

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Tesis

Influencia de localidad, estado de madurez y variedad del fruto de la palta (*Persea americana*)  
sobre las características fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos de la región de Apurímac,  
2024

Presentado por:

Nefty Contreras Alarcón

Para optar el título de Ingeniero Agroindustrial

Abancay, Perú

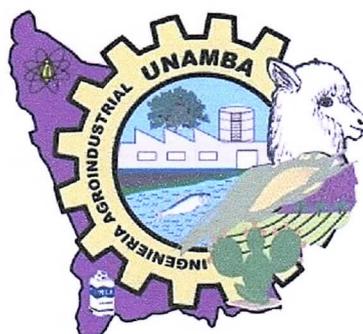
2024



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



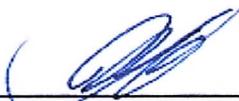
TESIS

**Influencia de localidad, estado de madurez y variedad del fruto de la palta (*Persea americana*) sobre las características fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos de la región de Apurímac, 2024**

Presentado por **Nefty Contreras Alarcón**, para optar el Título de: Ingeniero Agroindustrial

Sustentado y aprobado 13 de setiembre de 2024, ante el jurado evaluador:

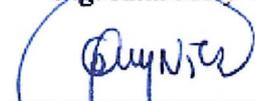
**Presidente:**

  
\_\_\_\_\_  
*Dr. Joffre Huamán Núñez*

**Primer Miembro:**

  
\_\_\_\_\_  
*Ing. Ruth Mery Ccopa Flores*

**Segundo Miembro:**

  
\_\_\_\_\_  
*Dr. Anderson Núñez Fernández*

**Asesores:**

  
\_\_\_\_\_  
*PhD. Fulgencio Vilcanqui Perez*

  
\_\_\_\_\_  
*Mg. Félix Terán Hilares*



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 168-2024

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada: **“Influencia de localidad, estado de madurez y variedad del fruto de la palta (*Persea americana*) sobre las características fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos de la región de Apurímac, 2024”** presentado por la Bach. Nefty CONTRERAS ALARCON, Para optar el Título de **Ingeniero Agroindustrial**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud **ACEPTABLE de (7%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 09 de setiembre del 2024

  
**Dr. Linta Contreras Salas**  
DIRECTOR(E) DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.  
Archivo  
REG. N° 645

## **Agradecimiento**

*A Dios todo poderoso, fuente de sabiduría y fortaleza, por guiarme y sostenerme en este camino, que me permitió alcanzar una de mis anheladas metas.*

*A la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac por brindarme una formación académica de excelencia y un ambiente propicio para el crecimiento intelectual. Reconozco la valiosa contribución de los docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial en mi formación profesional y personal, por su apoyo, motivación y recursos, que me brindaron.*

*A mis asesores, PhD. Fulgencio Vilcanqui Pérez y Mg. Félix Terán Hilares por su guía y orientación experta durante todo el proceso de investigación, su apoyo y dedicación fueron fundamentales para la realización de esta tesis.*

*Esta tesis fue ganadora y financiada totalmente, a través del vicerrectorado de investigación de la UNAMBA, mediante el V concurso de investigación científica y tecnológica de proyectos de tesis de pregrado, financiado con fondos de canon, sobrecanon y regalías mineras 2023.*



## Dedicatoria

*Dedico este trabajo, a mis Padres **Américo** y **Norma**, quienes han sido mi guía, apoyo y fuente de inspiración en mi vida. Su amor incondicional y dedicación han sido fundamentales para mi crecimiento personal y académico, agradezco su presencia constante, su aliento y su fe en mí. Este logro es también suyo, gracias por creer en mí.*

*A mis hermanas Nancy, Verónica y Yessica que me enseñaron el valor de la perseverancia, la honestidad y determinación, por todo el amor y apoyo incondicional que me brindaron.*

*A mis queridos sobrinos Mariangel y Fabrizio, mis pequeños amigos, que me han acompañado en este camino con su alegría y entusiasmo. Que este logro les muestre que la educación es la clave para un futuro brillante.*

*A Michael, quien me ha enseñado que el amor y el esfuerzo pueden conquistar cualquier obstáculo. Gracias por estar siempre a mi lado.*



Influencia de localidad, estado de madurez y variedad del fruto de la palta (*Persea americana*)  
sobre las características fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos de la región de Apurímac,  
2024

Línea de investigación: Caracterización, desarrollo de procesos e innovación en la  
agroindustria.

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	4
<b>CAPÍTULO I</b> .....	5
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	5
1.1 Descripción del problema .....	5
1.2 Enunciado del problema .....	6
1.2.1 Problema general.....	6
1.2.2 Problemas específicos .....	6
1.3 Justificación de la investigación .....	6
<b>CAPÍTULO II</b> .....	9
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	9
2.1 Objetivos de la investigación .....	9
2.1.1 Objetivo general .....	9
2.1.2 Objetivos específicos.....	9
2.2 Hipótesis de la investigación.....	9
2.2.1 Hipótesis general.....	9
2.2.2 Hipótesis específica.....	9
2.3 Operacionalización de variables.....	10
<b>CAPITULO III</b> .....	11
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	11
3.1 Antecedentes .....	11
3.2 Marco teórico .....	15
3.2.1 Biodiversidad en Apurímac.....	15
3.2.2 Palta (Persea americana) .....	16
3.2.3 Clasificación taxonómica.....	18
3.2.4 Composición química .....	18
3.2.5 Variedad .....	20
3.2.6 Desarrollo fisiológico de la palta .....	22
3.2.7 Índice de madurez .....	23
3.2.8 Características fisicoquímicas del fruto .....	25

