup>
25 (Pto 2)	4 (20°C)	6,68 ± 0,96 <sup>c</sup>	2,16 ± 0,34 <sup>ab</sup>	3,10 ± 0,73 <sup>b</sup>
32 (Pto 3)	4 (20°C)	6,05 ± 0,84 <sup>c</sup>	2,61 ± 0,63 <sup>b</sup>	2,32 ± 0,59 <sup>b</sup>
8 (Pto 0)	2 (20°C)	5,99 ± 0,78 <sup>a</sup>	1,32 ± 0,31 <sup>a</sup>	4,53 ± 1,32 <sup>a</sup>
18 (Pto 1)	2 (20°C)	3,46 ± 0,87 <sup>b</sup>	1,66 ± 0,53 <sup>ab</sup>	2,08 ± 1,01 <sup>b</sup>
27 (Pto 2)	2 (20°C)	2,83 ± 0,67 <sup>bc</sup>	1,91 ± 0,47 <sup>bc</sup>	1,48 ± 0,82 <sup>bc</sup>
34 (Pto 3)	2 (20°C)	2,45 ± 0,57 <sup>c</sup>	2,44 ± 0,69 <sup>c</sup>	1,01 ± 0,38 <sup>c</sup>

\*Superíndices iguales entre muestras indican ausencia de diferencias significativas a un nivel de confianza del 95% por ANOVA Multifactorial y Test LSD para un mismo parámetro.

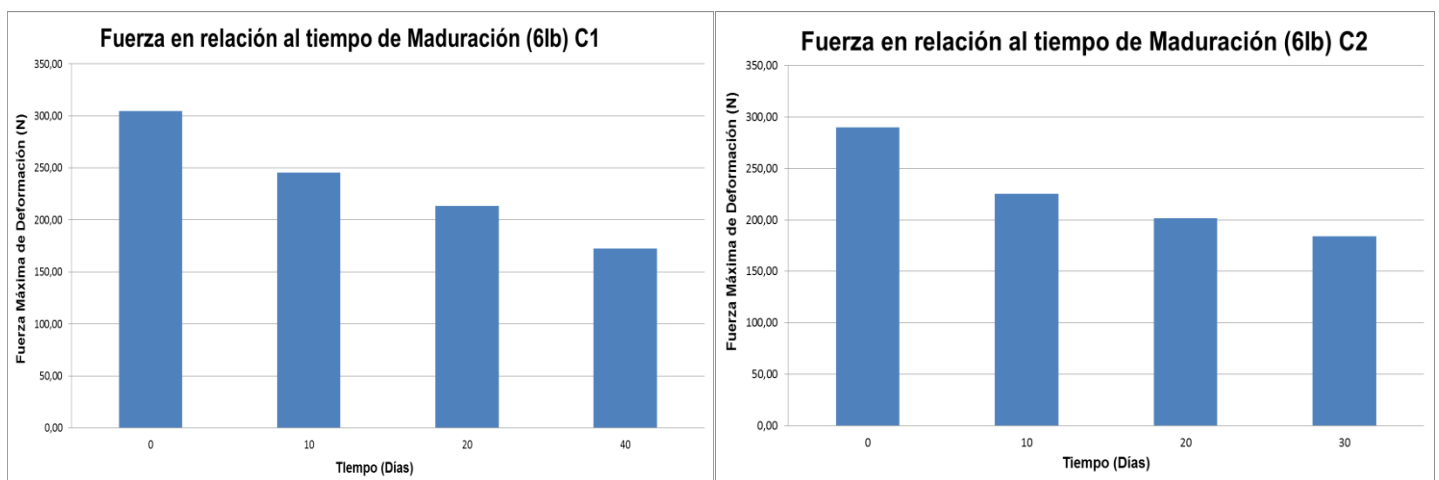
Se aprecia en las **Tablas 7 y 8** que la fuerza usada para penetrar las muestras disminuye considerablemente entre puntos como también entre temperaturas de almacenamiento (o resistencia del fruto), verificado con análisis estadístico ANOVA multifactorial. Lo mismo ocurre para la rigidez de la pulpa, sin embargo, la deformación de esta tiene un comportamiento no definido, ya que en la primera cosecha se presencia una disminución de esta y luego un aumento, mientras que para la primera cosecha existe una disminución en términos generales. Esto se debe a que la palta entre cosechas presenta diferencias en su estructura fisiológica, conllevando a resultados no similares, ya que estas muestras se obtuvieron de cosechas en diferentes épocas del año (Septiembre para C1 y Enero para C2). Se esperaría que la deformación a través del tiempo disminuya ya que la pulpa al ir ablandándose, presenta un quiebre en su estructura de manera más rápida a medida que se comprime con el vástago del equipo. De todas formas, existen diferencias significativas en gran parte de los puntos



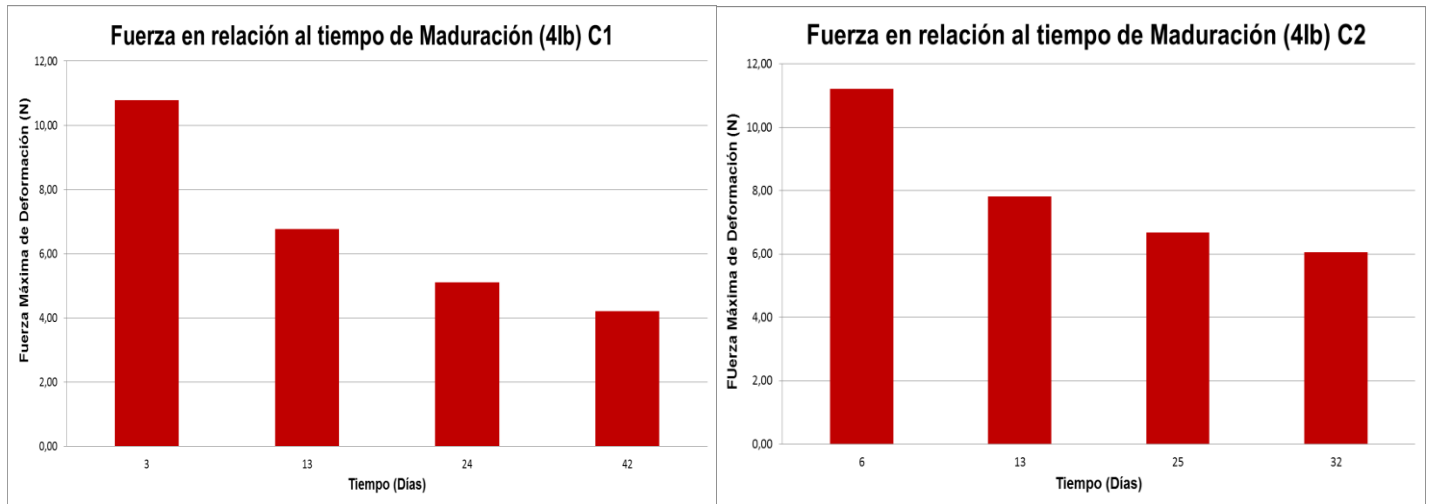
analizados. Existe una clara relación entre resistencia del fruto y fuerza máxima, ya que al disminuir esta primera variable, también va disminuyendo la fuerza ejercida, influyendo directamente el tipo de almacenamiento (en frío o ambiente). Se aprecia también, que la palta almacenada a 5°C requiere de mayor fuerza para deformarla en relación a una palta que está a temperatura ambiente, y es debido a que la palta almacenada en frío, retrasa su proceso madurativo considerablemente, sin embargo, su estructura puede sufrir daños que afecten su calidad, como por ejemplo ablandamiento indebido o aparición de mal sabor (Couey, 1982). Por otro lado, la rigidez disminuye entre puntos como también entre resistencias en el almacenamiento, existiendo en gran parte diferencias significativas. Este comportamiento era esperable, ya que la lamela media de las paredes celulares de la pulpa de palta comienza a desaparecer, con la eliminación de pectina de la matriz de estas, con una posterior pérdida de la organización y la densidad en las paredes, volviéndose la pulpa más blanda (Platt-Aloia *et al.*, 1980; Platt-Aloia y Thomson, 1981).

➤ Gráficos de Fuerza en relación al Tiempo de maduración

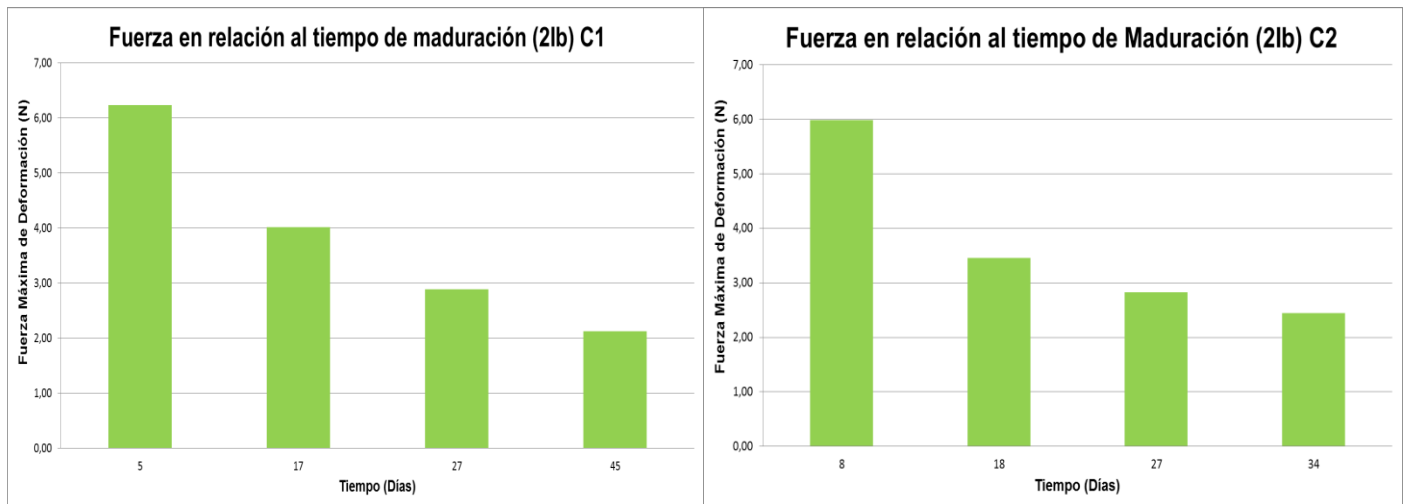
**Figura 10- Gráficos de muestras a 6 lb para C1 y C2.**



**Figura 11- Gráficos de muestras a 4 lb para C1 y C2.**



**Figura 12- Gráficos de muestras a 2 lb para C1 y C2.**

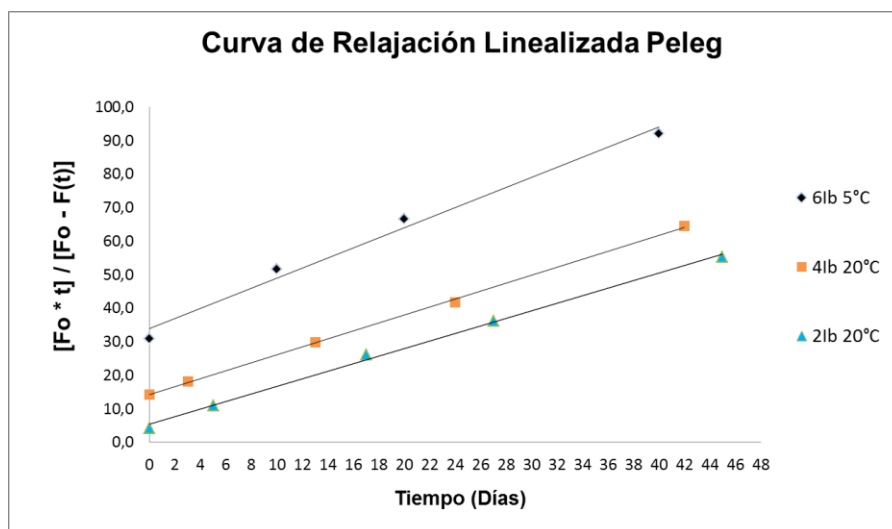


Se refleja en las **Figuras 10, 11 y 12**, un claro descenso de la fuerza requerida para deformar la palta a medida que pasan los días (para ambas cosechas). La maduración como tal, y por sobre todo la temperatura a la cual está el fruto, influyen de manera considerable en el aumento del ablandamiento de la matriz.

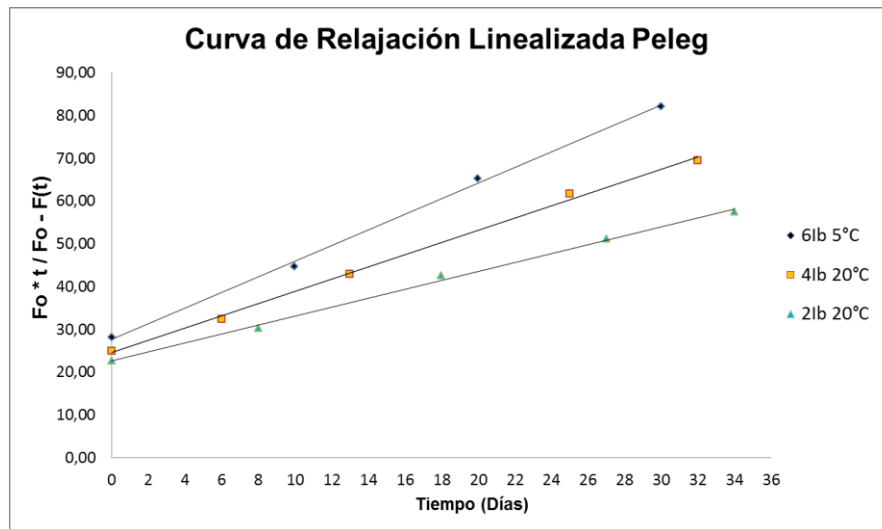
Por ejemplo, en la **Figura 10**, se muestra que para el día 0, existe una fuerza cercana a los 300 N en ambas cosecha, pero al transcurrir los días, la fuerza decae hasta los 150 N aproximadamente, en relación a muestras refrigeradas y que tienen una resistencia de 6 lb. Por otro lado, para las muestras almacenadas a 20°C y con una resistencia de 4 lb (**Figura 11**), su primer punto muestra una fuerza de 11 N aproximadamente, mientras que para los últimos días baja a 5 N en la cosecha 1 y 6 N para la cosecha 2. Algo similar ocurre para las muestras a 2 lb, en donde para los primeros puntos las muestras presentaban una fuerza de 6 N aproximadamente (días 5 y 8 de las cosechas 1 y 2 respectivamente), mientras que para los últimos días (45 para cosecha 1 y 34 para cosecha 2), presentan una fuerza de 2 a 2,5 N (**Figura 12**). Estudios tales como el de Ortega-Mendoza *et al* (2007) y el de Landahl *et al* (2009) confirman este fenómeno de ablandamiento de la pulpa de la palta a medida que madura.

➤ Curvas de Linealización (Peleg)

**Figura 13- Curva de linealización generalizada C1.**



**Figura 14- Curva de linealización generalizada C2.**



**Tabla 9- Datos de curva de linealización generalizada de Peleg C 1 y C2.**

Cosecha	Resistencia del fruto (lb)	Temperatura de almacenamiento (°C)	1/a (-)	1/ab (Días)	a (-)	b (1/Días)	R <sup>2</sup>
I	6	5	1,8237	27,76	0,548	0,066	0,9982
I	4	20	1,4306	24,56	0,699	0,058	0,9974
I	2	20	1,0423	22,74	0,959	0,046	0,9972
II	6	5	1,4977	33,99	0,670	0,040	0,9865
II	4	20	1,1858	14,23	0,840	0,080	0,9991
II	2	20	1,1269	5,326	0,899	0,210	0,9971

Se muestra en los gráficos de las **Figuras 13 y 14**, las curvas de relajación linealizada obtenidas para las 2 cosechas. Se aprecia que para ambas, las curvas obtenidas tienen la forma típica que representa a un cuerpo viscoelástico (Castro y de Hombre, 2007), en donde su pendiente figurada por el cociente 1/a, es mayor a 1 en todos los casos (**Tabla 9**), lo que refleja el comportamiento viscoelástico de las muestras a cualquier temperatura de almacenamiento como también para los 3 tipos de resistencias analizados (6,4 y 2 lb). Cabe destacar además, que a

medida que el fruto madura, su curva representativa de Peleg va cayendo, es decir, disminuye su pendiente, acercándose al comportamiento de un cuerpo viscoelástico líquido (más viscoso), sin embargo, sigue siendo un cuerpo viscoelástico, ya que su pendiente no alcanza a llegar a valores indefinidos (Castro y de Hombre, 2007).

### 5.3- Análisis Colorimétricos en Pulpa

**Tabla 9- Datos colorimétricos C1 (Anexo 16; ver en CD, ANOVA Multifactorial).**

Tiempo de Almacenamiento (Días)	Resistencia del fruto (Ib) y Temperatura de almacenamiento	L*	a*	b*	a*/b*	ΔE*
0 (Pto 0)	6 (5°C)	62,25 ± 1,26 <sup>a</sup>	-5,75 ± 0,96 <sup>a</sup>	35,00 ± 3,46 <sup>a</sup>	-0,17	0,00
10 (Pto 1)	6 (5°C)	62,75 ± 2,65 <sup>ab</sup>	-4,00 ± 0,82 <sup>b</sup>	35,50 ± 2,38 <sup>a</sup>	-0,14	1,89
20 (Pto 2)	6 (5°C)	65,50 ± 0,50 <sup>b</sup>	-3,75 ± 0,96 <sup>bc</sup>	38,50 ± 1,29 <sup>a</sup>	-0,10	5,18
40 (Pto 3)	6 (5°C)	67,75 ± 4,99 <sup>b</sup>	-2,50 ± 0,58 <sup>c</sup>	40,00 ± 5,29 <sup>a</sup>	-0,06	8,11
3 (Pto 0)	4 (20°C)	64,00 ± 1,83 <sup>a</sup>	-6,75 ± 0,96 <sup>a</sup>	41,75 ± 0,96 <sup>a</sup>	-0,16	0,00
13 (Pto 1)	4 (20°C)	65,00 ± 2,94 <sup>a</sup>	-5,25 ± 1,71 <sup>ab</sup>	42,25 ± 1,26 <sup>a</sup>	-0,12	1,87
24 (Pto 2)	4 (20°C)	67,50 ± 2,65 <sup>a</sup>	-3,50 ± 0,58 <sup>bc</sup>	43,00 ± 2,71 <sup>a</sup>	-0,08	4,94
42 (Pto 3)	4 (20°C)	68,25 ± 4,35 <sup>a</sup>	-2,25 ± 2,22 <sup>c</sup>	46,00 ± 1,83 <sup>a</sup>	-0,05	7,51
5 (Pto 0)	2 (20°C)	68,00 ± 1,15 <sup>a</sup>	-7,00 ± 0,82 <sup>a</sup>	41,75 ± 1,50 <sup>a</sup>	-0,14	0,00
17 (Pto 1)	2 (20°C)	68,50 ± 6,03 <sup>a</sup>	-5,75 ± 0,96 <sup>a</sup>	42,25 ± 2,75 <sup>a</sup>	-0,11	1,44
27 (Pto 2)	2 (20°C)	69,00 ± 1,41 <sup>a</sup>	-2,25 ± 1,26 <sup>b</sup>	47,50 ± 2,08 <sup>b</sup>	-0,05	7,52
45 (Pto 3)	2 (20°C)	70,25 ± 2,50 <sup>a</sup>	0,50 ± 1,73 <sup>c</sup>	50,00 ± 3,56 <sup>b</sup>	0,01	11,37

\*Superíndices iguales entre muestras indican ausencia de diferencias significativas a un nivel de confianza del 95% por ANOVA Multifactorial y Test LSD para un mismo parámetro.

**Tabla 10- Datos colorimétricos C2 (Anexo 17; ver en CD, ANOVA Multifactorial).**

Tiempo de Almacenamiento (Días)	Resistencia del fruto (Ib) y Temperatura de almacenamiento	L*	a*	b*	a*/b*	ΔE*
0 (Pto 0)	6 (5°C)	59,25 ± 7,32 <sup>a</sup>	-8,00 ± 1,83 <sup>a</sup>	56,00 ± 3,74 <sup>ac</sup>	-0,14	0,00
10 (Pto 1)	6 (5°C)	61,00 ± 4,69 <sup>a</sup>	-5,00 ± 1,15 <sup>b</sup>	57,25 ± 3,77 <sup>a</sup>	-0,09	2,28
20 (Pto 2)	6 (5°C)	65,50 ± 2,65 <sup>ab</sup>	-2,00 ± 0,82 <sup>c</sup>	49,75 ± 4,86 <sup>b</sup>	-0,04	9,12

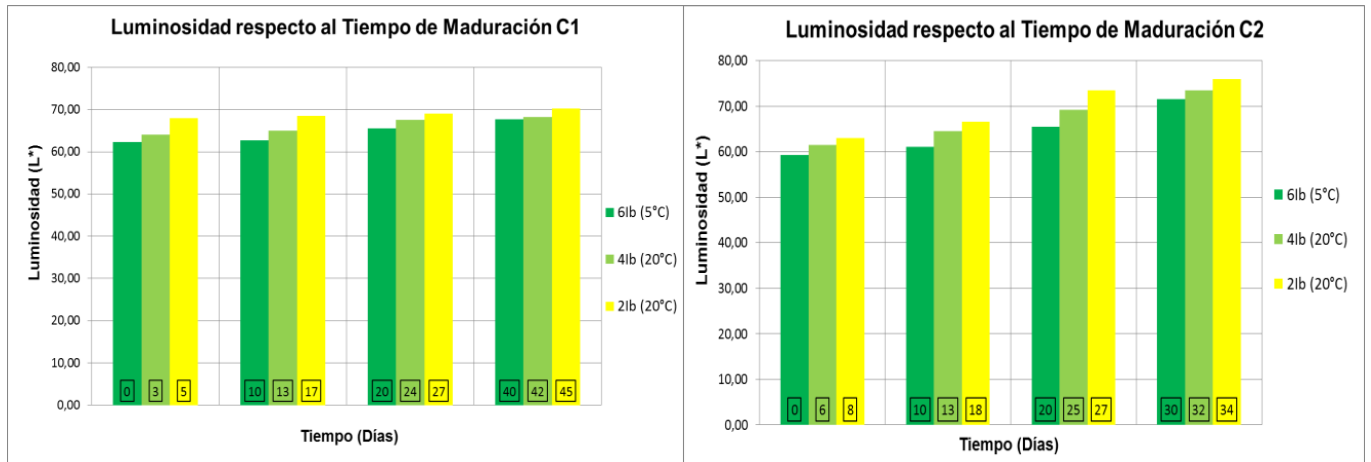
30 (Pto 3)	6 (5°C)	71,50 ± 1,29 <sup>b</sup>	-1,25 ± 2,36 <sup>c</sup>	51,00 ± 3,37 <sup>bc</sup>	-0,02	16,52
6 (Pto 0)	4 (20°C)	61,50 ± 1,29 <sup>a</sup>	-6,50 ± 1,29 <sup>a</sup>	48,75 ± 2,50 <sup>a</sup>	-0,13	0,00
13 (Pto 1)	4 (20°C)	64,50 ± 4,80 <sup>a</sup>	-3,30 ± 0,96 <sup>b</sup>	50,30 ± 0,96 <sup>a</sup>	-0,06	4,67
25 (Pto 2)	4 (20°C)	69,30 ± 2,22 <sup>b</sup>	-1,00 ± 1,41 <sup>c</sup>	52,50 ± 0,58 <sup>b</sup>	-0,02	10,22
32 (Pto 3)	4 (20°C)	73,50 ± 1,29 <sup>c</sup>	-0,50 ± 1,29 <sup>c</sup>	55,00 ± 0,82 <sup>c</sup>	-0,01	14,20
8 (Pto 0)	2 (20°C)	63,00 ± 4,55 <sup>a</sup>	-3,50 ± 1,29 <sup>a</sup>	49,00 ± 3,37 <sup>a</sup>	-0,07	0,00
18 (Pto 1)	2 (20°C)	66,50 ± 3,00 <sup>a</sup>	-2,50 ± 3,42 <sup>a</sup>	50,50 ± 2,38 <sup>a</sup>	-0,05	3,94
27 (Pto 2)	2 (20°C)	73,50 ± 2,38 <sup>b</sup>	0,50 ± 1,91 <sup>b</sup>	50,30 ± 2,21 <sup>a</sup>	0,01	7,32
34 (Pto 3)	2 (20°C)	76,00 ± 1,83 <sup>b</sup>	1,50 ± 0,58 <sup>b</sup>	50,80 ± 1,89 <sup>a</sup>	0,03	9,80

\*Superíndices iguales entre muestras indican ausencia de diferencias significativas a un nivel de confianza del 95% por ANOVA Multifactorial y Test LSD para un mismo parámetro.

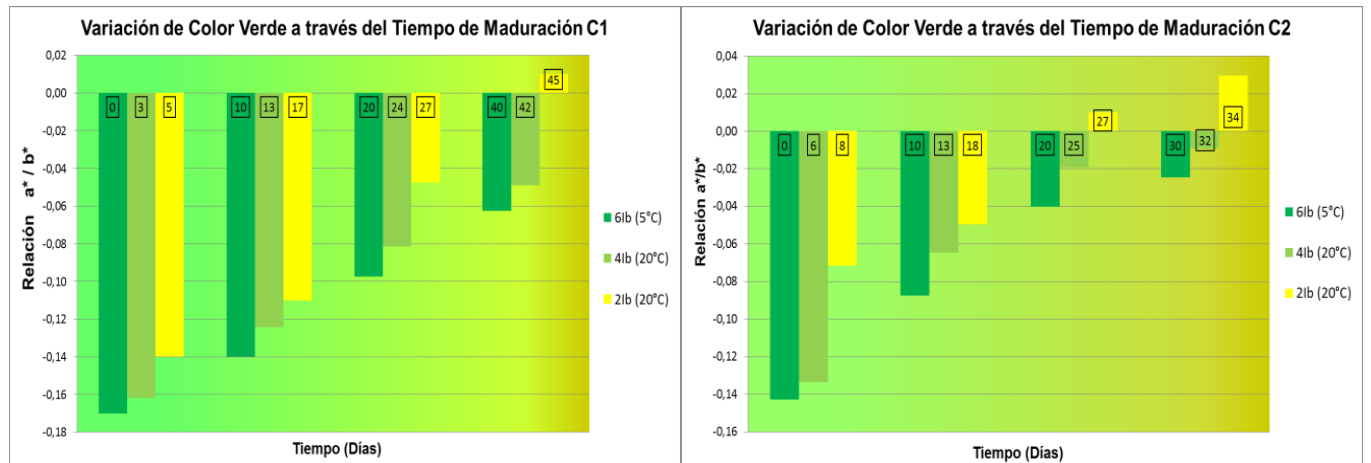
Se aprecia en las **Tablas 9 y 10**, los valores de Luminosidad,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $a^*/b^*$  y  $\Delta E^*$  a través del tiempo. Se logra distinguir que el valor de  $L^*$  aumenta entre puntos como también entre temperaturas de almacenamiento (o resistencia del fruto) al igual que  $a^*$  y  $a^*/b^*$ , sin embargo,  $b^*$  disminuye. El parámetro  $a^*$  aumenta, indicando que la pulpa se vuelve menos verde a medida que madura, mientras que  $b^*$  disminuye demostrando que la pulpa se vuelve más amarilla, por esta razón, la relación  $a^*/b^*$  aumenta a través del tiempo, es decir, la pulpa sufre una transformación de color del verde al amarillo. Para los valores de  $L^*$ , no existen diferencias significativas entre puntos como también entre temperaturas de almacenamiento para ambas cosechas, sin embargo, para los valores de  $a^*$  y  $b^*$ , si los hay. El parámetro  $\Delta E^*$ , por su lado, aumenta entre la misma resistencia, mostrando que existen variaciones de color entre el último punto analizado y el primero. Por ejemplo, al analizar las muestras a 6 lb de la cosecha 2, se aprecia un  $\Delta E$  de 2,28 entre el día 0 y 10, lo cual implica que no existe una apreciación clara de diferencia de color al ojo humano, sin embargo, entre los días 0 y 30 ya existe un valor mayor a 5, lo que quiere decir que ya existen diferencias apreciables de color entre las muestras (valores menores a 3 indican que no hay una diferencia apreciable de color, mientras que valores mayores a 5, quiere decir que hay diferencias notables de color entre muestras) (Pereira, 2010).

➤ Gráficos de Colorimetría

**Figura 15- Luminosidad en relación al tiempo de maduración.**



**Figura 16- Relación a\*/b\* a través del tiempo de maduración.**



En los gráficos de la **Figura 15**, se aprecia la evolución en la luminosidad de las muestras entre puntos como también entre temperaturas de almacenamiento o misma resistencia. En cuanto al cociente  $a^*/b^*$  (reflejado en los gráficos de la **Figura 16**), también se logra presenciar el ascenso de este a través del tiempo de

maduración, pasando de verde a amarillo, ocurriendo de manera casi similar en ambas cosechas. Estos cambios de color se deben principalmente a la aparición de diversos pigmentos, especialmente carotenoides, tales como la luteína,  $\beta$ -caroteno, neoxantina, violaxantina,  $\alpha$ -caroteno y zeaxantina. Por otro lado, los contenidos del pigmento de clorofila por lo general disminuyen levemente a medida que madura la palta, sin embargo, el pigmento clorofilida (derivado de la clorofila) presenta una disminución más marcada al pasar los días de madurez (Ashton *et al.*, 2006), por ello el aumento de la relación  $a^*/b^*$ . Esto ocurre porque el fruto al aumentar su respiración por causa del etileno, el contenido de clorofila disminuye debido a su oxidación y participación del etileno como catalizador de esta reacción, dando paso a la aparición de diversos carotenoides como la luteína, los cuales reflejan el color amarillo típico de palta madura, ya que la clorofila enmascara estos pigmentos en los primeros estados de post-cosecha (Fomesa, 2015; Heaton y Marangoni, 1996)

Resultados similares expresan en su estudios Guzmán *et al.* (2002), en donde el valor de  $a^*/b^*$  aumenta, independiente del uso de algunos minerales para inhibir el efecto de aparición de color amarillo.

#### 5.4- Análisis Químicos

A continuación, se presentan los datos químicos a usar para la posterior correlación con variables físicas:

**Tabla 11- Datos Químicos C1.**

Tiempo de Almacenamiento (Días)	Resistencia del fruto (lb) y Temperatura de Almacenamiento	Índice de Peróxidos (meq O <sub>2</sub> / Kg)	Índice de p-anisidina (Valor de absorbancia / g)
0 (Pto 0)	6 (5°C)	---	2,58 ± 3,06 <sup>a</sup>
10 (Pto 1)	6 (5°C)	17,33 ± 1,87 <sup>a</sup>	2,79 ± 1,52 <sup>a</sup>
20 (Pto 2)	6 (5°C)	23,52 ± 7,71 <sup>ab</sup>	10,55 ± 6,29 <sup>ab</sup>



40 (Pto 3)	6 (5°C)	33,65 ± 11,06 <sup>b</sup>	13,85 ± 4,73 <sup>b</sup>
3 (Pto 0)	4 (20°C)	---	---
13 (Pto 1)	4 (20°C)	22,47 ± 8,15 <sup>a</sup>	2,36 ± 1,63 <sup>a</sup>
24 (Pto 2)	4 (20°C)	47,22 ± 17,55 <sup>a</sup>	7,25 ± 4,80 <sup>a</sup>
42 (Pto 3)	4 (20°C)	33,20 ± 5,67 <sup>a</sup>	12,37 ± 7,21 <sup>a</sup>
5 (Pto 0)	2 (20°C)	18,45 ± 6,18 <sup>a</sup>	0,51 ± 1,81 <sup>a</sup>
17 (Pto 1)	2 (20°C)	17,93 ± 7,76 <sup>a</sup>	---
27 (Pto 2)	2 (20°C)	65,55 ± 35,91 <sup>b</sup>	6,37 ± 3,40 <sup>a</sup>
45 (Pto 3)	2 (20°C)	68,25 ± 20,93 <sup>b</sup>	18,54 ± 7,59 <sup>b</sup>

\*Superíndices iguales entre muestras indican ausencia de diferencias significativas a un nivel de confianza del 95% por ANOVA Multifactorial y Test LSD para un mismo parámetro.

**Tabla 12- Datos Químicos C2.**

Tiempo de Almacenamiento (Días)	Resistencia del fruto (lb) y Temperatura de Almacenamiento	Índice de Peróxidos (meq O <sub>2</sub> / Kg)	Índice de p-anisidina (Valor de absorbancia / g)
0 (Pto 0)	6 (5°C)	55,48 ± 10,19 <sup>a</sup>	2,83 ± 0,76 <sup>a</sup>
10 (Pto 1)	6 (5°C)	30,52 ± 6,93 <sup>b</sup>	2,77 ± 0,57 <sup>a</sup>
20 (Pto 2)	6 (5°C)	36,65 ± 5,31 <sup>b</sup>	0,90 ± 0,11 <sup>b</sup>
30 (Pto 3)	6 (5°C)	16,64 ± 0,74 <sup>c</sup>	3,72 ± 1,20 <sup>a</sup>
6 (Pto 0)	4 (20°C)	70,09 ± 2,13 <sup>a</sup>	0,15 ± 0,08 <sup>a</sup>
13 (Pto 1)	4 (20°C)	38,15 ± 3,66 <sup>b</sup>	4,32 ± 0,27 <sup>b</sup>
25 (Pto 2)	4 (20°C)	67,45 ± 8,81 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,07 <sup>a</sup>
32 (Pto 3)	4 (20°C)	15,62 ± 1,03 <sup>c</sup>	4,12 ± 0,38 <sup>bc</sup>
8 (Pto 0)	2 (20°C)	91,60 ± 8,48 <sup>a</sup>	2,92 ± 1,37 <sup>ac</sup>
18 (Pto 1)	2 (20°C)	45,56 ± 3,08 <sup>b</sup>	1,45 ± 0,76 <sup>a</sup>
27 (Pto 2)	2 (20°C)	40,08 ± 2,05 <sup>b</sup>	5,24 ± 0,43 <sup>b</sup>
34 (Pto 3)	2 (20°C)	15,37 ± 0,81 <sup>c</sup>	3,68 ± 0,68 <sup>bc</sup>

\*Superíndices iguales entre muestras indican ausencia de diferencias significativas a un nivel de confianza del 95% por ANOVA Multifactorial y Test LSD para un mismo parámetro.

### 5.5- Correlación entre Variables

En las siguientes tablas, se presentan las correlaciones entre parámetros físicos (PF), parámetros químicos (PQ) y también el tiempo de almacenamiento, para la cosecha 1. Sin embargo, para la cosecha 2, no existió una buena correlación, por

ello, solo se presentarán en este estudio, lo logrado en la cosecha 1. En estas, se muestran en una primera fila principal la relación existente entre el tiempo y la variable química, que en este caso, fue el Índice de Peróxidos (IP) para las muestras a 6lb e Índice de pAnisidina (IpA) para las muestras a 4 y 2lb. En una segunda fila principal, se muestra la relación que hay entre las variables físicas y químicas. En este estudio, se considerarán las variables físicas más importantes en términos de calidad para la palta, por ello se usaron la Fuerza máxima de deformación, la relación  $a^*/b^*$  y el Índice de Fluidéz (a excepción de las muestras a 4lb, ya que su correlación no era estadísticamente óptima). Por último, en la tercera fila principal, se muestra la relación entre los parámetros físicos y el tiempo de almacenamiento. Además, se presentan las ecuaciones correspondientes y los respectivos coeficientes de correlación (r) y coeficientes de determinación ( $R^2$ ) (**Anexo 18: Tabla Maestra de Correlación; ver en CD**).