3.2.9	Sistema CIE.....	29
3.2.10	Ácidos grasos.....	31
3.2.11	Producción y exportación de la palta peruana.....	35
3.2.12	Diseño de experimentos.....	39
3.3	Marco conceptual.....	42
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>44</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>		<b>44</b>
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	44
4.2	Diseño de investigación.....	44
4.3	Población y muestra.....	44
4.3.1	Población.....	44
4.3.2	Muestra.....	45
4.4	Procedimiento.....	45
4.5	Técnicas e instrumentos.....	46
4.5.1	Materiales.....	49
4.5.2	Reactivos.....	49
4.5.3	Equipos.....	49
4.6	Estadístico de investigación.....	50
4.7	Hipótesis estadísticas.....	51
<b>CAPITULO V.....</b>		<b>52</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>		<b>52</b>
5.1	Análisis de resultados.....	52
5.2	Contrastación de hipótesis.....	69
5.3	Discusiones.....	71
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>78</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>78</b>
6.1	Conclusiones.....	78
6.2	Recomendaciones.....	79
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>80</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>86</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> — Operacionalización de variables.....	10
<b>Tabla 2</b> — Superficie sembrada (Ha) de los principales cultivos en Apurímac.....	16
<b>Tabla 3</b> — Composición química de la palta variedad Fuerte y Hass.....	20
<b>Tabla 4</b> — Atributos del color.....	28
<b>Tabla 5</b> — Ácidos grasos saturados.....	33
<b>Tabla 6</b> — Ácidos grasos insaturados.....	34
<b>Tabla 7</b> — Composición lipídica del fruto de la palta.....	35
<b>Tabla 8</b> — Producción de principales productos agropecuarios en la Región de Apurímac (Miles de toneladas).....	37
<b>Tabla 9</b> — ANOVA para el diseño factorial axbxc (3x2x2).....	42
<b>Tabla 10</b> — Datos geográficos de las tres localidades de producción de palta.....	45
<b>Tabla 11</b> — Características fisicoquímicas del fruto de la palta de diferentes localidades, estado de madurez y variedad.....	52
<b>Tabla 12</b> — ANOVA para materia seca.....	53
<b>Tabla 13</b> — ANOVA para humedad.....	54
<b>Tabla 14</b> — ANOVA para el contenido de aceite.....	55
<b>Tabla 15</b> — Parámetros del color de la cascara del fruto de la palta de diferentes localidades, estado de madurez y variedad.....	57
<b>Tabla 16</b> — ANOVA para la luminosidad (L*).....	58
<b>Tabla 17</b> — ANOVA para la coordenada (a*).....	59
<b>Tabla 18</b> — ANOVA para la coordenada (b*).....	60
<b>Tabla 19</b> — ANOVA para el croma (C*).....	61
<b>Tabla 20</b> — ANOVA para el tono (h°).....	62

<b>Tabla 21</b> — Perfil y composición de los ácidos grasos del aceite de palta de diferentes localidades, estado de madurez y variedad.....	64
<b>Tabla 22</b> — ANOVA para el ácido palmítico .....	65
<b>Tabla 23</b> — ANOVA para el ácido palmitoleico .....	66
<b>Tabla 24</b> — ANOVA para el ácido oleico.....	67
<b>Tabla 25</b> — ANOVA para el ácido elaídico.....	68
<b>Tabla 26</b> — ANOVA para el ácido linoleico .....	69
<b>Tabla 27</b> — Datos del análisis de materia seca, humedad y aceite .....	87
<b>Tabla 28</b> — Datos del análisis del color de la cascara del fruto de la palta .....	88
<b>Tabla 29</b> — Datos del análisis del perfil de los ácidos grasos del fruto de la palta .....	89
<b>Tabla 30</b> — Análisis de varianza para la materia seca (SC tipo III) .....	90
<b>Tabla 31</b> — Análisis de Tukey para la materia seca .....	91
<b>Tabla 32</b> — Análisis de varianza para la humedad (SC tipo III).....	92
<b>Tabla 33</b> — Análisis de Tukey para la humedad.....	93
<b>Tabla 34</b> — Análisis de varianza para el aceite (SC tipo III) .....	94
<b>Tabla 35</b> — Análisis de Tukey para el aceite .....	95
<b>Tabla 36</b> — Análisis de varianza para la luminosidad (SC tipo III) .....	96
<b>Tabla 37</b> — Análisis de Tukey para la luminosidad.....	97
<b>Tabla 38</b> — Análisis de varianza para la coordenada a* (SC tipo III) .....	98
<b>Tabla 39</b> — Análisis de Tukey para la coordenada a* .....	99
<b>Tabla 40</b> — Análisis de varianza para la coordenada b* (SC tipo III).....	100
<b>Tabla 41</b> — Análisis de Tukey Para la coordenada b*.....	101
<b>Tabla 42</b> — Análisis de varianza para el croma (SC tipo III) .....	102
<b>Tabla 43</b> — Análisis de Tukey para el croma (C*) .....	103
<b>Tabla 44</b> — Análisis de varianza para el tono (SC tipo III) .....	104
<b>Tabla 45</b> — Análisis de Tukey para el tono (h°) .....	105
<b>Tabla 46</b> — Análisis de varianza para el ácido palmítico (SC tipo III) .....	106
<b>Tabla 47</b> — Análisis de Tukey para el ácido palmítico.....	107
<b>Tabla 48</b> — Análisis de varianza para el ácido palmitoleico (SC tipo III).....	108
<b>Tabla 49</b> — Análisis de Tukey para el ácido palmitoleico.....	109
<b>Tabla 50</b> — Análisis de varianza para el ácido oleico (SC tipo III).....	110



<b>Tabla 51</b> — Análisis de Tukey para el ácido oleico .....	111
<b>Tabla 52</b> — Análisis de varianza para el ácido elaídico (SC tipo III) .....	112
<b>Tabla 53</b> — Análisis de Tukey para el ácido elaídico .....	113
<b>Tabla 54</b> — Análisis de varianza para el ácido linoleico (SC tipo III).....	114
<b>Tabla 55</b> — Análisis de Tukey para el ácido linoleico.....	115



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> — Partes del fruto de la palta Hass .....	17
<b>Figura 2</b> — Variedad de palta Hass ( <i>Persea americana Mill</i> ) .....	21
<b>Figura 3</b> — Palta variedad Fuerte ( <i>Persea americana</i> ) .....	22
<b>Figura 4</b> — Etapas de desarrollo fisiológico de la palta.....	22
<b>Figura 5</b> — Espacio colorimétrico tridimensional CIEL*a*b* .....	31
<b>Figura 6</b> — Producción de palta a nivel mundial 2021 (miles de toneladas).....	36
<b>Figura 7</b> — Producción de palta a nivel nacional – 2021 (miles de toneladas) .....	36
<b>Figura 8</b> — Perfil cromatográfico de ácidos grasos del aceite de palta del tratamiento 3. ....	63
<b>Figura 9</b> — Perfil cromatográfico de ácidos grasos del aceite de palta del tratamiento 4 ...	63
<b>Figura 10</b> — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 1 .....	116
<b>Figura 11</b> — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 2 .....	117
<b>Figura 12</b> — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 3 .....	118
<b>Figura 13</b> — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 4 .....	119
<b>Figura 14</b> — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 5 .....	120
<b>Figura 15</b> — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 6 .....	121
<b>Figura 16</b> — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 7 .....	122
<b>Figura 17</b> — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 8 .....	123
<b>Figura 18</b> — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 9 .....	124
<b>Figura 19</b> — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 10 .....	125
<b>Figura 20</b> — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 11 .....	126
<b>Figura 21</b> — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 12 .....	127
<b>Figura 22</b> — Colecta de muestras del fruto de palta (Fuerte y Hass).....	128
<b>Figura 23</b> — Colecta del fruto de la palta de la variedad “Hass” .....	128
<b>Figura 24</b> — Colecta del fruto de la palta de la variedad “Fuerte ” .....	129

<b>Figura 25</b> — Frutos de palta de la variedad “Fuerte ” y “Hass” cosechados en tres localidades de la región Apurímac .....	129
<b>Figura 26</b> — Muestras de palta “Fuerte ” en estado de madurez “verde” provenientes de la localidad de Pampatama .....	130
<b>Figura 27</b> — Muestras de palta “Hass” en estado de madurez “verde” provenientes de la localidad de Pampatama .....	130
<b>Figura 28</b> — Muestras de palta “Fuerte ” en estado de madurez “maduro” provenientes de la localidad de Pampatama .....	131
<b>Figura 29</b> — Muestras de palta “Hass” en estado de madurez “maduro” provenientes de la localidad de Pampatama .....	131
<b>Figura 30</b> — Laminado de muestras de palta “Fuerte ” y “Hass” en estado de madurez “verde” de la localidad de Pampatama .....	132
<b>Figura 31</b> — Secado de muestras de palta “Fuerte ” y “Hass” en estado de madurez “verde” de la localidad de Pampatama .....	132
<b>Figura 32</b> — Traslado de las muestras secas del fruto de la palta “Fuerte ” y “Hass” de la estufa a la campana desecadora. ....	133
<b>Figura 33</b> — Muestras secas de palta “Fuerte ” en estado “maduro” de la localidad de Pampatama.....	133
<b>Figura 34</b> — Acondicionamiento de papel filtro para la extracción de aceite .....	134
<b>Figura 35</b> — Muestras colocadas en el extractor de aceite para su extracción .....	134
<b>Figura 36</b> — Muestras de aceite extraído de palta “Fuerte ” en estado de madurez “verde” de la localidad de Pampatama .....	135
<b>Figura 37</b> — Laboratorio de Cromatografía y espectrofotometría de Gases (Equipo Cromatógrafo de gases) – UNSAAC.....	135



## INTRODUCCIÓN

La palta (*Persea americana*) es uno de los frutos agroexportadores más importantes del Perú, siendo este país uno de los principales productores y el tercer país exportador a nivel mundial. Dentro de este contexto, Apurímac es una de las regiones con mayor potencial productivo del fruto de la palta, en los últimos años su producción ha incrementado sostenidamente, sin embargo, hasta la actualidad no se cuenta con información respecto a la calidad de la palta producida para el consumo local, nacional e internacional, expresado en sus indicadores principales como son: las características fisicoquímica (materia seca, humedad, aceite y color) y nutricionales (perfil de los ácidos grasos) de la palta producida en la región de Apurímac ya que esta puede estar influenciada por el tipo de clima, localidad de producción, estado de madurez, variedad, entre otros factores agroclimáticos, al respecto existen antecedentes en los países de México, Colombia, Chile y España, donde confirman que la localidad, la variedad y el estado de madurez tienen efectos sobre las características de la pulpa de la palta. Por lo tanto, esta investigación se centra en determinar la influencia de localidad, estado de madurez y variedad del fruto de la palta (*Persea americana*) sobre las características fisicoquímicas y perfil de los ácidos grasos de la región de Apurímac, 2024. Se busca responder a la interrogante: ¿Cuál será la influencia de localidad, estado de madurez y variedad sobre las características fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos del fruto de la palta (*Persea americana*) de la región de Apurímac?, siendo el objetivo principal de la tesis determinar la influencia de localidad, estado de madurez y variedad del fruto de la palta (*Persea americana*) sobre las características fisicoquímicas y perfil de los ácidos grasos de la región de Apurímac.

La tesis está estructurada en capítulos. En el capítulo I, se aborda el problema de la investigación, enfatizando cuestiones relevantes asociadas a las características fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos del fruto de la palta. El capítulo II, muestra los objetivos y la hipótesis planteada, definiendo de manera clara los factores que fueron estudiados. En el capítulo III, se proporciona los antecedentes y el marco teórico, sustentados con precedentes tanto nacionales e internacionales. La metodología adoptada se describe en el capítulo IV, detallando las herramientas y técnicas e instrumentos seleccionados para la recolección de datos. El análisis de los resultados y las discusiones se muestran en el capítulo V, para el análisis de los resultados



se aplicó un diseño factorial con tres factores (AxBxC) con tres repeticiones, se calculó el ANOVA para calcular la varianza de los tratamientos localidad, estado de madurez, variedad y la interacción de los factores con un nivel de confianza del 0.95%, además de se aplicó la prueba de Tukey para la comparación de medias. Como resultado se obtuvo que el análisis de varianza para las características fisicoquímicas y el perfil de ácidos grasos presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre localidad, estado de madurez y variedad, además existen diferencias significativas entre la interacción de los factores ( $p < 0,05$ ). Asimismo, para la determinación de la humedad y materia seca se tomó como referencia el método descrito por la AOAC 934.01 (2005), para el aceite se tomó como referencia el método descrito por la AOAC 985.16 (1991) y para la determinación del color se determinó por el método descrito por Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014 y el perfil de los ácidos grasos se cuantificó tomando como referencia el método descrito por la AOAC 996.06 (2005). Finalmente, en el capítulo VI de la tesis se concluyó que el análisis de las características fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos presentaron un valor de  $p < 0,05$ , por tanto, se rechazó la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, lo que indica que la localidad, estado de madurez y variedad influyen en las características fisicoquímicas y en el perfil de los ácidos grasos de fruto de la palta en la región de Apurímac.



## RESUMEN

La palta (*Persea americana*) es un fruto importante en la región Apurímac, pero su calidad y composición pueden variar según la localidad, el estado de madurez y la variedad. El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia de localidad, estado de madurez y variedad del fruto de la palta sobre las características fisicoquímicas y perfil de los ácidos de la región Apurímac. La metodología empleada para la presente investigación comprendió el enfoque cuantitativo, con un diseño factorial con tres factores (AxBxC), se determinó la materia seca y humedad por el método AOAC 934.01 (2005), aceite por el método AOAC 985.16 (1991), color por el método Mathias-Rettig y Ah-Hen (2014) y el perfil de los ácidos grasos por el método AOAC 996.06 (2005). Los resultados del ANOVA para las características fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos muestran diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre localidad, estado de madurez y variedad y la interacción, en base a estos resultados se realizó la comparación de medias mediante la Prueba de Tukey. Los resultados nos indican diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos tanto para las características fisicoquímicas y perfil de los ácidos grasos, asimismo se determinó que el contenido de materia seca y aceite incremento con relación al estado de madurez, y de manera inversamente proporcional la humedad disminuyo en todos los tratamientos. El T11 presento mayor contenido de materia seca (38,42%) y aceite (12,65%), por consiguiente, menor humedad (61,58%) en comparación con los demás tratamientos. Los parámetros de color ( $L^*$ ,  $C^*$  y  $h^\circ$ ) tienden a disminuir por efecto de la madurez. El perfil de los ácidos grasos mostro cambios significativos, el ácido oleico (40,62% a 66,87%) fue el predominante en todos los tratamientos, seguido del ácido palmítico (14,44% a 26,71) y el ácido linoleico (7,93% a 16,99%). La localidad, estado de madurez y variedad influyen significativamente ( $p < 0,05$ ) en las características fisicoquímicas y perfil de los ácidos grasos del fruto de la palta de la región de Apurímac.