**Tabla 13.- Correlaciones entre variables para muestras a 6 lb (5°C).**

CORRELACIÓN	N°	VARIABLES	ECUACIÓN	r	R <sup>2</sup>
<i>PQ vs Tiempo</i>	1	IP vs Tiempo	$IP = 12,265 + 0,538643 * t$	0,9987	0,9974
<i>PQ vs PF</i>	2	IP vs $F_{max}$	$IP = 54,3892 - 0,164102 * F_{max}$	-0,9996	0,9992
	3	IP vs n	$IP = 16,4484 + 216,722 * n$	0,9989	0,9978
	4	IP vs $a^*/b^*$	$IP = 1870 * (a^*/b^*)^2 + 589,25 * (a^*/b^*) + 63,173$	1	1
<i>PF vs Tiempo</i>	5	$F_{max}$ vs Tiempo	$F_{max} = 0,0839 * t^2 - 7,7152 * t + 302,23$	-0,9977	0,9954
	6	n vs Tiempo	$n = 3E-05 * t^2 + 0,0009 * t - 0,001$	0,9850	0,9703
	7	$a^*/b^*$ vs Tiempo	$a^*/b^* = -0,166 + 0,00277143 * t$	0,9887	0,9775

En la **Tabla 13** se aprecian 7 ecuaciones, las cuales relacionan diversas variables. Al analizar la ecuación 1, se logra ver que a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento, aumenta el índice de peróxidos, lo cual era esperable, ya que el fruto comienza a desarrollar compuestos peróxidos debido a que la

pulpa es sensible a los procesos oxidativos durante el almacenamiento post-cosecha, implicando ranciedad y producción de sabores indeseables y reducción de la calidad. Los cambios oxidativos en la fase lipídica se deben principalmente a la auto-oxidación, que en la mayoría de los aceites vegetales representa el desarrollo de los compuestos carbonílicos responsables de sabores rancios (Gunstone y Norris, 1982). El contenido de clorofila de aceite de palta es más alto que la mayoría de otros aceites vegetales, como el aceite de oliva. La clorofila puede actuar como un pro-oxidante mediante la estimulación de la foto-oxidación. Este hecho, combinado con un contenido relativamente bajo en antioxidantes naturales, especialmente el  $\alpha$ -tocoferol, el aceite de palta se hace altamente susceptible a la oxidación (Werman y Neeman, 1986). Por otro lado, en la ecuación 2, se tiene que a medida que disminuye la fuerza de penetración, aumenta el índice de peróxidos, es decir, la palta al madurar, se vuelve más blanda y a su vez genera diversos compuestos carbonílicos que hacen disminuir la calidad del fruto. La ecuación 3 muestra la relación existente entre el índice de peróxidos y el índice de fluidez, indicando que al aumentar el valor de este último, también aumentaría la cantidad de miliequivalentes de  $O_2$  por kg de aceite. En la ecuación 4, se aprecia que el cociente de  $a^*/b^*$  al ir aumentando, también aumenta el valor del índice de peróxidos, de forma polinómica cuadrática. Cabe destacar que el ascenso del valor  $a^*/b^*$  indica una transformación del color verde al amarillo, por lo tanto, al tener la palta una pulpa más amarilla, podría estimarse que también tiene un contenido elevado de compuestos hidroperóxidos en su composición. Por otro parte, se tiene la ecuación 5, la cual muestra la relación polinómica entre el tiempo de almacenamiento y la fuerza máxima aplicada. En ella se aprecia que la fuerza disminuye a medida que pasa el tiempo, y esto es debido a lo ya explicado en los ítems anteriores, en donde se aclara que la lamela media de las paredes celulares de la pulpa de palta comienza a desaparecer, con la eliminación de pectina de la matriz de estas, provocando de esta manera una pérdida de la organización y de su densidad en las paredes, volviéndose la pulpa

más blanda (Platt-Aloia et al., 1980; Platt-Aloia y Thomson, 1981). Este fenómeno tiene directa relación con lo que sucede en la ecuación 6, en donde el índice de fluidez aumenta con el tiempo ya que a medida que la palta madura, se vuelve más fluida debido a la liberación de aceite y también a la aparición de pectina soluble (Dolendo et al., 1966; Platt-Aloia y Thomson, 1992). Por último se tiene la ecuación 7, la que indica la relación entre el cociente  $a^*/b^*$  y el tiempo. En ella se ve que al aumentar el valor de la variable independiente, también aumenta el valor de la razón  $a^*/b^*$ , es decir, a medida que madura la palta, los contenidos del pigmento de clorofila disminuyen (Ashton et al., 2006), por ello el aumento del cociente  $a^*/b^*$ . En cuanto a los coeficientes de correlación, se distingue que son valores muy cercanos a 1, por ello se concluye que existe una buena relación lineal entre ambas variables en cuestión. Por otro lado, los coeficientes de determinación, también son cercanos a 1, indicando que con estas ecuaciones, se pueden predecir resultados hipotéticamente correctos.

**Tabla 14.- Correlaciones entre variables para muestras a 4 lb (20°C).**

CORRELACIÓN	Nº	VARIABLES	ECUACIÓN	r	R <sup>2</sup>
<i>PQ vs Tiempo</i>	1	lpA vs Tiempo	$lpA = -0,0055 * t^2 + 0,6466 * t - 5,1151$	1	1
<i>PQ vs PF</i>	2	lpA vs $F_{max}$	$lpA = 192,6 * e^{-0,649 * F_{max}}$	-0,9995	0,9990
	3	lpA vs n	$lpA = 66272 * n^2 - 26350 * n + 2601,5$	1	1
	4	lpA vs $a^*/b^*$	$lpA = 582,76 * (a^*/b^*)^2 + 233,72 * (a^*/b^*) + 22,408$	1	1
<i>PF vs Tiempo</i>	5	$F_{max}$ vs Tiempo	$F_{max} = 16,253 * t^{-0,359}$	-0,9973	0,9947
	6	$a^*/b^*$ vs Tiempo	$a^*/b^* = -5E-05 * t^2 + 0,005 * t - 0,1776$	0,9983	0,9967

En la **Tabla 14** se presentan 6 ecuaciones, en donde la variable química es el índice de pAnisidina en vez del índice de peróxidos. En la ecuación 1 se aprecia la relación existente entre el tiempo de almacenamiento y el índice de pAnisidina,

mostrando claramente que a medida que aumenta el tiempo, este índice también aumenta, es decir, asciende el grado de ranciedad del aceite (contenido de aldehídos, que son productos secundarios de la oxidación). Por otro lado, se tiene la ecuación 2, la que cuenta con una forma exponencial negativa, es decir, al ir disminuyendo la fuerza máxima de penetración, el valor del índice debiese ir aumentando. En la ecuación 3, el valor del índice de fluidez al aumentar, provoca en la ecuación que la variable dependiente, que en este caso es el índice de pAnisidina, aumente también. Este mismo comportamiento ocurre en la ecuación 4, en donde el valor del parámetro químico aumenta a medida que el cociente de  $a^*/b^*$  ascienda. Por lo tanto, la pulpa del fruto al tornarse más amarilla, la concentración de compuestos aldehídos se eleva.

La ecuación 5 muestra el comportamiento de la fuerza de penetración respecto al tiempo. En ella se aprecia que el valor de la fuerza cae a medida que aumenta el tiempo, lo que se expresa en una ecuación potencial. Por último, en la ecuación 6, el valor de  $a^*/b^*$  se ve influido directamente por el valor del tiempo, ya que a medida que este aumenta, dicho valor también lo hace.

**Tabla 15.- Correlaciones entre variables para muestras a 2 lb (20°C).**

CORRELACIÓN	N°	VARIABLES	ECUACIÓN	r	R <sup>2</sup>
<i>PQ vs Tiempo</i>	1	lpA vs Tiempo	$lpA = 0,0102 * t^2 - 0,0611 * t + 0,5544$	1	1
<i>PQ vs PF</i>	2	lpA vs Fmax	$lpA = 1,9701 * F_{max}^2 - 25,317 * F_{max} + 81,839$	-1	1
	3	lpA vs n	$lpA = 64146 * n^2 - 23173 * n + 2093,3$	1	1
	4	lpA vs $a^*/b^*$	$lpA = 991,94 * (a^*/b^*)^2 + 249,15 * (a^*/b^*) + 15,944$	1	1
<i>PF vs Tiempo</i>	5	F <sub>max</sub> vs Tiempo	$F_{max} = 6,9083 * e^{-0,016 * t}$	-0,9957	0,9915
	6	n vs Tiempo	$n = 0,1795 + 0,0004 * t$	0,9981	0,9962
	7	$a^*/b^*$ vs Tiempo	$a^*/b^* = -0,1640 + 0,0039 * t$	0,9906	0,9813

En la **Tabla 15**, se distinguen 7 ecuaciones. Estas tienen un comportamiento bastante similar a lo ocurrido en las ecuaciones de la **Tabla 14**, solo que cambia en algunas correlaciones, el tipo de ecuación. En la ecuación 1, el índice de pAnisidina vuelve a aumentar a medida que asciende el tiempo de almacenamiento de la palta, mientras que la fuerza de penetración disminuye al aumentar este índice, lo que se refleja en la ecuación 2. También suele aumentar a medida que aumenta el grado de fluidez de la pulpa (n) y el cociente a\*/b\* (ecuaciones 3 y 4 respectivamente). Por último, y como se ha visto a lo largo de este estudio, a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento, consigo la maduración de la palta, tiende a disminuir la fuerza de penetración, sin embargo, el valor del índice de fluidez y el cociente a\*/b\* aumentan (ecuaciones 5, 6 y 7).

**Tabla 16.- Correlaciones entre variables físicas para cosechas 1 y 2.**

Cosecha	Resistencia (lb)	N°	VARIABLES	ECUACIÓN	r	R <sup>2</sup>
1	6	1	Fmax vs K	$F_{max} = 0,2656 * K^2 - 87,131 * K + 7002,7$	0,9926	0,9853
		2	Fmax vs $\sigma_0$	$F_{max} = 0,0008 * \sigma_0^2 - 0,0811 * \sigma_0 + 40,165$	0,9961	0,9922
		3	Fmax vs G*	$F_{max} = 0,1075 * G^{*2} - 28,67 * G^* + 4281$	0,9969	0,9939
	4	4	Fmax vs K	$F_{max} = -2,7063 * K^2 - 53,879 * K - 86,193$	0,998	0,9960
		5	Fmax vs $\sigma_0$	$F_{max} = -0,5223 * \sigma_0^2 + 11,172 * \sigma_0 + 5,1242$	0,999	0,9980
		6	Fmax vs G*	$F_{max} = 2,0427 * G^{*2} + 75,333 * G^* + 1601,2$	0,9719	0,9446
	2	7	Fmax vs K	$F_{max} = -2,8373 * K^2 + 34,667 * K - 16,275$	0,9977	0,9955
		8	Fmax vs $\sigma_0$	$F_{max} = -0,5223 * \sigma_0^2 - 11,172 * \sigma_0 + 5,1242$	0,9999	0,9998
		9	Fmax vs G*	$F_{max} = 97,981 * G^{*2} - 406,02 * G^* + 635,26$	0,9858	0,9718
2	6	10	Fmax vs K	$F_{max} = -0,0048 * K^2 + 2,951 * K - 262,23$	0,9921	0,9842
		11	Fmax vs $\sigma_0$	$F_{max} = 0,001 * \sigma_0^2 - 0,05 * \sigma_0 - 21,061$	0,9796	0,9597
		12	Fmax vs G*	$F_{max} = 0,1542 * G^{*2} - 35,661 * G^* + 5709,3$	0,9988	0,9976
	4	13	Fmax vs K	$F_{max} = -1,0109 * K^2 + 23,33 * K + 40,524$	0,9864	0,9730
		14	Fmax vs $\sigma_0$	$F_{max} = -0,6829 * \sigma_0^2 + 15,089 * \sigma_0 - 17,821$	0,9981	0,9963
		15	Fmax vs G*	$F_{max} = -157,72 * G^{*2} + 3125,4 * G^* - 10724$	0,9951	0,9903
	2	16	Fmax vs K	$F_{max} = -13,54 * K^2 + 131,65 * K - 171,66$	0,9811	0,9625
		17	Fmax vs $\sigma_0$	$F_{max} = -0,6398 * \sigma_0^2 + 9,365 * \sigma_0 + 20,253$	0,9894	0,9790
		18	Fmax vs G*	$F_{max} = -352,37 * G^{*2} + 3301,1 * G^* - 4951,6$	0,9691	0,9392

En la **Tabla 16**, se aprecian correlaciones entre variables físicas para los 3 tipos de muestras (6, 4 y 2lb). En ellas, se tomó como variable dependiente la fuerza máxima de penetración y como variables independiente, al índice de consistencia, el módulo complejo y el umbral de fluencia. Estas se realizaron para ambas cosechas por separado.

Se distingue que para todos los casos, al existir una disminución de la variable independiente también existirá un descenso en el valor de la fuerza máxima.

La palta al sufrir un aumento de etileno en su composición, genera que la membrana celular sea más permeable al ingreso de oxígeno, conllevando así que aumente la tasa respiratoria del fruto. Esto implica además, que se desarrollen enzimas hidrolíticas que atacan componentes estructurales tales como la celulosa y pectinas, las que se degradan en estructuras moleculares más simples, por ello, el valor de  $K$  que tiene relación con la viscosidad, disminuye a medida que el fruto madura. Es por esta razón que al comprimir la palta a medida que transcurre el tiempo, la fuerza empleada es menor, ya que su estructura es más débil, y esto está relacionado con el valor de  $G^*$ , el cual también disminuye a medida que madura el fruto. Por otro lado, el valor del umbral de fluencia también desciende porque la pulpa requerirá de menos esfuerzo de corte inicial, para empezar a fluir, ya que es “menos dura” a medida que madura.

Cabe destacar que estas ecuaciones tienen condiciones de dominio, en donde los valores de  $K$ ,  $\sigma_0$  y  $G^*$  tendrán márgenes de uso (ver en **Anexo 19; ver en CD**)

## 5.6- Análisis Sensoriales

**Tabla 17- Datos de evaluación sensorial C1 (Anexo 20; ver en CD, ANOVA Multifactorial).**

Tiempo de almacenamiento (Días)	Resistencia del fruto (lb) y Temperatura de almacenamiento	Color (verde – amarillo)	Textura (duro – blando)
0 (Pto 0)	6 (5°C)	2,59 ± 1,16 <sup>a</sup>	0,58 ± 0,59 <sup>a</sup>
10 (Pto 1)	6 (5°C)	3,05 ± 2,78 <sup>a</sup>	0,70 ± 0,58 <sup>a</sup>
20 (Pto 2)	6 (5°C)	3,24 ± 0,74 <sup>a</sup>	1,02 ± 0,81 <sup>ab</sup>
40 (Pto 3)	6 (5°C)	5,98 ± 2,00 <sup>b</sup>	1,62 ± 1,59 <sup>b</sup>
3 (Pto 0)**	4 (20°C)	---	---
13 (Pto 1)	4 (20°C)	4,27 ± 1,26 <sup>a</sup>	6,75 ± 1,29 <sup>a</sup>
24 (Pto 2)	4 (20°C)	6,42 ± 1,80 <sup>b</sup>	7,05 ± 0,83 <sup>a</sup>
42 (Pto 3)	4 (20°C)	6,58 ± 0,93 <sup>b</sup>	7,25 ± 0,59 <sup>a</sup>
5 (Pto 0)	2 (20°C)	4,93 ± 1,97 <sup>a</sup>	5,86 ± 2,00 <sup>a</sup>
17 (Pto 1)	2 (20°C)	5,38 ± 2,34 <sup>a</sup>	8,22 ± 0,91 <sup>b</sup>
27 (Pto 2)	2 (20°C)	7,96 ± 0,85 <sup>b</sup>	8,48 ± 1,34 <sup>b</sup>
45 (Pto 3)	2 (20°C)	8,16 ± 0,36 <sup>b</sup>	8,65 ± 0,40 <sup>b</sup>

\*Superíndices iguales entre muestras indican ausencia de diferencias significativas a un nivel de confianza del 95% por ANOVA Multifactorial y Test LSD para un mismo parámetro.

\*\*No se realizó por problemas técnicos

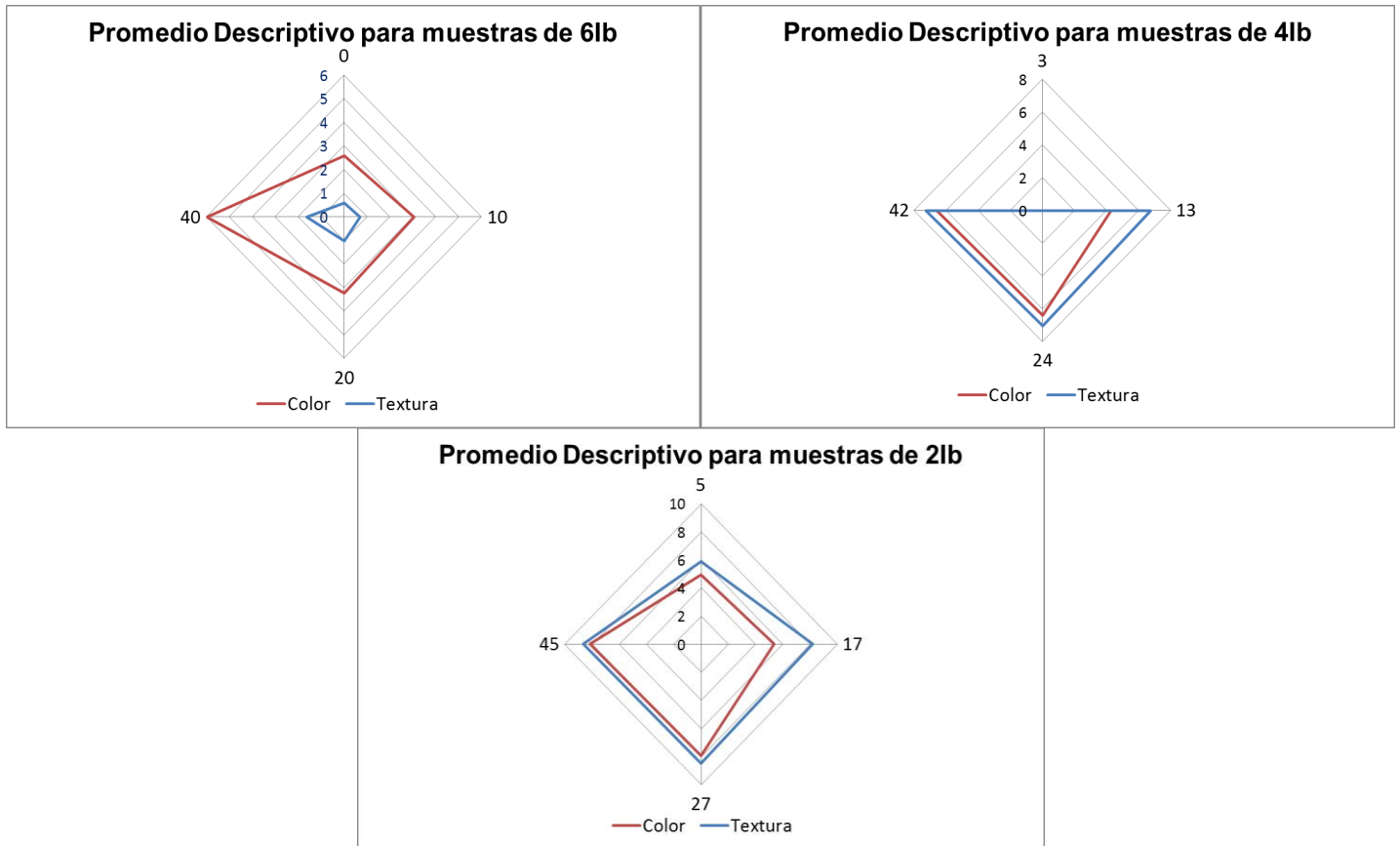
Se aprecia en la **Tabla 17** los resultados arrojados por los análisis sensoriales a partir de lo expuesto en un test descriptivo por un panel sensorial de 11 jueces (sólo para cosecha 1). Se distingue que el parámetro color presenta un ascenso entre puntos como también entre resistencia del fruto. En la ficha de análisis descriptivo, para el parámetro color, la magnitud de este iba del verde al amarillo, por lo tanto sus resultados son correctos, lo cual se complementa con los resultados obtenidos en los análisis colorimétricos, en donde se mostró la transformación de la pulpa de color verde a amarillo a medida que madura. Por otro lado, el parámetro de textura también aumenta entre puntos como también entre resistencia del fruto. En este caso, en la ficha el parámetro textura (firmeza)



iba desde la cualidad “dura” a “blanda”, por ello, se esperaba que el valor de dicha medida aumentara, lo que se complementa con los resultados logrados en los análisis texturales, en donde la pulpa presenta mucho menos resistencia a la penetración a medida que pasan los días de almacenamiento. Se distingue además para el parámetro de color, que su valor como tal es mayor cuando la palta estaba almacenada a 20°C respecto a cuando estaba a 5°C, y esto se debe a que la refrigeración vuelve más lenta la cinética de degradación de pigmentos de carotenoides (y otros procesos químicos de transformación de pigmentos), por lo cual, es esperable que la muestra a temperatura ambiente reflejara un color con más tendencia al amarillo que una muestra a temperatura de 5°C. Por otro lado, para la textura, ocurre el mismo fenómeno que para el color, ya que las muestras almacenadas a 5°C son más duras que las muestras a temperatura ambiente, y es debido a que las primeras no presentan una degradación de su lamela media tan notoria, ya que la actividad de sus enzimas hidrolíticas se ve afectada por la temperatura existente, por esta razón, las paltas a 20°C son más blandas. En relación al análisis de ANOVA multifactorial, se distingue que en términos generales, existen diferencias significativas entre muestras para el parámetro de color y textura, pero no para todos los puntos ni resistencias, lo cual puede indicar lo complejo que era para los jueces estimar un resultado en relación a los parámetros evaluados sobre la palta (sobre todo para el color).

En la **Figura 17**, se aprecian 3 gráficos de telaraña en donde se representan los promedios de los análisis descriptivos realizados en palta, para las muestras de 6, 4 y 2lb.

**Figura 17- Gráficos Telaraña para resultados de evaluación sensorial.**



## 6- CONCLUSIONES

Tanto para la Cosecha 1 como para la Cosecha 2 ocurrió que:

- A medida que maduraba la palta, los valores de esfuerzo de cizalla para todos los puntos analizados y respecto a su grado de resistencia al igual que su viscosidad, disminuyeron debido a la liberación de aceite y al aumento en la concentración de pectina soluble.
- El índice de fluidez aumentó respecto a sus días de almacenamiento a una misma resistencia como también entre puntos, sin embargo, el índice de consistencia disminuyó al igual que el umbral de fluencia. Se usaron los valores de las variables otorgadas por el modelo reológico Herschel-Bulkley.
- Existió una disminución de la magnitud del área de histéresis, es decir, descendió respecto a sus días de almacenamiento a una misma resistencia como también entre puntos.
- $G'$  siempre fue mayor que  $G''$ , es decir, la palta en todo su periodo de madurez, tuvo un comportamiento elástico predominante sobre el viscoso.
- Al transcurrir los días de almacenamiento, la fuerza de penetración sobre las muestras disminuyó. Además, la palta almacenada a  $5^{\circ}\text{C}$  requirió de mayor fuerza para deformarla en relación a una palta que estuvo a temperatura ambiente.
- Las curvas de Peleg arrojaron que las muestras tienen un comportamiento viscoelástico a cualquier temperatura de almacenamiento como también para los 3 tipos de resistencias analizados (6,4 y 2 lb).
- Los valores de luminosidad aumentaron entre puntos como también entre temperaturas de almacenamiento (o resistencia del fruto) al igual que  $a^*$  y  $a^*/b^*$ , sin embargo,  $b^*$  disminuyó.
- Existió una correlación proporcional entre los valores de fuerza máxima con los valores de  $K$ ,  $G^*$  y  $\sigma_0$ .

Para la Cosecha 1, se obtuvo que:

- Los índices de peróxidos y pAnisidina aumentaron respecto a sus días de almacenamiento a una misma resistencia como también entre puntos.
- Con las correlaciones realizadas, se obtuvo que para las muestras de 6, 4 y 21b, los índices de peróxidos y pAnisidina aumentan a medida que asciende el tiempo de almacenamiento, el índice de fluidez o la relación  $a^*/b^*$ , o cuando disminuye la fuerza máxima de penetración.
- Los valores de  $a^*/b^*$  e índice de fluidez aumentan a medida que se eleva el tiempo de almacenamiento, mientras que la fuerza de penetración desciende.
- Existió buena concordancia entre el análisis sensorial y los análisis de textura y colorimetría, mostrando que la pulpa de la palta se vuelve más blanda y menos verde a medida que madura.
- Por lo tanto, las propiedades reológicas tales como textura y viscosidad tendieron a disminuir en función del deterioro oxidativo que afectó la calidad del fruto.

## 7- BIBLIOGRAFÍA

- \* Anita, B. S., Okokon, J. E., y Okon, P. A., 2005. Hypoglycemic activity of aqueous leaf extract of *Persea americana* Mill.. Indian Journal Pharmacology, 37(5), 325-326.
- \* Awad, M. y Young R.E., 1979. Postharvest variation in cellulase, polygalacturonase, and pectinmethyl-esterase in avocado (*Persea americana* Mill. cv. Fuerte) fruits in relation to respiration and ethylene production. Plant Physiol. 64:306-308.
- \* Ashton, O., Wong, M., McGhie, T., Vather, R., Wang, Y., Requejo, C., Ramankutty, P. y Woolf, A., 2006. Pigments in Avocado Tissue and Oil. Institute of Food, Nutrition & Human Health, Massey University. J. Agric. Food Chem., 54, 10151-10158.
- \* Baudi, S., 1997. Química de los alimentos. México: Pearson Educación.
- \* Bergh, B. O. y Lahav, E., 1996. Avocados, in Janick J. and Moore J. N. (eds) Fruit Breeding , Vol. I , Tree and Tropical Fruits . Wiley and Sons, NY, pp. 113 – 166.
- \* Bourne, M.C., 1982. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Academic Press Inc., USA.
- \* Castro, E. y de Hombre-Morgado R., 2007. Parámetro Mecánicos y Textura de Alimentos. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, La Habana, Cuba. Pag. 59-63.
- \* Comité de Palta Hass en Chile. <<http://www.paltahass.cl/index.php?op=b2&lang=esp&core=b>>, [Consulta: 22 de julio, 2015]
- \* Couey, H.M., 1982. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. HortSci. 17:162-165.

- \* Cox, K. A., McGhie, T. K., White, A., y Wolf, A. B., 2004. Skin colour and pigment changes during ripening of Hass avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 31(1), 287–294.
- \* Dolendo, A. L., Luh, B. S., y Pratt H. K., 1966. Relation of pectic and fatty acid changes to respiration rate during ripening of avocado fruits. *J. Food. Sci.* 31:332-336.
- \* Euita, 2003. Fitorreguladores: El Etileno. Universidad Politécnica de Valencia. <[http://www.euita.upv.es/variados/biologia/temas/tema\\_14.htm](http://www.euita.upv.es/variados/biologia/temas/tema_14.htm)>
- \* Fomesa, 2015. El Desverdizado: Principales factores que influyen en el desverdizado. <[http://www.fomesa.net/Calidad/Factores/F\\_02\\_01\\_1.htm](http://www.fomesa.net/Calidad/Factores/F_02_01_1.htm)>
- \* Garate, R. y Ortiz, J., 2014. Cambios en las Propiedades Reológicas y en Rendimientos de Extracción de Aceite de Palta Hass (*Persea Americana* Hill.), durante el Almacenamiento a Temperatura Ambiente y de Refrigeración. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas.
- \* Gunstone, F.D. y Norris, F.A., 1982. *Lipids in foods chemistry, biochemistry and technology*. Pergamon Press, Oxford, U.K.
- \* Guzman, G.R., Dorantes, A.L., Hernández, U.H., Hernández, S.H., Ortiz, A. y Mora E.R., 2002. Effect of zinc and copper chloride on the color of avocado puree heated with microwaves. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 3. Pág. 47-53.
- \* Heaton, J. W. y Marangoni, A.G., 1996. Chlorophyll degradation in processed foos and senescent plant tissues. *Trends in Food Science and Technology*. 7: 8-15.
- \* Heinemann, T., Axtmann, G. y Von-Bergmann, K., 1993. Comparison of intestinal absorption of cholesterol with different plant sterols in man. *European Journal of Clinical Investigation* 23 (1): 827-831.

- \* Hertog, M. L. A. T. M., Nicholson, S. E., y Whitmore, K., 2003. The effect of modified atmospheres on the rate of quality change in “Hass” avocado. *Postharvest Biology and Technology*, 29, 41–53.
- \* Hopkirk, G., White, A., Beever, D.J., Forbes, S.K., 1994. Influence of postharvest temperatures and the rate of fruit ripening on internal postharvest rots and disorders of New Zealand ‘Hass’ avocado fruit. *N. Z. Jour. Crop and Hort. Sci.*22: 305-311.
- \* INIA, 2010. El Cultivo del Palto. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín N° 129, Tercera Edición. Santiago, Chile.
- \* Kevers, C., Falkowski, M., Tabart, J., Defraigne, J., Dommès, J. y Pincemail, J., 2007. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55 (21): 8596-8603.
- \* Korać, R. R., y Khambholja, K. M., 2011. Potential of herbs in skin protection from ultraviolet radiation. *Pharmacognosy Reviews*, 5(10), 164-173. <http://dx.doi.org/10.4103/0973-7847.91114>.
- \* Landahl S., Meyer M.D. y Terry L.A., 2009. Spatial and temporal analysis of textural and biochemical changes of imported avocado cv. Hass during fruit ripening. *J. Agric. Food Chem*, 57, 7039-7047.
- \* Lee, J., Koo, N. y Min, D., 2004. Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals comprehensive reviews. *Food Science and Food Safety* 3 (1): 21-33.
- \* León, K., Mery, D., Pedreschi, F. y León, J., 2006. Color measurement in L\*a\*b\* units from RGB digital images. *Food Research International* 39, pág. 1084-1091.
- \* Lopez, T., Bosch, P., Ramos, E., Gomez, R., Novaro, O., Acosta, D. y Figueras, F., 1996. Synthesis and characterization of Sol-Gel Hydrotalcites Structure and Texture. *Langmuir* 12 (1): 189-192.

- \* Mezger, T. G., 2002. In Ulrich Zorll (Ed.), The rheology handbook: for users of rotational and oscillatory rheometers. Germany: Hannover.
- \* OFICINA DE ESTUDIOS Y POLITICAS AGRARIAS (ODEPA), 2013. Estadísticas Agropecuarias 2012-2013. Santiago. Ministerio de Agricultura. Pag. 31 - 32.
- \* Olayinka, R. y Baik O-D., 2009. Validation of the strength properties of avocado pear using discrete element modeling. Emirates Journal for Engineering Research, 14 (2), 1-7.
- \* Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). International Standardisation of Fruit and Vegetables: Avocados; 2004; pag 8-31.
- \* Ortega-Mendoza, S., Jiménez, S., Miranda, R., Sánchez, T., Villagómez, A., 2007. Análisis sensorial, fisicoquímico e instrumental de aguacate variedad Hass y criollo, cosecha 2007. Departamento de Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico de Celaya.
- \* Peleg, M., 1976. Considerations of a general rheological model for the mechanical behavior of viscoelastic solid food material. J. Texture Studies. 7, 243 -256.
- \* Peleg, M., 1979. Characterization of stress relaxation curves of solid foods. J. Food Sci. 44, 277 - 281.
- \* Peña, C., 2009. Imagen de Palto, Quintero. < [http://valparaiso.quebarato.cl/quillota/vendo-palta-hass\\_\\_329B36.html](http://valparaiso.quebarato.cl/quillota/vendo-palta-hass__329B36.html)>
- \* Pereyra J., 2010. < <http://www.jpereira.net/rough-profiler/validar-perfil-color-icc-delta-e>>. [Consulta: 2 de Julio 2015].
- \* Platt-Aloia, K. A., Thomson, W. W. y Young R. E., 1980. Ultra-structural changes in the walls of ripening avocados: Transmission, scanning and freeze fracture microscopy, Bot Gaz , 14 , 366 – 373.



- \* Platt-Aloia, K. A. y Thomson W. W., 1981. Ultrastructure of the mesocarp of mature avocado fruit and changes associated with ripening, *Ann Bot* , 48, 451 – 465.
- \* Platt-Aloia, K.A. y Thomson, W.W., 1987. Freeze fracture evidence for lateral phase separations in the plasmalemma of chilling injured avocado fruit. *Protoplasma* 136:71-80.
- \* Platt-Aloia, K.A. y Thomson, W.W. 1992. Idioblast oil cells of avocado: Distribution, isolation, ultrastructure, histochemistry and biochemistry. *Int. J. Plant Sci.* 153:301-310.
- \* Ramirez, J., 2006. *Fundamentos de Reología en Alimentos*. Cali, Valle, Colombia. JSR e-books.
- \* Remacha, J., Ibarz, A., Giner, J., 1992. Evolución del color, por efecto de la temperatura, en pulpas de fruta. *Sid Alimentaria*, Madrid, España, pág. 59.
- \* Rao, M. A., 1999. Rheological behavior of processed fluid and semisolid foods. In M. A. Rao (Ed.), *Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications*. (Chapter 3 and 5, pp. 105–108, 244–254).
- \* Rao, M. A., y Steffe, J. F., 1992. *Viscoelastic properties of foods*. NY, USA: Elsevier Applied Science.
- \* Richard, D., Kefi, K., Barbe, U., Bausero, P. y Visioli, F., 2008. Polyunsaturated fatty acids as antioxidants. *Pharmacological Research* 57 (6): 451-455.
- \* Slater, G.C., Shankman, S., Shepherd, J.S. y Alfin-Slater, R.B., 1975. Seasonal variation in the composition of California avocado. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 23: 468-474.
- \* Schmidt-Hebbel, H. y Pennacchiotti, I., 2001. Las enzimas en los alimentos: “Su importancia en la química y la tecnología de los alimentos”. Biblioteca Digital Universidad de Chile.
- \* Statgraphics, 2007. *Curso básico Statgraphics. Regresión Simple*, pág. 46.

- \* Steffe, J.F., 1996. Rheological methods in food process engineering (2nd ed.). East Lansing, MI, USA: Freeman Press.
- \* Szczesniak, A., 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference* 13, 215–225.
- \* Tabilo-Munizaga, G. y Barbosa-Cánovas G.V., 2005. Rheology for the food industry. *Journal of food engineering* 67, 145-154.
- \* Toivonen, P., y Brummell, D., 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48, 1–14.
- \* Verdugo, M., Castro, E., Miranda, M., Rodríguez A., 1997. Determinación de parámetros texturales de galletas tipo cracker. Santiago, Chile.
- \* Werman, M.J. y Neeman, I., 1986. Oxidative stability of avocado oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 63 (3): 355-360.
- \* Yahia, E. M., 2011. Avocado, Chapter 8 in Rees D., Farrell G. and Orchard J. E. (eds), *Crop Postharvest: Science and Technology, Volume 3, Perishables*, Wiley-Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- \* Zhong, Q. y Daubert, R., 2013. *Food Rheology*. University of Tennessee, TN, USA. Pag. 409.