**Palabras clave:** *Palta, ácidos grasos, localidad, madurez, variedad.*



## ABSTRACT

The avocado (*Persea americana*) is an important fruit in the Apurímac region, but its quality and composition can vary depending on the location, maturity stage, and variety. The objective of this research was to determine the influence of location, maturity stage, and variety of the avocado fruit on its physicochemical characteristics and fatty acid profile in the Apurímac region. The methodology employed for this research consisted of a quantitative approach, with a factorial design with three factors (AxBxC). The dry matter and humidity were determined by the AOAC 934.01 (2005) method, oil by the AOAC 985.16 (1991) method, color by the Mathias-Rettig and Ah-Hen (2014) method, and the fatty acid profile by the AOAC 996.06 (2005) method. The ANOVA results for the physicochemical characteristics and fatty acid profile show significant differences ( $p < 0.05$ ) between location, maturity stage, and variety, and their interactions. Based on these results, a comparison of means was performed using the Tukey test. The results indicate statistical differences ( $p < 0.05$ ) between treatments for both physicochemical characteristics and fatty acid profile. Additionally, it was determined that the dry matter and oil content increased in relation to the maturity stage, and inversely, the humidity decreased in all treatments. Treatment T11 presented the highest dry matter content (38.42%) and oil content (12.65%), and consequently, the lowest humidity (61.58%) compared to the other treatments. The color parameters ( $L^*$ ,  $C^*$ ,  $h^\circ$ ) tend to decrease due to the effect of maturity. The fatty acid profile showed significant changes, with oleic acid (40.62% to 66.87%) being the predominant fatty acid in all treatments, followed by palmitic acid (14.44% to 26.71%) and linoleic acid (7.93% to 16.99%). The location, maturity stage, and variety of the avocado fruit significantly influence ( $p < 0.05$ ) the physicochemical characteristics and fatty acid profile of avocados in the Apurímac region.

**Keywords:** *Avocado, fatty acids, location, maturity, variety.*



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

La palta (*Persea americana*) es uno de los principales frutos agroexportadores del Perú, siendo Apurímac una región con gran potencial productivo y comercial. A pesar del incremento sostenido en la producción en los últimos años, aún no se ha determinado la calidad y el valor nutricional de la palta producida en Apurímac, lo que puede ser influenciado por factores como clima, localidad, estado de madurez y variedad. A diferencia de países como México, Colombia y Chile, que han realizado estudios sobre la calidad y valor nutricional de su palta, en Apurímac aún no se ha abordado este tema.

El fruto de la palta es de gran importancia económica y nutricional en la región de Apurímac, sin embargo, se desconoce cómo la localidad, estado de madurez y variedad influyen en sus características fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos. Esta falta de conocimiento limita la capacidad de los productores y comercializadores para optimizar la calidad y valor nutricional del fruto, lo que afecta su competitividad en el mercado. Por lo tanto, es necesario investigar cómo la localidad, estado de madurez y variedad afectan las características fisicoquímicas y el perfil de ácidos grasos de la palta en la región de Apurímac, para identificar oportunidades de mejora y aumentar su valor comercial.

Por otro lado, La calidad comercial de la palta para exportación es un desafío para los pequeños productores de la región Apurímac en los valles interandinos, ya que las características físicas y el valor nutricional del fruto determinan su aceptación en el mercado internacional. Sin embargo, los productores enfrentan dificultades para cumplir con los estándares de calidad requeridos, lo que resulta en precios bajos y una reducción de su ingreso económico. Esta situación afecta la competitividad de los productores en el mercado y limita su capacidad para aprovechar las oportunidades de exportación. Es necesario identificar las principales limitaciones y oportunidades para mejorar la calidad



comercial de la palta y aumentar el ingreso económico de los pequeños productores de la región.

A nivel internacional, la calidad de la palta es un factor crítico para su competitividad en el mercado global. En países como México, Chile y Colombia, se han realizado estudios que muestran que la calidad de la palta está directamente relacionada con el precio que reciben los productores y su capacidad para acceder a mercados de alto valor. Sin embargo, en la región Apurímac, la falta de información y tecnología adecuada limita la capacidad de los pequeños productores para mejorar la calidad de su palta y acceder a mercados más rentables. Esta situación afecta negativamente el ingreso económico de los productores y su capacidad para competir en el mercado internacional.

## 1.2 Enunciado del problema

### 1.2.1 Problema general

¿Cuál será la influencia de localidad, estado de madurez y variedad sobre las características fisicoquímicas y perfil de los ácidos grasos del fruto de la palta (*Persea americana*) de la región de Apurímac, 2024?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál será la influencia de localidad (Pampatama, Carmen y San Lorenzo), estado de madurez (Verde y Maduro) y variedad (Fuerte y Hass) sobre las características fisicoquímicas (materia seca, humedad, aceite y color) del fruto de la palta de la región de Apurímac?
- ¿Cuál será la influencia de localidad (Pampatama, Carmen y San Lorenzo), estado de madurez (Verde y Maduro) y variedad (Fuerte y Hass) sobre el perfil de los ácidos grasos (Ácido Oleico, Palmítico, Linoleico, Palmitoleico y Elaídico) del fruto de la palta de la región de Apurímac?

## 1.3 Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica por la necesidad de caracterizar las propiedades fisicoquímicas y el perfil de ácidos grasos de la palta (*Persea americana*) en la región de Apurímac, considerando la influencia de factores como la localidad, estado de madurez y variedad. Esta información es crucial para entender la calidad y potencial del fruto de la palta producida en la región de Apurímac, y para identificar oportunidades de mejora en su producción y comercialización. Además, este fruto es una alternativa importante



para la diversificación de la producción agrícola en Apurímac, reduciendo la dependencia de otros cultivos, por lo que lo hace un producto clave para la economía generando empleos, ingresos, y contribuyendo al desarrollo local y la exportación.

Según Romeo (2019), señala que “el consumo de palta ha crecido exponencialmente estos últimos años, su sabor y sus propiedades nutritivas lo han denominado un alimento de moda en los países desarrollados”. Es un fruto climatérico, posee características sensoriales excelentes, fruto con alto contenido lipídico, con ácidos grasos insaturados, que le brinda un potencial para su consumo (Márquez et al., 2014), y poseen en su composición compuestos bioactivos y propiedades antioxidantes, por la que se dice que ayuda a disminuir el riesgo de desarrollar cáncer y enfermedades cardíacas, por la que es un producto funcional (Romero, 2019). Sin embargo, su composición fisicoquímica y perfil de los ácidos grasos varían según la localidad, estado de madurez y variedad. Sin embargo, en Apurímac, región con alta producción de palta, No se cuenta con información actualizada sobre las características fisicoquímicas y composición nutricional de la pulpa del fruto.