## 8- ANEXOS

### Anexo 1- Planta de palta Hass (Palto)



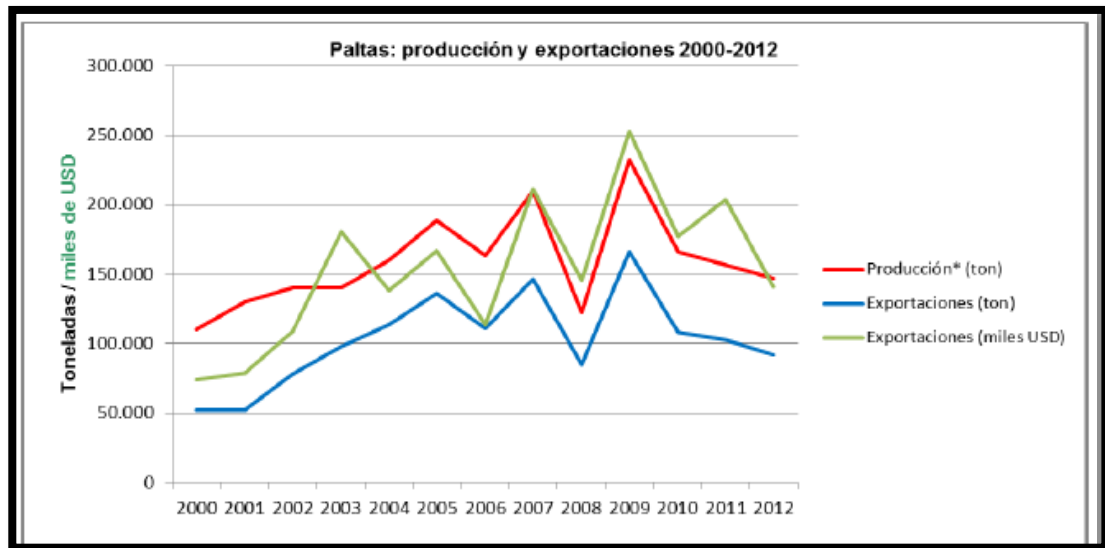
(Fuente: Peña, 2012)

### Anexo 2- Palta Hass chilena



(Fuente: Álvarez, 2014)

### Anexo 3- Producción y Exportación de Palta (Fuente: Odepa, 2014)



### Anexo 4- Tabla Nutricional de palta Hass

	C/100g.	%VDR
Grasas Saturadas	2,64 g.	12%
Grasas Poliinsaturadas	2,04 g.	-
Grasas Monoinsaturadas	10,7 g.	-
Colesterol	0 g.	-

	C/100g.	%VDR
Proteínas	1,7 g.	2,26%
Carbohidratos total	5,9 g.	2%
Fibra total	3,3 g.	13,2%
Fibra soluble	1,3 g.	-
Fibra insoluble	2 g.	-
Vitamina A	85µg.	14%
Vitamina B1	0,11 mg.	9%
Vitamina B2	0,2 mg.	15%
Vitamina B6	0,45 mg.	34,6 %
Niacina	1,6 mg.	10%
Ácido pantoténico	1 mg.	20%
Vitamina C	14 mg.	32%
Vitamina D	10µg.	200%
Vitamina E	3 mg.	30%
Vitamina K	8µg.	12%
Biotina	10 mg.	33,3%
Ácido fólico	32µ	8%
Sodio	4 mg.	0,16%
Potasio	463 mg.	13,23%
Calcio	10 mg.	1%
Hierro	1,06 mg.	1,06%
Magnesio	41 mg.	16%
Manganeso	2,3 mg.	100%
Cobre	0,35 mg.	39%
Fosforo	40 mg.	5,71%
Azufre	25 mg.	-

\* 100 Gramos de pulpa proveen 160 calorías. 100 Gramos de pan aportan 320 calorías. 70 Gramos de fideos (sin agregados) aportan 320 calorías

(Fuente: Comité de Paltas Hass en Chile, 2015)



**Anexo 5-** Ficha de evaluación sensorial

**TEST DE ANÁLISIS DESCRIPTIVO PARA MUESTRAS DE  
PALTAS**

Set: ..... Nombre: .....

Fecha: .....

**Instrucciones:** Muestra A

**Evalúe la muestra general de manera visual:**

- **Color (en términos generales):**

|-----|  
VerdeAmarillo-café

**Evalúe los siguientes parámetros con tenedor (muestra individual):**

- **Textura (Firmeza):**

|-----|  
DuraBlanda

- **Grado de Viscosidad / elasticidad:**

|-----|  
ElásticaViscosa

**Evalúe la muestra observándola y luego probando una pequeña cantidad:**

- **Acetuosidad**

|-----|  
Poco acetosoMuy acetoso

**Evalúe la muestra consumiéndola:**

- **Sabor**

|-----|  
Poco grasoMuy graso

**De acuerdo a la evaluación de los parámetros en palta, según usted ¿cuál es el grado de madurez de ésta?**

----- No Madura ----- Madurez Intermedia ----- Madura

**Anexo 6-** Valores de variables reológicas y estadísticas de diversos modelos para muestra a 6lb Cosecha 1.

Potencia					Bingham				
Variables	Día 0	Día 10	Día 20	Día 40	Variables	Día 0	Día 10	Día 20	Día 40
$\sigma_0$					$\sigma_0$	107,3	62,16	34,55	18,03
n	0,0815	0,1483	0,0895	0,07661	n				
K	124,7	74,55	39,25	19,53	K				
R <sup>2</sup>	0,8776	0,8759	0,932	0,7538	R <sup>2</sup>	0,4791	0,499	0,5825	0,407
chi <sup>2</sup>	46380	54680	2407	1722	chi <sup>2</sup>	195700	220700	14790	4147
Herschel-Bulkley					Casson (lineal)				
Variables	Día 0	Día 10	Día 20	Día 40	Variables	Día 0	Día 10	Día 20	Día 40
$\sigma_0$	93	67,11	51,85	44,05	$\sigma_0$	99,64	54,62	31,95	18,56
n	0,0021	0,0029	0,0347	0,0785	n				
K	5176	569,4	357,2	121,1	K				
R <sup>2</sup>	0,9249	0,7804	0,9008	0,9335	R <sup>2</sup>	0,5104	0,6872	0,6966	0,5678
chi <sup>2</sup>	28200	15667	13730	10356	chi <sup>2</sup>	511,2	459,1	70,26	38,19
Cross					Casson				
Variables	Día 0	Día 10	Día 20	Día 40	Variables	Día 0	Día 10	Día 20	Día 40
$\sigma_0$					$\sigma_0$	-5046	-549,4	-275,4	-5,877
n	0,9241	0,9147	1	0,8937	n	0,5	0,5	0,5	0,5
K					K				
R <sup>2</sup>	0,9648	0,9557	0,8391	0,8421	R <sup>2</sup>	0,6183	0,6579	0,7348	0,604
chi <sup>2</sup>	13220	19490	5704	1104	chi <sup>2</sup>	143400	150700	9395	40070
Carreau-Yasuda					Tscheuschner				
Variables	Día 0	Día 10	Día 20	Día 40	Variables	Día 0	Día 10	Día 20	Día 40
$\sigma_0$					$\sigma_0$	-428,3	-146,8	13,72	-65,4
n	0,0815	0,1444	0,0836	0,07661	n	0,9766	0,9259	0,75	0,9716
K					K				
R <sup>2</sup>	0,8765	0,8795	0,9584	0,7538	R <sup>2</sup>	0,9509	0,9467	0,8841	0,8424
chi <sup>2</sup>	46380	53050	1475	1722	chi <sup>2</sup>	22190	23450	1,1E+13	1103

**Anexo 7-** Valores de variables reológicas y estadísticas de diversos modelos para muestra a 4lb Cosecha 1.

Potencia					Bingham				
Variables	Día 3	Día 13	Día 24	Día 42	Variables	Día 3	Día 13	Día 24	Día 42
$\sigma_0$					$\sigma_0$	95,22	84,02	72	59,03
n	0,1992	0,2286	0,2441	0,2689	n				
K	161,2	115	98,23	78,44	K				
R <sup>2</sup>	0,9988	0,9944	0,9984	0,9982	R <sup>2</sup>	0,8270	0,7983	0,8338	0,8236
chi <sup>2</sup>	979	14400	3235	1787	chi <sup>2</sup>	137000	514600	358600	177700
Herschel-Bulkley					Casson (lineal)				
Variables	Día 3	Día 13	Día 24	Día 42	Variables	Día 3	Día 13	Día 24	Día 42
$\sigma_0$	64,87	56,71	48,68	42,74	$\sigma_0$	55,02	35,35	13,92	13,63
n	0,1798	0,1814	0,2182	0,2201	n				
K	179,93	156,1	114,8	94,26	K				
R <sup>2</sup>	0,9952	0,9936	0,9980	0,9980	R <sup>2</sup>	0,8957	0,8900	0,9164	0,9069
chi <sup>2</sup>	7664	8049	2025	1039	chi <sup>2</sup>	227,7	496,6	347,8	237,8
Cross					Casson				
Variables	Día 3	Día 13	Día 24	Día 42	Variables	Día 3	Día 13	Día 24	Día 42
$\sigma_0$					$\sigma_0$	84,39	70,99	60,3	50,04
n	1	1	1	1	n	0,5	0,5	0,5	0,5
K					K				
R <sup>2</sup>	0,9994	0,9872	0,9862	0,9878	R <sup>2</sup>	0,9222	0,8981	0,9232	0,9183
chi <sup>2</sup>	540,5	32660	29460	12230	chi <sup>2</sup>	61560	259800	165900	82280
Carreau-Yasuda					Tscheuschner				
Variables	Día 3	Día 13	Día 24	Día 42	Variables	Día 3	Día 13	Día 24	Día 42
$\sigma_0$					$\sigma_0$		-227,7	49,22	43,36
n	0,1922	0,2262	0,2432	0,2163	n		0,919	0,01115	0,00855
K					K				
R <sup>2</sup>	0,9942	0,9948	0,9986	0,9988	R <sup>2</sup>	0,9942	0,9716	0,9789	0,9698
chi <sup>2</sup>	4623	13080	2945	1308	chi <sup>2</sup>	4623	72400	45610	30410

**Anexo 8-** Valores de variables reológicas y estadísticas de diversos modelos para muestra a 2lb Cosecha 1.

Potencia					Bingham				
Variables	Día 5	Día 17	Día 27	Día 45	Variables	Día 5	Día 17	Día 27	Día 45
$\sigma_0$					$\sigma_0$	58,01	52,38	51,18	42,42
n	0,2021	0,2059	0,2036	0,2056	n				
K	76,71	68,55	66,91	54,82	K				
R <sup>2</sup>	0,9988	0,998	0,998	0,9976	R <sup>2</sup>	0,827	0,8319	0,829	0,8325
chi <sup>2</sup>	979	1328	1176	950,7	chi <sup>2</sup>	137000	109700	103500	68610
Herschel-Bulkley					Casson (lineal)				
Variables	Día 5	Día 17	Día 27	Día 45	Variables	Día 5	Día 17	Día 27	Día 45
$\sigma_0$	43,07	38,94	38,18	31,88	$\sigma_0$	-10,83	-16,96	-14,24	-12,35
n	0,1811	0,1869	0,1902	0,1974	n				
K	89,25	87,97	83,24	68,91	K				
R <sup>2</sup>	0,9992	0,9988	0,9986	0,9982	R <sup>2</sup>	0,8957	0,901	0,9002	0,9101
chi <sup>2</sup>	672,2	840,4	796,3	713,1	chi <sup>2</sup>	227,7	194,9	187,6	136,2
Cross					Casson				
Variables	Día 5	Día 17	Día 27	Día 45	Variables	Día 5	Día 17	Día 27	Día 45
$\sigma_0$					$\sigma_0$	49,62	44,7	43,74	36,23
n	0,7997	0,8053	0,8022	0,8019	n	0,5	0,5	0,5	0,5
K					K				
R <sup>2</sup>	0,9994	0,9992	0,999	0,9986	R <sup>2</sup>	0,9222	0,9253	0,9237	0,9268
chi <sup>2</sup>	540,5	572,5	615,4	540,3	chi <sup>2</sup>	61560	48770	46190	29990
Carreau-Yasuda					Tscheuschner				
Variables	Día 5	Día 17	Día 27	Día 45	Variables	Día 5	Día 17	Día 27	Día 45
$\sigma_0$					$\sigma_0$	-192,9	-170,2	-158,8	-136,1
n	0,2005	0,2031	0,2012	0,2033	n	0,9475	0,9431	0,9423	0,9422
K					K				
R <sup>2</sup>	0,9994	0,9992	0,9992	0,9988	R <sup>2</sup>	0,9942	0,9978	0,9966	0,9968
chi <sup>2</sup>	448,9	523,8	451,3	500,8	chi <sup>2</sup>	4623	1472	1997	1350



**Anexo 9-** Valores de variables reológicas y estadísticas de diversos modelos para muestra a 6lb Cosecha 2.

Potencia					Bingham				
Variables	Día 0	Día 10	Día 20	Día 30	Variables	Día 0	Día 10	Día 20	Día 30
$\sigma_0$					$\sigma_0$	100,7	47,35	43,17	23,04
n	0,1544	0,166	0,1361	0,1706	n				
K	133,4	57,61	52,05	27,59	K				
R <sup>2</sup>	0,9551	0,9067	0,9596	0,9345	R <sup>2</sup>	0,6341	0,5641	0,6553	0,6219
chi <sup>2</sup>	69090	29730	6098	4660	chi <sup>2</sup>	563800	1388	52000	26870
Herschel-Bulkley					Casson (lineal)				
Variables	Día 0	Día 10	Día 20	Día 30	Variables	Día 0	Día 10	Día 20	Día 30
$\sigma_0$	74,68	35,12	34,67	17,43	$\sigma_0$	-48,51	-98,05	-75,78	-89,66
n	0,04604	0,05832	0,06723	0,1146	n				
K	187	160,5	130,9	120	K				
R <sup>2</sup>	0,9606	0,9237	0,9686	0,9524	R <sup>2</sup>	0,7572	0,7494	0,7726	0,8028
chi <sup>2</sup>	60840	24260	4723	3382	chi <sup>2</sup>	727,6	323,8	164,6	111,4
Cross					Casson				
Variables	Día 0	Día 10	Día 20	Día 30	Variables	Día 0	Día 10	Día 20	Día 30
$\sigma_0$					$\sigma_0$	88,28	41,24	38,48	20,05
n	0,8095	0,9029	0,8309	0,757	n	0,5	0,5	0,5	0,5
K					K				
R <sup>2</sup>	0,9686	0,9732	0,9823	0,9876	R <sup>2</sup>	0,7739	0,7162	0,7987	0,7691
chi <sup>2</sup>	48320	8530	30370	873	chi <sup>2</sup>	348400	90340	30370	16410
Carreau-Yasuda					Tscheuschner				
Variables	Día 0	Día 10	Día 20	Día 30	Variables	Día 0	Día 10	Día 20	Día 30
$\sigma_0$					$\sigma_0$	-321,4	-115,4	-127,8	-60,96
n	0,1493	0,1642	0,1361	0,1698	n	0,9493	0,9207	0,9536	0,9236
K					K				
R <sup>2</sup>	0,9577	0,9078	0,9596	0,9349	R <sup>2</sup>	0,8928	0,9539	0,9726	0,9759
chi <sup>2</sup>	65340	29320	6098	4621	chi <sup>2</sup>	165000	14640	4130	1716

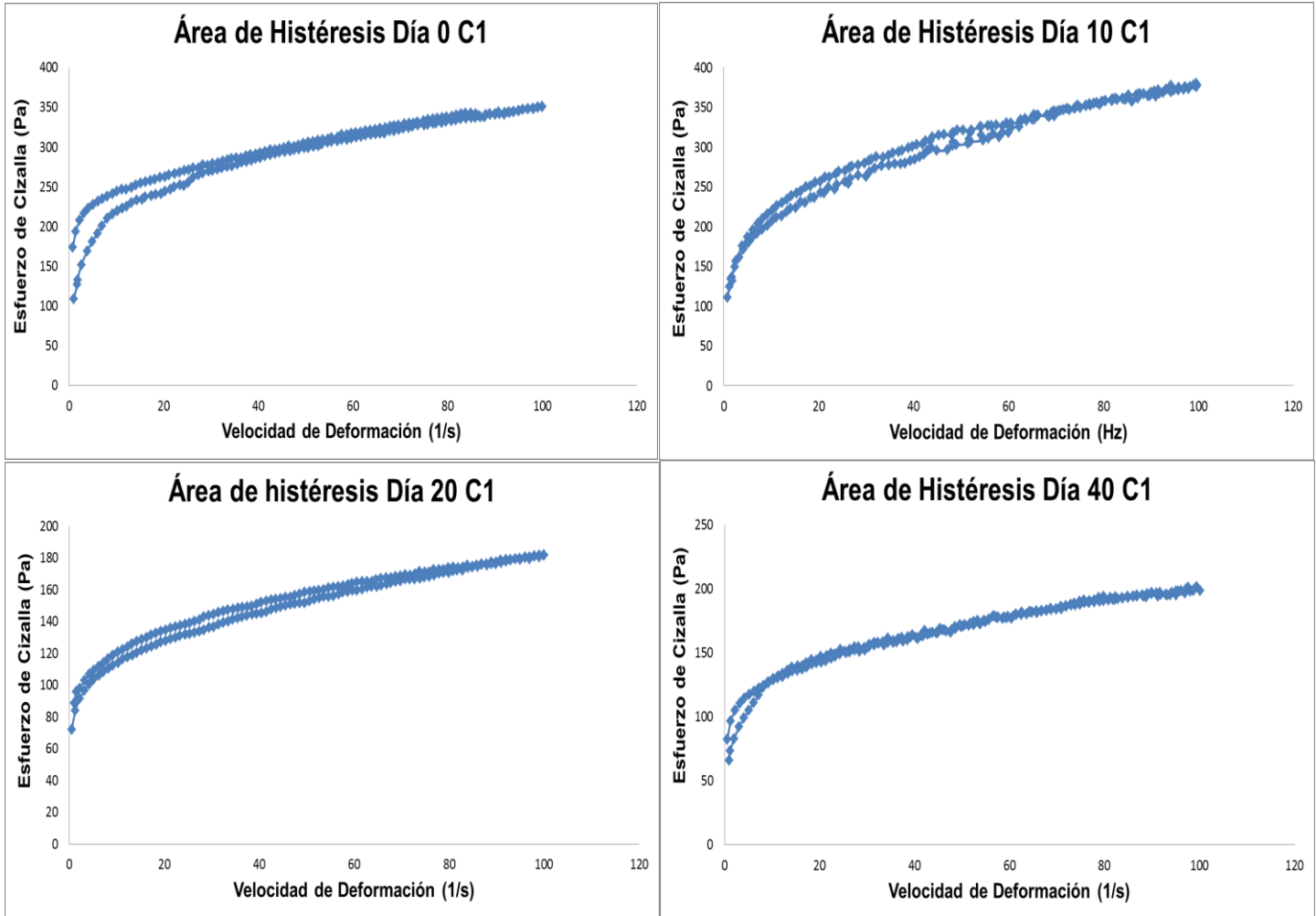
**Anexo 10-** Valores de variables reológicas y estadísticas de diversos modelos para muestra a 4lb Cosecha 2.