Tal como se han demostrado en diversos estudios, Donetti y Terry (2014), nos indican que “la pulpa de la palta se caracteriza por su valor nutricional y nutracéutico debido al alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados que representan aproximadamente 80% de los ácidos grasos presentes en el mesocarpio de este fruto”. Asimismo, Ferreyra et al. (2016), señala que los principales ácidos grasos saturados que se encuentran en el fruto de la palta son el ácido palmítico, ácido oleico. Sin embargo, las condiciones agroclimáticas de cada zona productora del cultivo son diferentes lo que genera variación en la composición fisicoquímica de la pulpa de palta. Estudios realizados reportaron que el contenido de lípidos y la composición de ácidos grasos de la palta cultivados en España, presentan variaciones por efectos de la localidad donde se produce y por el estado de madurez del fruto (Donetti y Terry, 2014).

Por otro lado, Pedreschi et al. (2014), en sus estudios realizados reportó “que el fruto de la palta ‘Hass’ reúne diferentes cantidades de ácido linoleico, dependiendo del estado de madurez del fruto”. Tanto Donetti y Terry, (2014) y Pedreschi et al. (2014); reportaron que la palta producidas en Chile presenta el mayor contenido de ácido oleico que se encuentra en un rango de 57 a 61 por ciento, mientras que el español y el peruano presentan un rango entre 54 a 60 por ciento y 40 a 47 por ciento, respectivamente. La composición de ácidos grasos del aceite de la palta posee propiedades biológicas



benéficas; como: Incrementar la absorción de vitaminas liposolubles y otros compuestos beneficiosos para el ser humano y tiene efectos beneficiosos sobre la salud cardiovascular (Guzmán et al., 2017).

Dentro de este contexto, esta investigación busca llenar ese vacío, determinando la influencia de la localidad, estado de madurez y variedad del fruto de la palta sobre las características fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos en la región de Apurímac. Los resultados contribuirán a la cadena agroindustrial, nutricional, industrialización, comercialización, exportación y transformación de productos agroindustriales, y apoyarán el desarrollo económico y social de la región, asimismo, los resultados contribuirán a mejorar la calidad y competitividad de la palta apurimeña, desarrollar estrategias efectivas para la producción, comercialización y exportación de la palta, apoyar el desarrollo económico y social de la región Apurímac.



## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1 Objetivos de la investigación

##### 2.1.1 Objetivo general

Determinar la influencia de localidad, estado de madurez y variedad del fruto de la palta (*Persea americana*) sobre las características fisicoquímicas y perfil de los ácidos grasos de la región de Apurímac, 2024.

##### 2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la influencia de localidad (Pampatama, Carmen y San Lorenzo), estado de madurez (Verde y Maduro) y variedad (Fuerte y Hass) del fruto de la palta (*Persea americana*) sobre las características fisicoquímicas (materia seca, humedad, aceite y color).
- Determinar la influencia de localidad (Pampatama, Carmen y San Lorenzo), estado de madurez (verde y maduro) y variedad (Fuerte y Hass) del fruto de la palta (*Persea americana*) sobre el perfil de los ácidos grasos (Ácido Oleico, Palmítico, Linoleico, Palmitoleico y Elaídico).

#### 2.2 Hipótesis de la investigación

##### 2.2.1 Hipótesis general

Existe influencia en las características fisicoquímicas y perfil de los ácidos grasos del fruto de la palta (*Persea americana*) de la región de Apurímac, 2024 en función a la localidad, estado de madurez y variedad.

##### 2.2.2 Hipótesis específica

- Existe influencia en las características fisicoquímicas (materia seca, humedad, aceite y color) del fruto de la palta (*Persea americana*) de la región de Apurímac



en función a la localidad (Pampatama, Carmen y San Lorenzo), estado de madurez (Verde y Maduro) y variedad (Fuerte y Hass).

- Existe influencia en el perfil de los ácidos grasos (Ácido Oleico, Palmítico, Linoleico, Palmitoleico y Elaídico) del fruto de la palta (*Persea americana*) de la región de Apurímac en función a la localidad (Pampatama, Carmen y San Lorenzo), estado de madurez (Verde y Maduro) y variedad (Fuerte y Hass).

### 2.3 Operacionalización de variables

En la Tabla 1, se detalla la operacionalización de las variables de la presente investigación.

**Tabla 1 — Operacionalización de variables**

Variables	Mediciones	Indicadores	Índice
Variables independientes	Localidad de producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pampatama</li> <li>• Carmen</li> <li>• San Lorenzo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adimensional</li> <li>• Adimensional</li> <li>• Adimensional</li> </ul>
	Estado de madurez	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verde</li> <li>• Maduro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adimensional</li> <li>• Adimensional</li> </ul>
	Variedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerte</li> <li>• Hass</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adimensional</li> <li>• Adimensional</li> </ul>
Variables dependientes	Características fisicoquímicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materia seca</li> <li>• Humedad</li> <li>• Aceite</li> <li>• Color</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• %</li> <li>• %</li> <li>• %</li> <li>• Adimensional</li> </ul>
	Perfil de los ácidos grasos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácido oleico</li> <li>• Ácido Palmítico</li> <li>• Ácido Linoleico</li> <li>• Ácido Palmitoléico</li> <li>• Ácido Elaídico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• %</li> <li>• %</li> <li>• %</li> <li>• %</li> <li>• %</li> </ul>



## CAPITULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

- a) Hernández et al. (2023), en su trabajo de investigación titulado “Estudio de factores ambientales sobre el perfil graso del aguacate Hass” estos autores nos indican que la calidad y composición de los aguacates de la variedad Hass pueden variar dependiendo de factores como la época de cosecha, la altitud y la ubicación geográfica. En su estudio realizado en Tenerife analizó 31 muestras de aguacates Hass recolectadas en dos áreas y a dos altitudes diferentes. Los resultados mostraron que los aguacates tienen un mayor contenido de materia seca y grasa hacia el final del período de producción. El ácido oleico fue el principal ácido graso presente, seguido del ácido palmítico. Los ácidos oleico y gadoleico y los ácidos grasos monoinsaturados (MUFAs) aumentaron en los aguacates cosechados entre noviembre y febrero. Los aguacates del área norte presentaron mayores contenidos de materia seca, grasa, ácido oleico y gadoleico y MUFAs que los producidos en el área sur. Los MUFAs fueron los ácidos grasos más abundantes en ambas áreas. La influencia de la altitud de producción en el porcentaje de ácido oleico varió según el área (Hernández et al., 2023).
- b) Salameh et al. (2022), en su investigación “Evaluación de índices de madurez poscosecha de variedades comerciales de aguacate cultivadas en distintas elevaciones a lo largo de la costa del Líbano”, evaluaron los índices de madurez poscosecha en tres etapas de cosecha, principalmente materia seca y contenido de aceite en las variedades Hass, LambHass, Ettinger, Fuerte, Pinkerton, Reed y Horshim producidas a diferentes altitudes que oscilaron entre 50 a 400 m.s.n.m en 7 regiones diferentes de Líbano, como resultado, indicaron una alta correlación lineal entre materia seca y contenido de aceite a lo largo de las diferentes etapas de cosecha. Asimismo, indicaron que el contenido mínimo de aceite y el porcentaje de materia seca se registró para la variedad Reed (8,2 % materia seca y 9,7% aceite) y el mayor contenido de aceite y



porcentaje de materia seca se registró para la variedad Fuerte (28,5% materia seca y 21,6% aceite). Concluyeron que los datos obtenidos en su investigación se utilizaran para lograr las mejores características comestibles y estándares de exportación de las variedades comerciales de aguacate que crecen a lo largo de la costa libanesa (Salameh et al., 2022).

- c) Por otro lado, Manaf et al. (2019), en su trabajo de investigación titulado “Características lipídicas y contenido de tocoferoles de los aceites de origen nativo cultivares de aguacate cultivados en Indonesia” nos indica que, La calidad y composición de los aceites de aguacate pueden variar dependiendo de la variedad y el origen. En su estudio comparativo entre aceites de aguacate de variedades indonesias (Merah bundar, Ijo bundar e Ijo panjang) y variedades importadas (Fuerte y Shepard) encontró diferencias significativas en términos de características lipídicas y contenido de tocoferol (Manaf et al., 2019). Los aceites de aguacate locales presentaron menor contenido de ácidos grasos libres y niveles de peróxido, lo que sugiere una mayor estabilidad oxidativa. Además, el contenido de tocoferol (alfa, beta, gamma y delta) fue significativamente mayor en los aceites de aguacate locales. Los análisis de FTIR y la composición de ácidos grasos y triacilglicerol también mostraron diferencias entre los aceites de aguacate locales e importados. Estos hallazgos destacan la importancia de considerar la variedad y el origen del aguacate en la evaluación de la calidad y composición de sus aceites (Manaf et al., 2019).
- d) Guzmán et al. (2017), en su investigación, “Efecto de localidad y madurez sobre el perfil de ácidos grasos del fruto de aguacate Hass” determinaron las propiedades físicas, contenido de lípidos y composición de los ácidos grasos provenientes de tres localidades Nayarit, Michoacán y Jalisco (ciudad de México) obtenidos en dos cosechas (octubre 2015-enero 2016 y octubre-noviembre 2016) analizados en estado de madurez verde y maduro ya que, la referencia indica que la composición de los ácidos grasos se modifica por los efectos de la localidad de producción y por el estado de madurez del fruto. Como resultado se obtuvieron, que la cantidad de materia seca presentó diferencias entre localidades, estado de madurez y año de cosecha en donde el fruto verde y maduro proveniente del estado de Jalisco obtuvieron mayor proporción de materia seca (31,43% y 35,08%), contenido de lípidos del fruto maduro proveniente de Nayarit, Michoacán y Jalisco fue mayor comparado con el fruto verde en un rango de 12,71% a 17,81% y en el perfil de los ácidos grasos el ácido oleico fue mayor en todas las localidades de producción y estados de madurez con un contenido de 45,1%



(fruto verde del Estado de Nayarit) a 59,7% (fruto maduro de Jalisco) en la cosecha 1 y en la cosecha 2 de 43,4% (fruto verde del Estado de Nayarit) a 56,7% (fruto maduro del Estado de Michoacán) (Guzmán et al., 2017).

- e) Ferreyra et al. (2016), en su investigación “Identificación de factores previos a la cosecha que afectan los perfiles de ácidos grasos de fruto de aguacate (*Persea americana Mill*) cv. Hass” nos indican, que La influencia de factores climáticos y nutricionales en la composición de ácidos grasos de aguacates variedad 'Hass' ha sido objeto de estudio en investigaciones previas. En su estudio realizado en Chile encontró que la temperatura máxima media anual es el factor climático más importante que afecta la composición de ácidos grasos, mientras que los contenidos de nitrógeno y magnesio en el mesocarpo también juegan un papel crucial en la determinación de la calidad del producto (Autor, año). Esta investigación sugiere que la interacción entre factores climáticos y nutricionales es fundamental para entender la variabilidad en la composición de ácidos grasos de aguacates y su impacto en la calidad y aceptación del producto en el mercado. (Ferreyra et al., 2016).
- f) En otro trabajo de investigación “Contenido de ácidos grasos del aguacate (*Persea americana Mill*. cv. Hass) en relación a la altitud del cultivo y el estado de madurez del fruto”. En este trabajo de investigación estudiaron la relación del perfil y contenido de los ácidos grasos, altitud de los cultivos y el estado de madurez del fruto de la palta cv. Hass (*Persea americana Mill*.) en diferentes localidades del departamento de Antioquia (Colombia). seleccionaron fincas entre los 1.340 y 2.420 m.s.n.m y Analizaron el perfil y contenido de los ácidos grasos en los frutos. Como resultados presentaron que el ácido oleico registró el porcentaje más alto para todas las localidades estudiadas, y reportaron que el ácido Palmitoléico aumentó con la madurez del fruto para todas las localidades. Algunos ácidos grasos mostraron una alta correlación lineal con la madurez del fruto, variando el tipo de ácido o el índice de ácido graso con la altitud. Y concluyeron que el contenido de ácidos grasos es una variable a considerar en futuros estudios de denominación de origen protegida (Carvalho et al., 2015).
- g) En la investigación realizada por Márquez et al. (2014), titulada “Cambios físico-químicos del aguacate (*Persea americana mil* cv. Hass en poscosecha para dos municipios de Antioquia”. llegaron a la conclusión de que Las coordenadas de color L\*, a\* y b\*, especialmente la luminosidad permitió establecer un intervalo de valores que se puede asociar a la madurez óptima del fruto. La mayor concentración de lípidos,



materia seca y sólidos totales en los frutos de palta, se presentó entre los días 12 y 14 (poscosecha) con un contenido de lípidos de 23,8% y 22,4%. por otro lado, reportaron que para el día 10 (poscosecha) la materia seca incremento de 29,3% a 40,2% en los frutos provenientes de el Carmen de Viboral y de 28,7% a 39,4% en los frutos provenientes de Retiro (Márquez et al., 2014).