Potencia					Bingham				
Variables	Día 6	Día 13	Día 25	Día 32	Variables	Día 6	Día 13	Día 25	Día 32
$\sigma$					$\sigma$	83,1	79,2	83,39	102,3
n	0,2606	0,2789	0,2562	0,2541	n				
K	114,8	109,9	115,7	145,1	K				
R <sup>2</sup>	0,9978	0,9982	0,9984	0,9988	R <sup>2</sup>	0,8473	0,8514	0,8466	0,8503
chi <sup>2</sup>	7554	6696	5529	5990	chi <sup>2</sup>	538500	585100	527400	803300
Herschel-Bulkley					Casson (lineal)				
Variables	Día 6	Día 13	Día 25	Día 32	Variables	Día 6	Día 13	Día 25	Día 32
$\sigma$	65,54	58,12	53,13	48,12	$\sigma$	53,13	48,12	53,83	65,54
n	0,2028	0,2272	0,2366	0,2521	n				
K	174,9	162,6	148,2	146,4	K				
R <sup>2</sup>	0,9994	0,9998	0,9994	0,9994	R <sup>2</sup>	0,9132	0,9228	0,9137	0,9095
chi <sup>2</sup>	1991	1016	2370	2826	chi <sup>2</sup>	501	492,9	485,6	648,8
Cross					Casson				
Variables	Día 6	Día 13	Día 25	Día 32	Variables	Día 6	Día 13	Día 25	Día 32
$\sigma$					$\sigma$	69,1	65,38	69,47	85,4
n	0,7796	0,7301	0,7502	0,7625	n	0,5	0,5	0,5	0,5
K					K				
R <sup>2</sup>	0,9998	0,9996	0,9992	0,9998	R <sup>2</sup>	0,9297	0,9308	0,9295	0,9318
chi <sup>2</sup>	1059	1312	2594	1537	chi <sup>2</sup>	248500	272200	242500	365000
Carreau-Yasuda					Tscheuschner				
Variables	Día 6	Día 13	Día 25	Día 32	Variables	Día 6	Día 13	Día 25	Día 32
$\sigma$					$\sigma$	-238,4	-193,7	-231,7	-309,6
n	0,2474	0,2755	0,2536	0,2501	n	0,9145	0,8973	0,9174	0,9246
K					K				
R <sup>2</sup>	0,9994	0,9988	0,999	0,9998	R <sup>2</sup>	0,999	0,9972	0,9857	0,997
chi <sup>2</sup>	1790	4906	3599	1569	chi <sup>2</sup>	3337	10700	12570	15710

**Anexo 11-** Valores de variables reológicas y estadísticas de diversos modelos para muestra a 2lb Cosecha 2.

Potencia					Bingham				
Variables	Día 8	Día 18	Día 27	Día 34	Variables	Día 8	Día 18	Día 27	Día 34
$\sigma$					$\sigma$	56,13	54,09	68,22	80,9
n	0,2291	0,2106	0,2458	0,2499	n				
K	74,96	71,12	92,31	111,9	K				
R <sup>2</sup>	0,9982	0,998	0,998	0,9988	R <sup>2</sup>	0,8591	0,8411	0,8359	0,8471
chi <sup>2</sup>	1791	1544	3807	3721	chi <sup>2</sup>	144500	117900	315500	456700
Herschel-Bulkley					Casson (lineal)				
Variables	Día 8	Día 18	Día 27	Día 34	Variables	Día 8	Día 18	Día 27	Día 34
$\sigma$	53,36	45,59	40,37	40,06	$\sigma$	40,37	40,06	45,59	53,36
n	0,184	0,1962	0,2233	0,2314	n				
K	130,9	125,4	84,71	73,93	K				
R <sup>2</sup>	0,9982	0,9982	0,9994	0,9992	R <sup>2</sup>	0,9214	0,9069	0,9122	0,9141
chi <sup>2</sup>	1789	1283	1204	2379	chi <sup>2</sup>	208,2	197,7	350,5	439,7
Cross					Casson				
Variables	Día 8	Día 18	Día 27	Día 34	Variables	Día 8	Día 18	Día 27	Día 34
$\sigma$					$\sigma$	47,26	46,05	57,06	67,55
n	0,7889	0,8072	0,7529	0,7509	n	0,5	0,5	0,5	0,5
K					K				
R <sup>2</sup>	0,999	0,9992	0,9994	0,9992	R <sup>2</sup>	0,9417	0,9312	0,9243	0,9308
chi <sup>2</sup>	1045	584,9	1032	2405	chi <sup>2</sup>	59770	51060	145500	206700
Carreau-Yasuda					Tscheuschner				
Variables	Día 8	Día 18	Día 27	Día 34	Variables	Día 8	Día 18	Día 27	Día 34
$\sigma$					$\sigma$	-179,9	-178,9	-194,3	-222,1
n	0,227	0,2071	0,2425	2	n	0,9393	0,9432	0,9201	0,9216
K					K				
R <sup>2</sup>	0,999	0,9994	0,9988	0,9992	R <sup>2</sup>	0,9964	0,998	0,9968	0,8916
chi <sup>2</sup>	1096	381,7	2222	2656	chi <sup>2</sup>	3596	1484	6321	15580

**Anexo 12-** Ejemplo de variación del Área de Histéresis para muestras de 6lb de Cosecha 1.

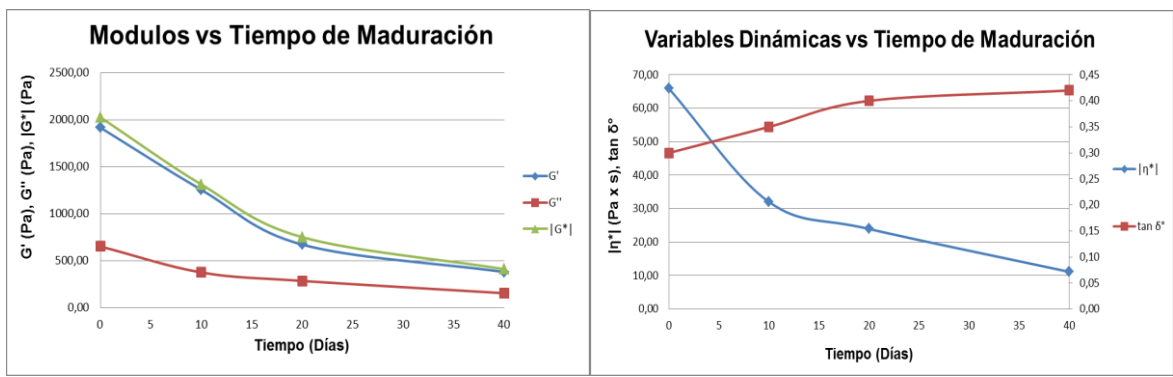


<i>Tiempo de Almacenamiento (Días)</i>	<i>Resistencia del fruto (lb) y Temperatura de almacenamiento</i>	<i>Área (Pa * s)</i>
0 (Pto 0)	6 (5°C)	3278
10 (Pto 1)	6 (5°C)	1291
20 (Pto 2)	6 (5°C)	792,3
40 (Pto 3)	6 (5°C)	492,4

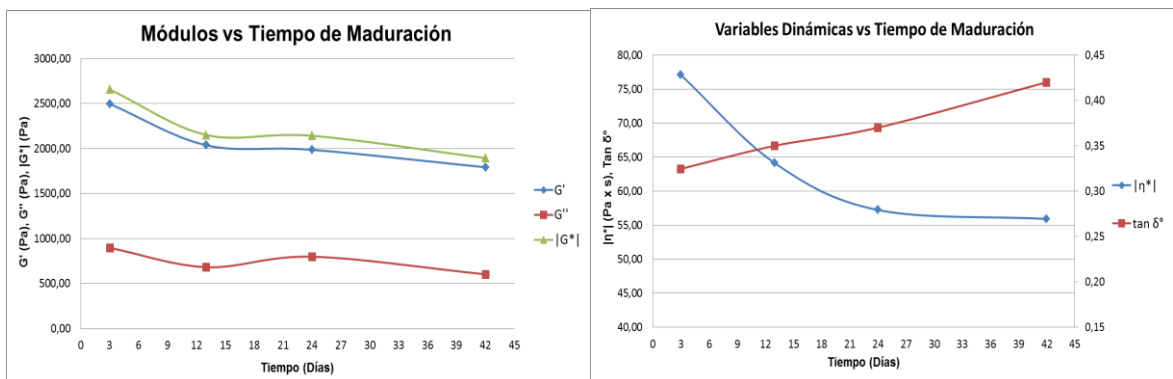
## Anexo 13- Curva de Variables Dinámicas

-COSECHA 1:

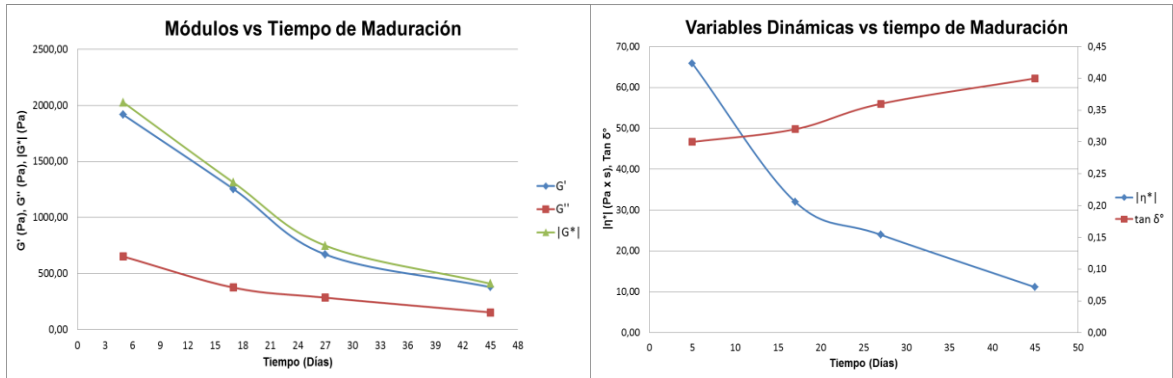
- Curva de Módulos, Viscosidad compleja y  $\tan \delta$  en relación al tiempo de maduración, para muestras a 6lb.



- Curva de Módulos, Viscosidad compleja y  $\tan \delta$  en relación al tiempo de maduración, para muestras a 4lb.

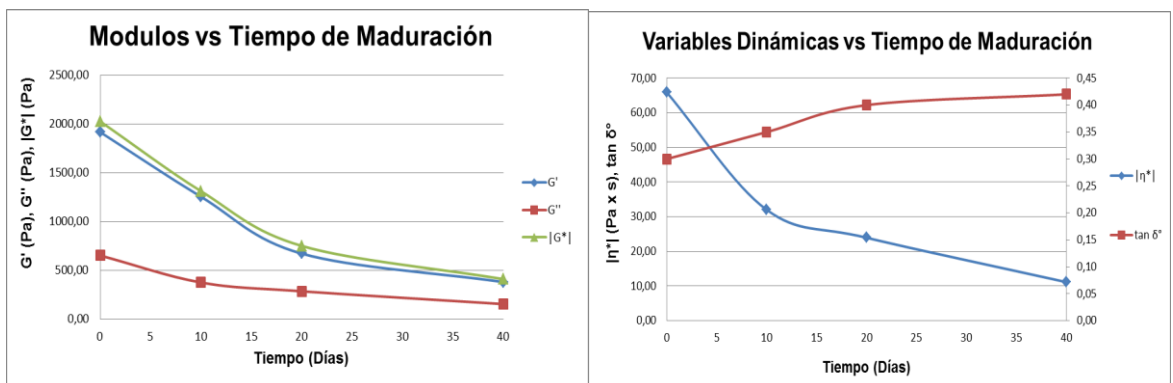


- Curva de Módulos, Viscosidad compleja y  $\tan \delta$  en relación al tiempo de maduración, para muestras a 2lb.

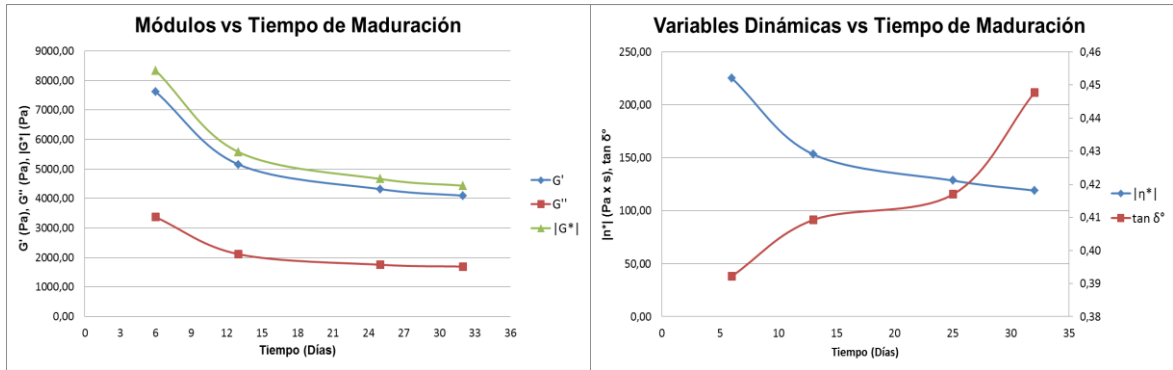


-COSECHA 2

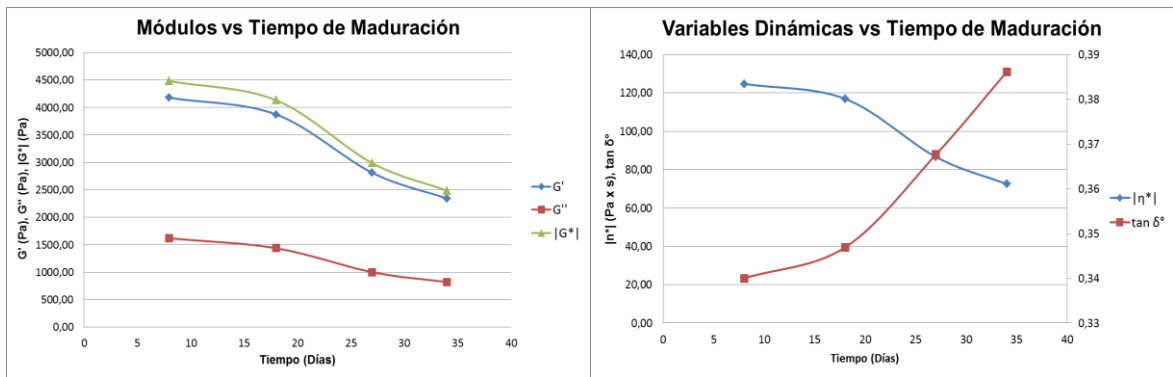
- Curva de Módulos, Viscosidad compleja y  $\tan \delta$  en relación al tiempo de maduración, para muestras a 6lb.



- Curva de Módulos, Viscosidad compleja y  $\tan \delta$  en relación al tiempo de maduración, para muestras a 4lb.



- Curva de Módulos, Viscosidad compleja y  $\tan \delta$  en relación al tiempo de maduración, para muestras a 2lb.



## Anexo 14- ANOVA Multifactorial para variables de Textura Cosecha 1.

### -Muestras de 6lb:

\* Fuerza:

#### Análisis de Varianza para Fuerza - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	82987,9	3	27662,6	15,24	0,0000
B:Zona	16472,1	8	2059,01	1,13	0,3768
RESIDUOS	43560,0	24	1815,0		
TOTAL (CORREGIDO)	143020,	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

#### El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Fuerza en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que un valor-P es menor que 0,05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Fuerza con un 95,0% de nivel de confianza.

#### Pruebas de Múltiple Rangos para Fuerza por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t3	9	173,567	14,2009	×
t2	9	213,162	14,2009	XX
t1	9	245,467	14,2009	×
t0	9	304,733	14,2009	×

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	59,2667	41,4497
t0 - t2	*	91,5711	41,4497
t0 - t3	*	131,167	41,4497
t1 - t2		32,3044	41,4497
t1 - t3	*	71,9	41,4497
t2 - t3		39,5956	41,4497

\* indica una diferencia significativa.

#### El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 4 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

\* Deformación:

#### Análisis de Varianza para Deformación - Suma de Cuadrados Tipo III





Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Tiempo de Almacenamiento	34,083	3	11,361	23,33	0,0000
B:Zona	7,5223	8	0,940287	1,93	0,1016
RESIDUOS	11,6849	24	0,48687		
TOTAL (CORREGIDO)	53,2902	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Deformación por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t3	9	3,66722	0,232587	X
t2	9	4,93133	0,232587	X
t1	9	5,799	0,232587	X
t0	9	6,208	0,232587	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		0,409	0,678874
t0 - t2	*	1,27667	0,678874
t0 - t3	*	2,54078	0,678874
t1 - t2	*	0,867667	0,678874
t1 - t3	*	2,13178	0,678874
t2 - t3	*	1,26411	0,678874

\* indica una diferencia significativa.

### \* Rigidez:

#### Análisis de Varianza para Rigidez - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Tiempo de Almacenamiento	333,489	3	111,163	2,99	0,0508
B:Zona	650,889	8	81,3612	2,19	0,0658
RESIDUOS	891,494	24	37,1456		
TOTAL (CORREGIDO)	1875,87	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Rigidez por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t1	9	42,3398	2,03157	X
t2	9	43,208	2,03157	X
t3	9	48,1457	2,03157	XX
t0	9	49,3867	2,03157	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	7,04689	5,92975
t0 - t2	*	6,17867	5,92975
t0 - t3		1,241	5,92975
t1 - t2		-0,868222	5,92975
t1 - t3		-5,80589	5,92975
t2 - t3		-4,93767	5,92975

\* indica una diferencia significativa.

## -Muestras de 4lb:

\* Fuerza:

### Análisis de Varianza para Fuerza - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	229,045	3	76,3484	326,98	0,0000
B:Zona	5,52508	8	0,690635	2,96	0,0188
RESIDUOS	5,60389	24	0,233495		
TOTAL (CORREGIDO)	240,174	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Fuerza por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t3	9	4,19833	0,161071	x
t2	9	5,09678	0,161071	x
t1	9	6,76056	0,161071	x
t0	9	10,7764	0,161071	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	4,01589	0,470135
t0 - t2	*	5,67967	0,470135
t0 - t3	*	6,57811	0,470135
t1 - t2	*	1,66378	0,470135
t1 - t3	*	2,56222	0,470135
t2 - t3	*	0,898444	0,470135

\* indica una diferencia significativa.

\* Deformación:

### Análisis de Varianza para Deformación - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	21,3878	3	7,12925	11,20	0,0001
B:Zona	4,14369	8	0,517962	0,81	0,5976
RESIDUOS	15,2731	24	0,636378		
TOTAL (CORREGIDO)	40,8045	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Deformación por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	9	1,26424	0,265911	x
t1	9	1,672	0,265911	xx
t2	9	2,25989	0,265911	x
t3	9	3,31333	0,265911	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-0,407756	0,776141

t0 - t2	*	-0,995644	0,776141
t0 - t3	*	-2,04909	0,776141
t1 - t2		-0,587889	0,776141
t1 - t3	*	-1,64133	0,776141
t2 - t3	*	-1,05344	0,776141

\* indica una diferencia significativa.

\* Rigidez:

#### Análisis de Varianza para Rigidez - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	299,364	3	99,7879	66,42	0,0000
B:Zona	3,93552	8	0,491941	0,33	0,9471
RESIDUOS	36,0577	24	1,5024		
TOTAL (CORREGIDO)	339,357	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

#### Pruebas de Múltiple Rangos para Rigidez por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t3	9	1,44889	0,408575	x
t2	9	2,27867	0,408575	x
t1	9	4,26189	0,408575	x
t0	9	8,89044	0,408575	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	4,62856	1,19255
t0 - t2	*	6,61178	1,19255
t0 - t3	*	7,44156	1,19255
t1 - t2	*	1,98322	1,19255
t1 - t3	*	2,813	1,19255
t2 - t3		0,829778	1,19255

\* indica una diferencia significativa.

#### -Muestras de 2lb:

#### Análisis de Varianza para Fuerza - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de almacenamiento	86,5303	3	28,8434	10,56	0,0001
B:Zona	34,7232	8	4,3404	1,59	0,1805
RESIDUOS	65,5643	24	2,73185		
TOTAL (CORREGIDO)	186,818	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

#### Pruebas de Múltiple Rangos para Fuerza por Tiempo de almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t3	9	2,12878	0,550943	x



t2	9	2,891	0,550943	XX
t1	9	4,02044	0,550943	X
t0	9	6,23889	0,550943	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	2,21844	1,60809
t0 - t2	*	3,34789	1,60809
t0 - t3	*	4,11011	1,60809
t1 - t2		1,12944	1,60809
t1 - t3	*	1,89167	1,60809
t2 - t3		0,762222	1,60809

\* indica una diferencia significativa.

\* Deformación:

#### Análisis de Varianza para Deformación - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de almacenamiento	6,54384	3	2,18128	10,34	0,0001
B:Zona	1,23621	8	0,154526	0,73	0,6621
RESIDUOS	5,06209	24	0,21092		
TOTAL (CORREGIDO)	12,8421	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

#### Pruebas de Múltiple Rangos para Deformación por Tiempo de almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	9	1,17244	0,153087	X
t2	9	1,445	0,153087	XX
t1	9	1,85867	0,153087	XX
t3	9	2,29894	0,153087	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	-0,686222	0,44683
t0 - t2		-0,272556	0,44683
t0 - t3	*	-1,1265	0,44683
t1 - t2		0,413667	0,44683
t1 - t3		-0,440278	0,44683
t2 - t3	*	-0,853944	0,44683

\* indica una diferencia significativa.

\* Rigidez:

#### Análisis de Varianza para Rigidez - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de almacenamiento	95,5322	3	31,8441	24,83	0,0000
B:Zona	16,2884	8	2,03605	1,59	0,1809
RESIDUOS	30,7824	24	1,2826		
TOTAL (CORREGIDO)	142,603	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

#### Pruebas de Múltiple Rangos para Rigidez por Tiempo de almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t3	9	0,9665	0,377506	X
t2	9	2,0938	0,377506	X
t1	9	2,22333	0,377506	X
t0	9	5,34989	0,377506	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	3,12656	1,10187
t0 - t2	*	3,25609	1,10187
t0 - t3	*	4,38339	1,10187
t1 - t2		0,129533	1,10187
t1 - t3	*	1,25683	1,10187
t2 - t3	*	1,1273	1,10187

\* indica una diferencia significativa.

## Anexo 15- ANOVA Multifactorial para variables de Textura Cosecha 2.

### -Muestras de 6lb:

\* Fuerza:

#### Análisis de Varianza para Fuerza - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	58230,3	3	19410,1	111,06	0,0000
B:Zona	1043,62	8	130,452	0,75	0,6510
RESIDUOS	4194,49	24	174,77		
TOTAL (CORREGIDO)	63468,4	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

#### Pruebas de Múltiple Rangos para Fuerza por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t3	9	184,178	4,40669	X
t2	9	201,368	4,40669	X
t1	9	225,378	4,40669	X
t0	9	290,156	4,40669	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	64,7778	12,8622
t0 - t2	*	88,7878	12,8622
t0 - t3	*	105,978	12,8622
t1 - t2	*	24,01	12,8622
t1 - t3	*	41,2	12,8622
t2 - t3	*	17,19	12,8622

\* indica una diferencia significativa.

\* Deformación:

**Análisis de Varianza para Deformación - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	1,83676	3	0,612254	3,37	0,0351
B:Zona	5,11854	8	0,639818	3,52	0,0079
RESIDUOS	4,36244	24	0,181768		
TOTAL (CORREGIDO)	11,3177	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Deformación por Tiempo de Almacenamiento**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t1	9	5,84367	0,142114	X
t3	9	5,994	0,142114	XX
t2	9	6,30578	0,142114	X
t0	9	6,39989	0,142114	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	0,556222	0,414803
t0 - t2		0,0941111	0,414803
t0 - t3		0,405889	0,414803
t1 - t2	*	-0,462111	0,414803
t1 - t3		-0,150333	0,414803
t2 - t3		0,311778	0,414803

\* indica una diferencia significativa.

\* Rigidez:

**Análisis de Varianza para Rigidez - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	1283,62	3	427,874	25,00	0,0000
B:Zona	291,955	8	36,4944	2,13	0,0725
RESIDUOS	410,765	24	17,1152		
TOTAL (CORREGIDO)	1986,34	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Rigidez por Tiempo de Almacenamiento**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t3	9	30,8249	1,37902	X
t2	9	32,1566	1,37902	X
t1	9	39,1528	1,37902	X
t0	9	45,7409	1,37902	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	6,58811	4,02508
t0 - t2	*	13,5843	4,02508
t0 - t3	*	14,916	4,02508



t1 - t2	*	6,99622	4,02508
t1 - t3	*	8,32789	4,02508
t2 - t3		1,33167	4,02508

\* indica una diferencia significativa.

## -Muestras de 4lb:

\* Fuerza:

### Análisis de Varianza para Fuerza - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	143,226	3	47,7422	63,87	0,0000
B:Zona	4,97989	8	0,622486	0,83	0,5829
RESIDUOS	17,9394	24	0,747475		
TOTAL (CORREGIDO)	166,146	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Fuerza por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t3	9	6,05222	0,288189	x
t2	9	6,67778	0,288189	x
t1	9	7,82444	0,288189	x
t0	9	11,2178	0,288189	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	3,39333	0,841165
t0 - t2	*	4,54	0,841165
t0 - t3	*	5,16556	0,841165
t1 - t2	*	1,14667	0,841165
t1 - t3	*	1,77222	0,841165
t2 - t3		0,625556	0,841165

\* indica una diferencia significativa.

\* Deformación:

### Análisis de Varianza para Deformación - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	4,71178	3	1,57059	3,74	0,0245
B:Zona	6,00765	8	0,750956	1,79	0,1288
RESIDUOS	10,0683	24	0,419513		
TOTAL (CORREGIDO)	20,7877	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Deformación por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
--------------------------	-------	----------	----------	-------------------

t0	9	1,60319	0,215899	x
t1	9	1,98456	0,215899	xx
t2	9	2,15589	0,215899	xx
t3	9	2,61067	0,215899	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-0,381367	0,630167
t0 - t2		-0,5527	0,630167
t0 - t3	*	-1,00748	0,630167
t1 - t2		-0,171333	0,630167
t1 - t3		-0,626111	0,630167
t2 - t3		-0,454778	0,630167

\* indica una diferencia significativa.

\* Rigidez:

#### Análisis de Varianza para Rigidez - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	246,431	3	82,1436	10,00	0,0002
B:Zona	88,9315	8	11,1164	1,35	0,2660
RESIDUOS	197,068	24	8,21116		
TOTAL (CORREGIDO)	532,43	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

#### Pruebas de Múltiple Rangos para Rigidez por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t3	9	2,41556	0,955171	x
t2	9	3,17178	0,955171	x
t1	9	4,52311	0,955171	x
t0	9	9,15533	0,955171	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	4,63222	2,78795
t0 - t2	*	5,98356	2,78795
t0 - t3	*	6,73978	2,78795
t1 - t2		1,35133	2,78795
t1 - t3		2,10756	2,78795
t2 - t3		0,756222	2,78795

\* indica una diferencia significativa.

#### -Muestras de 2lb:

\* Fuerza:

#### Análisis de Varianza para Fuerza - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	68,26	3	22,7533	42,81	0,0000





B:Zona	4,38076	8	0,547596	1,03	0,4411
RESIDUOS	12,7552	24	0,531466		
TOTAL (CORREGIDO)	85,3959	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Fuerza por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t3	9	2,45333	0,243006	X
t2	9	2,83367	0,243006	XX
t1	9	3,46111	0,243006	X
t0	9	5,98556	0,243006	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	2,52444	0,709285
t0 - t2	*	3,15189	0,709285
t0 - t3	*	3,53222	0,709285
t1 - t2		0,627444	0,709285
t1 - t3	*	1,00778	0,709285
t2 - t3		0,380333	0,709285

\* indica una diferencia significativa.

### \* Deformación:

#### Análisis de Varianza para Deformación - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	5,95051	3	1,9835	6,78	0,0018
B:Zona	1,57898	8	0,197372	0,67	0,7090
RESIDUOS	7,02327	24	0,292636		
TOTAL (CORREGIDO)	14,5528	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Deformación por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	9	1,32312	0,180319	X
t1	9	1,656	0,180319	XX
t2	9	1,91378	0,180319	XX
t3	9	2,43578	0,180319	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-0,332878	0,526316
t0 - t2	*	-0,590656	0,526316
t0 - t3	*	-1,11266	0,526316
t1 - t2		-0,257778	0,526316
t1 - t3	*	-0,779778	0,526316
t2 - t3		-0,522	0,526316

\* indica una diferencia significativa.

\* Rigidez:

**Análisis de Varianza para Rigidez - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	71,2718	3	23,7573	29,20	0,0000
B:Zona	8,98535	8	1,12317	1,38	0,2546
RESIDUOS	19,5245	24	0,813522		
TOTAL (CORREGIDO)	99,7817	35			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Rigidez por Tiempo de Almacenamiento**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t3	9	1,077	0,300651	X
t2	9	1,62933	0,300651	XX
t1	9	2,33344	0,300651	X
t0	9	4,76233	0,300651	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	2,42889	0,877541
t0 - t2	*	3,133	0,877541
t0 - t3	*	3,68533	0,877541
t1 - t2		0,704111	0,877541
t1 - t3	*	1,25644	0,877541
t2 - t3		0,552333	0,877541

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 16- ANOVA Multifactorial para variables de Colorimetría Cosecha 1.**

**-Muestras de 2lb:**

\* Luminosidad:

**Análisis de Varianza para Luminosidad - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	78,6875	3	26,2292	3,10	0,0817
B:Zona	25,1875	3	8,39583	0,99	0,4389
RESIDUOS	76,0625	9	8,45139		
TOTAL (CORREGIDO)	179,938	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Luminosidad por Tiempo de Almacenamiento**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t3	4	62,25	1,45356	X

t2	4	62,75	1,45356	X
t1	4	65,5	1,45356	XX
t0	4	67,75	1,45356	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		2,25	4,65021
t0 - t2	*	5,0	4,65021
t0 - t3	*	5,5	4,65021
t1 - t2		2,75	4,65021
t1 - t3		3,25	4,65021
t2 - t3		0,5	4,65021

\* indica una diferencia significativa.

\* Parámetro a\*:

#### Análisis de Varianza para Parámetro a - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	21,5	3	7,16667	9,21	0,0042
B:Zona	1,5	3	0,5	0,64	0,6066
RESIDUOS	7,0	9	0,777778		
TOTAL (CORREGIDO)	30,0	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

#### Pruebas de Múltiple Rangos para Parámetro a por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	4	-5,75	0,440959	X
t1	4	-4,0	0,440959	X
t2	4	-3,75	0,440959	XX
t3	4	-2,5	0,440959	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	-1,75	1,41071
t0 - t2	*	-2,0	1,41071
t0 - t3	*	-3,25	1,41071
t1 - t2		-0,25	1,41071
t1 - t3	*	-1,5	1,41071
t2 - t3		-1,25	1,41071

\* indica una diferencia significativa.

\* Parámetro b\*:

#### Análisis de Varianza para Parámetro b - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	69,0	3	23,0	1,61	0,2544
B:Zona	13,5	3	4,5	0,32	0,8142
RESIDUOS	128,5	9	14,2778		
TOTAL (CORREGIDO)	211,0	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Parámetro b por Tiempo de Almacenamiento**

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Tiempo de Almacenamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
t0	4	35,0	1,8893	X
t1	4	35,5	1,8893	X
t2	4	38,5	1,8893	X
t3	4	40,0	1,8893	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
t0 - t1		-0,5	6,0442
t0 - t2		-3,5	6,0442
t0 - t3		-5,0	6,0442
t1 - t2		-3,0	6,0442
t1 - t3		-4,5	6,0442
t2 - t3		-1,5	6,0442

\* indica una diferencia significativa.

**-Muestras de 4lb:**

\* Luminosidad:

**Análisis de Varianza para Luminosidad - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	48,6875	3	16,2292	1,45	0,2914
B:Zona	13,1875	3	4,39583	0,39	0,7609
RESIDUOS	100,563	9	11,1736		
TOTAL (CORREGIDO)	162,438	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Luminosidad por Tiempo de Almacenamiento**

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Tiempo de Almacenamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
t0	4	64,0	1,67135	X
t1	4	65,0	1,67135	X
t2	4	67,5	1,67135	X
t3	4	68,25	1,67135	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
t0 - t1		-1,0	5,34694
t0 - t2		-3,5	5,34694
t0 - t3		-4,25	5,34694
t1 - t2		-2,5	5,34694
t1 - t3		-3,25	5,34694
t2 - t3		-0,75	5,34694

\* indica una diferencia significativa.

\* Parámetro a\*:

### Análisis de Varianza para Parámetro a - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	46,6875	3	15,5625	5,94	0,0161
B:Zona	3,6875	3	1,22917	0,47	0,7109
RESIDUOS	23,5625	9	2,61806		
TOTAL (CORREGIDO)	73,9375	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Parámetro a por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	4	-6,75	0,80902	X
t1	4	-5,25	0,80902	XX
t2	4	-3,5	0,80902	XX
t3	4	-2,25	0,80902	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-1,5	2,5882
t0 - t2	*	-3,25	2,5882
t0 - t3	*	-4,5	2,5882
t1 - t2		-1,75	2,5882
t1 - t3	*	-3,0	2,5882
t2 - t3		-1,25	2,5882

\* indica una diferencia significativa.

### \* Parámetro b\*:

### Análisis de Varianza para Parámetro b - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	43,5	3	14,5	3,84	0,0508
B:Zona	5,5	3	1,83333	0,49	0,7008
RESIDUOS	34,0	9	3,77778		
TOTAL (CORREGIDO)	83,0	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Parámetro b por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	4	41,75	0,971825	X
t1	4	42,25	0,971825	X
t2	4	43,0	0,971825	XX
t3	4	46,0	0,971825	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-0,5	3,10904
t0 - t2		-1,25	3,10904
t0 - t3	*	-4,25	3,10904
t1 - t2		-0,75	3,10904
t1 - t3	*	-3,75	3,10904
t2 - t3		-3,0	3,10904

\* indica una diferencia significativa.

## -Muestras de 2lb:

\* Luminosidad:

### Análisis de Varianza para Luminosidad - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	11,1875	3	3,72917	0,27	0,8444
B:Zona	14,1875	3	4,72917	0,34	0,7941
RESIDUOS	123,563	9	13,7292		
TOTAL (CORREGIDO)	148,938	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Luminosidad por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	4	68,0	1,85264	X
t1	4	68,5	1,85264	X
t2	4	69,0	1,85264	X
t3	4	70,25	1,85264	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-0,5	5,92694
t0 - t2		-1,0	5,92694
t0 - t3		-2,25	5,92694
t1 - t2		-0,5	5,92694
t1 - t3		-1,75	5,92694
t2 - t3		-1,25	5,92694

\* indica una diferencia significativa.

\* Parámetro a\*:

### Análisis de Varianza para Parámetro a - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	139,25	3	46,4167	45,16	0,0000
B:Zona	9,25	3	3,08333	3,00	0,0877
RESIDUOS	9,25	9	1,02778		
TOTAL (CORREGIDO)	157,75	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Parámetro a por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	4	-7,0	0,506897	X
t1	4	-5,75	0,506897	X
t2	4	-2,25	0,506897	X
t3	4	0,5	0,506897	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
-----------	------	------------	-------------

t0 - t1		-1,25	1,62165
t0 - t2	*	-4,75	1,62165
t0 - t3	*	-7,5	1,62165
t1 - t2	*	-3,5	1,62165
t1 - t3	*	-6,25	1,62165
t2 - t3	*	-2,75	1,62165

\* indica una diferencia significativa.

\* **Parámetro b\***:

**Análisis de Varianza para Parámetro b - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Tiempo de Almacenamiento	195,25	3	65,0833	10,90	0,0024
B:Zona	26,75	3	8,91667	1,49	0,2814
RESIDUOS	53,75	9	5,97222		
TOTAL (CORREGIDO)	275,75	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Parámetro b por Tiempo de Almacenamiento**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	4	41,75	1,22191	X
t1	4	42,25	1,22191	X
t2	4	47,5	1,22191	X
t3	4	50,0	1,22191	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-0,5	3,9091
t0 - t2	*	-5,75	3,9091
t0 - t3	*	-8,25	3,9091
t1 - t2	*	-5,25	3,9091
t1 - t3	*	-7,75	3,9091
t2 - t3		-2,5	3,9091

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo 17- ANOVA Multifactorial para variables de Colorimetría Cosecha 2.**

**-Muestras de 2lb:**

\* **Luminosidad:**

**Análisis de Varianza para Luminosidad - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Tiempo de Almacenamiento	358,688	3	119,563	5,74	0,0179
B:Zona	65,1875	3	21,7292	1,04	0,4196

RESIDUOS	187,563	9	20,8403		
TOTAL (CORREGIDO)	611,438	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Luminosidad por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	4	59,25	2,28256	X
t1	4	61,0	2,28256	X
t2	4	65,5	2,28256	XX
t3	4	71,5	2,28256	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-1,75	7,30231
t0 - t2		-6,25	7,30231
t0 - t3	*	-12,25	7,30231
t1 - t2		-4,5	7,30231
t1 - t3	*	-10,5	7,30231
t2 - t3		-6,0	7,30231

\* indica una diferencia significativa.