- h) Donetti y Terry (2014), en su investigación “Marcadores bioquímicos que definen el área de cultivo y la etapa de maduración del fruto de aguacate importado cv. molestia” evaluaron las diferencias en distintas variedades en su composición de la fruta de palta con respecto al área de crecimiento de la fruta, la madurez, la etapa de maduración y el acondicionamiento de almacenamiento. Trabajaron con la fruta proveniente de Chile, Perú y España. cosechada en la temporada temprana, media y tardía, como resultado la composición del aceite difirió según el origen y el momento de la cosecha, lo que sugiere que el ácido oleico es un marcador potencial para distinguir el origen de la fruta. La fruta chilena tuvo un contenido oleico más alto (57 a 61 %), seguida de la fruta española (54 a 60 %) y peruana (40 a 47 %) (Donetti y Terry, 2014).
- i) Villa-Rodríguez et al. (2011), En su trabajo de investigación “Efecto del estado de madurez sobre el contenido de ácidos grasos y la actividad antioxidante del aguacate Hass”, Realizaron análisis fisiológicos y fisicoquímicos que incluyeron la tasa de respiración, producción de etileno, firmeza, color (L\*, °Hue y Chroma), materia seca y contenido de aceite. Y como resultado presentaron que el principal ácido graso identificado fue el ácido oleico (67–70%). Obtuvieron un aumento significativo de los ácidos grasos monoinsaturados y saturados durante la maduración de la Palta, mientras que el contenido de ácidos grasos poliinsaturados disminuyó. Y con respecto a contenido de aceite y materia seca tuvo un efecto significativo durante la maduración sin embargo los valores obtenidos fueron similares que varió en un rango de 18,43 – 20,36% para el contenido de aceite y 31,65 – 36,52 % de materia seca respectivamente (Villa-Rodríguez *et al.*, 2011).
- j) En la investigación realizada por Terán (2020), titulada “Características metabolómicas durante la maduración de palta (*Persea americana*) cv. Hass procedente de tres cosechas sometidas a refrigeración”, En este trabajo de investigación evaluaron cambios en los metabolitos primarios y secundarios y las características físico-químicas de palta cv. Hass proveniente de tres cosechas (primera, segunda y tercera) que fueron almacenada en refrigeración (7 °C y 90 %HR) por 0, 15, 30 y 50 días y posterior maduración en anaquel (19-20 °C y 60- 70 %HR) y concluyo



que existen diferencias significativas en las características físico-químicas, presencia incremento en el contenido de materia seca y lípidos entre cosechas, los parámetros de color (L, C y h°) presento una disminución en el almacenamiento en refrigeración y en cuanto al El perfil de ácidos grasos permaneció invariable durante todo el proceso (Terán, 2020).

## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 Biodiversidad en Apurímac

Con una extensión de aproximadamente 20,8956.67 kilómetros cuadrados, la región Apurímac representa el 1.6% de la superficie terrestre nacional. La altitud en la región varía desde 1,900 metros sobre el nivel del mar, en su punto más bajo, hasta los 4,500 metros sobre el nivel del mar, en su punto más alto (Herrera et al., 2014).

El Gobierno Regional de Apurímac (2014), resalta que la región disfruta de una privilegiada diversidad ecológica, caracterizada por múltiples capas ecológicas, cada una con un clima distintivo. Los habitantes Por lo que, todos los pobladores han identificado tres zonas principales: alta, media y baja, esta distribución de suelos y climas es crucial para la agricultura, ya que permite el cultivo de una amplia variedad de especies comestibles y silvestres, adaptadas a cada ecosistema específico, donde, el valle se destaca por su vegetación más fértil en comparación con la capa ecológica superior.

La agricultura es una de las principales fuentes de ingresos económicos en esta región, con un total de 87,253 hectáreas dedicadas a cultivos transitorios, permanentes y semipermanentes. Esta superficie sembrada se registró durante la campaña agrícola 2022/2023, que abarcó desde agosto hasta mayo (MIDAGRI, 2023).

En la Tabla 2, se muestra que en el sexto mes de la campaña agrícola 2023-2024, se registró una expansión significativa en la superficie cultivada, alcanzando un total de 96,734 hectáreas, lo que representa un incremento del 11.4% en comparación con el mismo periodo de la campaña anterior. Esta tendencia positiva se reflejó en un aumento notable en la extensión de cultivos permanentes y



semipermanentes, como la palta, tara y rye grass, así como en cultivos transitorios como la papa, maíz amiláceo y tarhui grano seco.

**Tabla 2 — Superficie sembrada (Ha) de los principales cultivos en Apurímac**

	Campaña agrícola 2/		Variación	
	2023/2024	2024/2025	Absoluta	Porcentual
<b>Cultivos transitorios</b>	86,37	95,41	9,04	10,50
Papa	19,99	27,26	7,27	36,30
Maíz amiláceo	24,15	26,29	2,15	8,90
Tarhui grano seco	1,17	1,69	524,00	44,70
Haba grano seco	5,04	5,45	405,00	8,00
Avena grano	538,00	922,00	384,00	71,40
Avena forrajera	581,00	943,00	362,00	62,30
Maíz choclo	2,05	2,39	333,00	16,20
Arveja grano verde	796,00	1,07	274,00	34,40
Maíz amarillo duro	2,23	2,34	132,00	5,90
Zapallo	161,00	281,00	120,00	74,50
Frijol grano seco	2,82	2,49	-319,00	-11,30
Cebada grano	4,82	4,37	-456,00	-9,50
Kiwicha	1,98	1,34	-644,00	-32,50
Quinua	5,36	4,67	-683,00	-12,70
trigo	5,34	4,36	-973,00	-18,20
Otros	9,34	9,50	166,00	1,80
<b>Cultivos permanentes y semipermanentes</b>	494,00	1,33	831,00	168,20
Palta	242,00	815,00	573,00	236,8
Tara	6,00	92,00	86,00	1433,30
Rye grass	48,00	120,00	72,00	150,00
Tuna	17,00	77,00	60,00	352,90
Trébol	32,00	67,00	35,00	109,40
otros	149,00	154,00	5,00	3,40
<b>Total</b>	<b>86,86</b>	<b>96,73</b>	<b>9,87</b>	<b>11,40</b>

FUENTE: Banco Central de Reserva del Perú (BCRP)- sucursal Cusco, 2024  
\* (2/): De agosto a enero.

### 3.2.2 Palta (*Persea americana*)

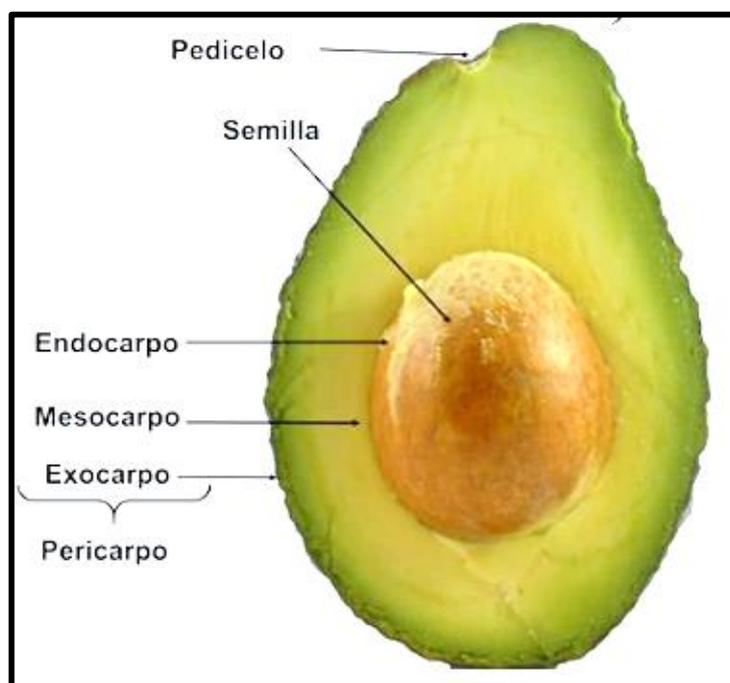
La Palta, una fruta tropical de creciente demanda global, se destaca por su valor nutricional y su variedad de aplicaciones culinarias. Con origen en las tierras mesoamericanas, incluyendo el centro de México, norte de Sudamérica y Guatemala, posteriormente, gracias al intercambio comercial entre las



civilizaciones nativas facilitó la expansión de este fruto hacia América del Sur, donde se adaptó y se cultivó en regiones como Ecuador, Perú y Chile, por más de 4000-6000 años (Bernal et al., 2020).