### \* Parámetro a\*:

#### Análisis de Varianza para Parámetro a - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	114,188	3	38,0625	13,14	0,0012
B:Zona	6,6875	3	2,22917	0,77	0,5393
RESIDUOS	26,0625	9	2,89583		
TOTAL (CORREGIDO)	146,938	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Parámetro a por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	4	-8,0	0,850857	X
t1	4	-5,0	0,850857	X
t2	4	-2,0	0,850857	X
t3	4	-1,25	0,850857	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	-3,0	2,72205
t0 - t2	*	-6,0	2,72205
t0 - t3	*	-6,75	2,72205
t1 - t2	*	-3,0	2,72205
t1 - t3	*	-3,75	2,72205
t2 - t3		-0,75	2,72205

\* indica una diferencia significativa.

### \* Parámetro b\*:

#### Análisis de Varianza para Parámetro b - Suma de Cuadrados Tipo III



Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Tiempo de Almacenamiento	162,5	3	54,1667	5,24	0,0229
B:Zona	96,5	3	32,1667	3,11	0,0812
<b>RESIDUOS</b>	93,0	9	10,3333		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	352,0	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Parámetro b por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t2	4	49,75	1,60728	X
t3	4	51,0	1,60728	XX
t0	4	56,0	1,60728	XX
t1	4	57,25	1,60728	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-1,25	5,14196
t0 - t2	*	6,25	5,14196
t0 - t3		5,0	5,14196
t1 - t2	*	7,5	5,14196
t1 - t3	*	6,25	5,14196
t2 - t3		-1,25	5,14196

\* indica una diferencia significativa.

### -Muestras de 4lb:

\* Luminosidad:

#### Análisis de Varianza para Luminosidad - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Tiempo de Almacenamiento	334,688	3	111,563	20,06	0,0003
B:Zona	43,6875	3	14,5625	2,62	0,1151
<b>RESIDUOS</b>	50,0625	9	5,5625		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	428,438	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Luminosidad por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	4	61,5	1,17925	X
t1	4	64,5	1,17925	X
t2	4	69,25	1,17925	X
t3	4	73,5	1,17925	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-3,0	3,77263
t0 - t2	*	-7,75	3,77263

t0 - t3	*	-12,0	3,77263
t1 - t2	*	-4,75	3,77263
t1 - t3	*	-9,0	3,77263
t2 - t3	*	-4,25	3,77263

\* indica una diferencia significativa.

\* **Parámetro a\***:

**Análisis de Varianza para Parámetro a - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Tiempo de Almacenamiento	89,6875	3	29,8958	17,29	0,0004
B:Zona	3,1875	3	1,0625	0,61	0,6227
RESIDUOS	15,5625	9	1,72917		
TOTAL (CORREGIDO)	108,438	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Parámetro a por Tiempo de Almacenamiento**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	4	-6,5	0,657489	X
t1	4	-3,25	0,657489	X
t2	4	-1,0	0,657489	X
t3	4	-0,5	0,657489	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	-3,25	2,10343
t0 - t2	*	-5,5	2,10343
t0 - t3	*	-6,0	2,10343
t1 - t2	*	-2,25	2,10343
t1 - t3	*	-2,75	2,10343
t2 - t3		-0,5	2,10343

\* indica una diferencia significativa.

\* **Parámetro b\***:

**Análisis de Varianza para Parámetro b - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Tiempo de Almacenamiento	89,25	3	29,75	17,00	0,0005
B:Zona	8,75	3	2,91667	1,67	0,2427
RESIDUOS	15,75	9	1,75		
TOTAL (CORREGIDO)	113,75	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Parámetro b por Tiempo de Almacenamiento**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	4	48,75	0,661438	X
t1	4	50,25	0,661438	X
t2	4	52,5	0,661438	X

t3	4	55,0	0,661438	X
----	---	------	----------	---

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-1,5	2,11606
t0 - t2	*	-3,75	2,11606
t0 - t3	*	-6,25	2,11606
t1 - t2	*	-2,25	2,11606
t1 - t3	*	-4,75	2,11606
t2 - t3	*	-2,5	2,11606

\* indica una diferencia significativa.

## -Muestras de 2lb:

\* Luminosidad:

### Análisis de Varianza para Luminosidad - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	437,0	3	145,667	12,08	0,0017
B:Zona	7,5	3	2,5	0,21	0,8888
RESIDUOS	108,5	9	12,0556		
TOTAL (CORREGIDO)	553,0	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Luminosidad por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	4	63,0	1,73606	X
t1	4	66,5	1,73606	X
t2	4	73,5	1,73606	X
t3	4	76,0	1,73606	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-3,5	5,55396
t0 - t2	*	-10,5	5,55396
t0 - t3	*	-13,0	5,55396
t1 - t2	*	-7,0	5,55396
t1 - t3	*	-9,5	5,55396
t2 - t3		-2,5	5,55396

\* indica una diferencia significativa.

\* Parámetro a\*:

### Análisis de Varianza para Parámetro a - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	68,0	3	22,6667	6,80	0,0109
B:Zona	22,0	3	7,33333	2,20	0,1577
RESIDUOS	30,0	9	3,33333		

TOTAL (CORREGIDO)	120,0	15			
-------------------	-------	----	--	--	--

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Parámetro a por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	4	-3,5	0,912871	X
t1	4	-2,5	0,912871	X
t2	4	0,5	0,912871	X
t3	4	1,5	0,912871	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-1,0	2,92044
t0 - t2	*	-4,0	2,92044
t0 - t3	*	-5,0	2,92044
t1 - t2	*	-3,0	2,92044
t1 - t3	*	-4,0	2,92044
t2 - t3		-1,0	2,92044

\* indica una diferencia significativa.

### \* Parámetro b\*:

#### Análisis de Varianza para Parámetro b - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	7,25	3	2,41667	0,42	0,7430
B:Zona	24,75	3	8,25	1,43	0,2959
RESIDUOS	51,75	9	5,75		
TOTAL (CORREGIDO)	83,75	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

### Pruebas de Múltiple Rangos para Parámetro b por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	4	49,0	1,19896	X
t2	4	50,25	1,19896	X
t1	4	50,5	1,19896	X
t3	4	50,75	1,19896	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-1,5	3,83568
t0 - t2		-1,25	3,83568
t0 - t3		-1,75	3,83568
t1 - t2		0,25	3,83568
t1 - t3		-0,25	3,83568
t2 - t3		-0,5	3,83568

\* indica una diferencia significativa.

## Anexo 18- Tablas Maestras para Correlación

\*COSECHA 1:

C1	Tiempo de Maduración a 5°C (6lb)	K (Pa x s)	n	$\sigma_0$ (Pa)	G* (Pa)	Fmáx (N)	L* (Pulpa)	a*/b* (Pulpa)	Índice de Peróxidos	Índice de pAnisidina
	0	5176	0,00205	93	5555,69	304,73	62,25	-0,17	---	2,58
	10	569,4	0,00288	67,11	3184,69	226,79	62,75	-0,14	17,33	2,79
	20	357,2	0,03468	51,85	2814,08	186,50	65,50	-0,10	23,52	10,55
	40	121,1	0,07851	44,05	2337,12	127,03	67,75	-0,06	33,65	13,85

Tiempo de Maduración a 20°C (4lb)	K (Pa x s)	n	$\sigma_0$ (Pa)	G* (Pa)	Fmáx (N)	L* (Pulpa)	a*/b* (Pulpa)	Índice de Peróxidos	Índice de pAnisidina
3	179,93	0,1798	64,87	2656,62	10,78	64,00	-0,16	---	---
13	156,1	0,1814	56,71	2152,46	6,76	65,00	-0,12	22,47	2,36
24	114,8	0,2182	48,68	2142,77	5,10	67,50	-0,08	47,22	7,25
42	94,26	0,2201	42,74	1895,31	4,20	68,25	-0,05	33,20	12,37

Tiempo de Maduración a 20°C (2lb)	K (Pa x s)	n	$\sigma_0$ (Pa)	G* (Pa)	Fmáx (N)	L* (Pulpa)	a*/b* (Pulpa)	Índice de Peróxidos	Índice de pAnisidina
5	89,25	0,1811	43,07	2025,31	6,40	68,00	-0,14	18,45	0,51
17	87,97	0,1869	38,94	1310,50	5,19	68,50	-0,11	17,93	---
27	83,24	0,1902	38,18	749,43	4,70	69,00	-0,05	65,55	6,37
45	68,91	0,1974	31,88	409,40	3,40	70,25	0,01	68,25	18,54

\*COSECHA 2:

C2

Tiempo de Maduración a 5°C (6lb)	K (Pa x s)	n	$\sigma_0$ (Pa)	G* (Pa)	Fmáx (N)	L* (Pulpa)	a*/b* (Pulpa)	Índice de Peróxidos	Índice de pAnisidina
0	187	0,04604	74,68	8340,15	290,20	59,25	-0,14	55,48	2,83
10	160,5	0,05832	35,12	5575,23	225,40	61,00	-0,09	30,52	2,77
20	130,9	0,06723	34,67	4661,23	201,40	65,50	-0,04	36,65	0,90
30	120	0,1146	17,43	4431,92	184,20	71,50	-0,02	16,64	3,72

Tiempo de Maduración a 20°C (4lb)	K (Pa x s)	n	$\sigma_0$ (Pa)	G* (Pa)	Fmáx (N)	L* (Pulpa)	a*/b* (Pulpa)	Índice de Peróxidos	Índice de pAnisidina
6	174,9	0,2028	65,54	4482,46	11,22	61,50	-0,13	70,09	0,15
13	162,6	0,2272	58,12	4132,85	7,82	64,50	-0,06	38,15	4,32
25	148,2	0,2366	53,13	2986,85	6,68	69,25	-0,02	67,45	0,22
32	146,4	0,2521	48,12	2484,54	6,05	73,50	-0,01	15,62	4,12

Tiempo de Maduración a 20°C (2lb)	K (Pa x s)	n	$\sigma_0$ (Pa)	G* (Pa)	Fmáx (N)	L* (Pulpa)	a*/b* (Pulpa)	Índice de Peróxidos	Índice de pAnisidina
8	130,9	0,184	53,36	2184,15	5,99	63,00	-0,07	91,60	2,92
18	125,4	0,1962	45,59	2155,00	3,46	66,50	-0,05	45,56	1,45
27	84,71	0,2233	40,37	1773,92	2,83	73,50	0,01	40,08	5,24
34	73,93	0,2314	40,06	906,40	2,45	76,00	0,03	15,37	3,68

**Anexo 19-** Restricciones respectivas para cada ecuación.

**- Restricciones para correlaciones entre variables para muestras a 6 lb (5°C)**

\*IP vs tiempo – t: [0 ; 40]

\*IP vs Fmax – Fmax: [50 ; 330]

\*IP vs n – n: [0 ; 1]

\*IP vs  $a^*/b^*$  -  $a^*/b^*$ : [-0,05 ; -0,3]

\*Fmax vs tiempo – t: [0 ; 40]

\*n vs tiempo – t: [0 ; 40]

\* $a^*/b^*$  vs tiempo – t: [0 ; 40]

**- Restricciones para correlaciones entre variables para muestras a 4 lb (20°C)**

\*IpA vs tiempo – t: [10 ; 50]

\*IpA vs Fmax – Fmax: [1 ; 20]

\*IpA vs n – n: [0,1750 ; 0,2300]

\*IpA vs  $a^*/b^*$  -  $a^*/b^*$ : [-0,05 ; 0,05]

\*Fmax vs tiempo – t: [1 ; 45]

\* $a^*/b^*$  vs tiempo – t: [0 ; 45]

**- Restricciones para correlaciones entre variables para muestras a 2 lb (20°C)**

\*IpA vs tiempo – t: [1 ; 50]

\*IpA vs Fmax – Fmax: [6,50 ; 2,00]

\*IpA vs n – n: [0,1800 ; 0,2000]

\*IpA vs  $a^*/b^*$  -  $a^*/b^*$ : [-0,14 ; 0,05]

\*Fmax vs tiempo – t: [0 ; 50]

\*n vs tiempo – t: [0 ; 50]

\*a\*/b\* vs tiempo – t: [0 ; 50]

**- Restricciones para correlaciones entre variables físicas para muestras a 6,  
4 y 2 lb**

- COSECHA 1

- 6lb:

\*Fmax vs K – K: [120 ; 5200]

\*Fmax vs  $\sigma_o$  -  $\sigma_o$ : [40 ; 100]

\*Fmax vs G\* - G\*: [2300 ; 5600]

-4lb:

\*Fmax vs K – K: [90 ; 200]

\*Fmax vs  $\sigma_o$  -  $\sigma_o$ : [40 ; 70]

\*Fmax vs G\* - G\*: [1800 ; 2700]

-2lb:

\*Fmax vs K – K: [60 ; 100]

\*Fmax vs  $\sigma_o$  -  $\sigma_o$ : [20 ; 50]

\*Fmax vs G\* - G\*: [400 ; 2100]

- COSECHA 2

- 6lb:

\*Fmax vs K – K: [100 ; 200]

\*Fmax vs  $\sigma_o$  -  $\sigma_o$ : [15 ; 75]

\*Fmax vs G\* - G\*: [4400 ; 8400]



-4lb:

\*Fmax vs K – K: [140 ; 180]

\*Fmax vs  $\sigma_o - \sigma_o$ : [45 ; 70]

\*Fmax vs G\* - G\*: [2400 ; 4500]

-2lb:

\*Fmax vs K – K: [70 ; 135]

\*Fmax vs  $\sigma_o - \sigma_o$ : [38 ; 55]

\*Fmax vs G\* - G\*: [900 ; 2200]

## Anexo 20- ANOVA Multifactorial para variables sensoriales Cosecha 1.

### -Muestras de 6lb:

\*Color:

#### Análisis de Varianza para Color - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	77,7407	3	25,9136	7,39	0,0008
B:Juez	30,9464	10	3,09464	0,88	0,5594
RESIDUOS	105,212	30	3,50706		
TOTAL (CORREGIDO)	213,899	43			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

#### Pruebas de Múltiple Rangos para Color por Tiempo de Almacenamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	11	2,59091	0,564645	X
t1	11	3,05455	0,564645	X
t2	11	3,23636	0,564645	X
t3	11	5,98182	0,564645	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-0,463636	1,63082
t0 - t2		-0,645455	1,63082
t0 - t3	*	-3,39091	1,63082
t1 - t2		-0,181818	1,63082
t1 - t3	*	-2,92727	1,63082
t2 - t3	*	-2,74545	1,63082

\* indica una diferencia significativa.

\*Textura:

**Análisis de Varianza para Textura - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	7,1025	3	2,3675	2,85	0,0538
B:Juez	13,9791	10	1,39791	1,68	0,1307
RESIDUOS	24,89	30	0,829667		
TOTAL (CORREGIDO)	45,9716	43			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Textura por Tiempo de Almacenamiento**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	11	0,581818	0,274635	x
t1	11	0,7	0,274635	x
t2	11	1,01818	0,274635	xx
t3	11	1,61818	0,274635	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-0,118182	0,793204
t0 - t2		-0,436364	0,793204
t0 - t3	*	-1,03636	0,793204
t1 - t2		-0,318182	0,793204
t1 - t3	*	-0,918182	0,793204
t2 - t3		-0,6	0,793204

\* indica una diferencia significativa.

**-Muestras de 4lb:**

\*Color:

**Análisis de Varianza para Color - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	36,5261	2	18,263	14,30	0,0001
B:Juez	31,4739	10	3,14739	2,46	0,0412
RESIDUOS	25,5406	20	1,27703		
TOTAL (CORREGIDO)	93,5406	32			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Color por Tiempo de Almacenamiento**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t1	11	4,27273	0,340725	x
t2	11	6,41818	0,340725	x
t3	11	6,58182	0,340725	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t1 - t2	*	-2,14545	1,00514
t1 - t3	*	-2,30909	1,00514

t2 - t3		-0,163636	1,00514
---------	--	-----------	---------

\* indica una diferencia significativa.

\*Textura:

**Análisis de Varianza para Textura - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	1,38727	2	0,693636	0,67	0,5244
B:Juez	6,29576	10	0,629576	0,61	0,7915
RESIDUOS	20,8061	20	1,0403		
TOTAL (CORREGIDO)	28,4891	32			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Textura por Tiempo de Almacenamiento**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t1	11	6,75455	0,307527	x
t2	11	7,04545	0,307527	x
t3	11	7,25455	0,307527	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t1 - t2		-0,290909	0,907207
t1 - t3		-0,5	0,907207
t2 - t3		-0,209091	0,907207

\* indica una diferencia significativa.

**-Muestras de 2lb:**

\*Color:

**Análisis de Varianza para Color - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo de Almacenamiento	94,4473	3	31,4824	14,07	0,0000
B:Juez	35,1064	10	3,51064	1,57	0,1644
RESIDUOS	67,1427	30	2,23809		
TOTAL (CORREGIDO)	196,696	43			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Color por Tiempo de Almacenamiento**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	11	4,92727	0,451069	x
t1	11	5,38182	0,451069	x
t2	11	7,96364	0,451069	x
t3	11	8,16364	0,451069	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1		-0,454545	1,30278

t0 - t2	*	-3,03636	1,30278
t0 - t3	*	-3,23636	1,30278
t1 - t2	*	-2,58182	1,30278
t1 - t3	*	-2,78182	1,30278
t2 - t3		-0,2	1,30278

\* indica una diferencia significativa.

\*Textura:

**Análisis de Varianza para Textura - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Tiempo de Almacenamiento	56,1443	3	18,7148	10,64	0,0001
B:Juez	15,1423	10	1,51423	0,86	0,5778
RESIDUOS	52,7832	30	1,75944		
TOTAL (CORREGIDO)	124,07	43			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Pruebas de Múltiple Rangos para Textura por Tiempo de Almacenamiento**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tiempo de Almacenamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
t0	11	5,86364	0,399936	x
t1	11	8,21818	0,399936	x
t2	11	8,48182	0,399936	x
t3	11	8,64545	0,399936	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
t0 - t1	*	-2,35455	1,1551
t0 - t2	*	-2,61818	1,1551
t0 - t3	*	-2,78182	1,1551
t1 - t2		-0,263636	1,1551
t1 - t3		-0,427273	1,1551
t2 - t3		-0,163636	1,1551

\* indica una diferencia significativa.