La palabra "Aguacate" proviene del náhuatl, que era la lengua de los aztecas. En náhuatl, la palabra es "ahuacatl", que se traduce como "testículo de árbol", en la actualidad aún se le conoce como aguacate en la ciudad de México (Nataren et al., 2020), mientras que en el Perú, Ecuador y Chile se conoce como palta.

El fruto de la Palta es una valla, de tejido esclerificado en la semilla y su pericarpio está compuesto por exocarpo (cascara), mesocarpo (pulpa) y endocarpo junto con la cubierta seminal, como se muestra en la Figura 1, Su contenido rico en lípidos y ácidos grasos insaturados, como el oleico, palmítico y linoleico, lo hace especialmente valioso (Herrera, 2020).



FUENTE: Herrera, 2020

### Figura 1 — Partes del fruto de la palta Hass

Según MIDAGRI (2023), nos indica que en "Perú, el cultivo de paltos se extiende desde el nivel del mar hasta los 2,700 metros sobre el nivel del mar, abarcando la costa peruana, valles interandinos y ceja de selva". Mientras que, en Apurímac, se extienden desde los 1,800 hasta los 3000 m.s.n.m, La temperatura ideal para su crecimiento oscila entre 15°C y 25°C. Los paltos pueden crecer en suelos arenosos



o arcillosos, pero se desarrollan mejor en suelos compactos, bien drenados, ligeramente ácidos y ricos en materia orgánica (Bernal et al., 2020).

La palta es un fruto climatérico, de tamaño considerable, con dimensiones de 7-10 cm de largo diámetro, y se distingue por sus diversas formas, que pueden ser periformes, ovoides, globulares o elípticas alargadas. La cáscara presenta un rango de colores que van desde el verde oscuro hasta el violeta, y puede tener una textura lisa o rugosa. La pulpa es firme, aceitosa y de color amarillo-verdoso, y contiene una semilla grande y redonda con una piel que puede estar adherida o suelta a la pulpa. Las características morfológicas del fruto, como el color, forma, textura y consistencia de la cáscara y pulpa, están determinadas por factores agroclimáticos, la región de origen y la variedad específica (Bernal et al., 2020). Asimismo, son denominados fruto climatérico, que son cosechadas en su madurez fisiológica (estado verde) para alcanzar su madurez organoléptica o comercial (estado maduro) (Herrera, 2020).

### 3.2.3 Clasificación taxonómica

Según los autores Bernal et al. (2020), clasifican la taxonómica de la palta, de la siguiente forma:

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliophyta

**Orden:** Ranales

**Suborden:** Magnolíneas

**Familia:** Lauraceae

**Género:** *Persea*

**Especie:** *Persea americana Miller*

### 3.2.4 Composición química

Donetti y Terry (2014), nos indican que "La pulpa de la Palta destaca por su riqueza en propiedades nutricionales y nutraceuticas, gracias a su elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados, que constituyen alrededor del 80% de los ácidos



grasos presentes en la capa media de este fruto". Entre los ácidos grasos saturados identificados en la palta, el ácido palmítico es el más destacado, mientras que el ácido oleico es el más abundante entre los ácidos grasos insaturados. Sin embargo, las variaciones en las condiciones agroclimáticas de las diferentes regiones de cultivo, tanto dentro de un mismo país como entre países, provocan cambios en la composición química de la pulpa de la palta (Ferreyra et al., 2016). Por lo que lo hace, una fruta excepcionalmente nutritiva, cuya composición nutricional varía según el ecotipo, la variedad cultivada, el nivel de madurez y las condiciones ambientales en las que crece (Bill et al., 2014).

Asimismo, el color característico del mesocarpio de la palta, que varía del amarillo verdoso al amarillo brillante, se debe principalmente a la presencia de carotenoides (en su mayoría luteínas) y clorofila. Además, la palta madura es una rica fuente de vitaminas A, B, C, minerales esenciales como potasio, fósforo, magnesio e hierro, y contiene altos niveles de compuestos lipofílicos bioactivos, incluyendo vitamina E, carotenoides y esteroides, que poseen propiedades antioxidantes y capacidad para neutralizar radicales libres (Bill et al., 2014).

Yahia (2012), menciona que la palta es un fruto rico en grasas, contiene azúcares de siete carbonos (manoheptulosa y perseitol) y es relativamente rico en ciertas vitaminas, fibra dietética, minerales y sustancias nitrogenadas. Asimismo, nos indica que la calidad del aceite de la palta es muy similar a la del aceite de oliva con aproximadamente un 75% de ácidos grasos monoinsaturados, 15% saturados y 10% de ácidos grasos poliinsaturados. Sin embargo, existe variación con la raza, el cultivar, la región de crecimiento y la temporada de cosecha (Yahia, 2012).

Por otro lado, Donetti y Terry (2014) nos indica que una de las características extraordinarias de la palta es su efecto benéfico adicional, que ayuda a eliminar el colesterol, además, respecto a todas las frutas y verduras posee un gran valor nutricional. Asimismo, Qin y Zhong (2016), señala que una de las principales características del fruto de la palta es el contenido de aceite y agua. En la Tabla 3 se muestra la composición química de la variedad Fuerte y Hass.



**Tabla 3 — Composición química de la Palta variedad Fuerte y Hass**

Composición	Cultivares	
	Fuerte	Hass
Agua (%)	71,20	74,60
Grasas (%)	23,40	20,60
Proteína (%)	2	1,80
Fibra (%)	1,90	1,40
Ceniza (%)	1,20	1,20
Ac. Ascórbico (mg)	6	11
Niacina (mg)	1,50	1,90
Vitamina B6 (mg)	0,61	0,62
Potasio (mg)	460	480
Fosforo (mg)	29	14
Magnesio (mg)	23	23
FUENTE: Sánchez, 2014		

### 3.2.5 Variedad

Según Romero (2019), señala que las variedades del fruto de Palta de mayor importancia para los mercados que se cultivan en el Perú son la Hass y Fuerte.

- **Variedad Hass**

El fruto de la variedad Hass (*Persea americana Mill*), se caracteriza por poseer una piel rugosa o semirrugosa (como se muestra en la Figura 2) con coloración que varía de verde a morado negruzco al madurar, de forma ovalada y un peso promedio de 200 a 300 gramos, Su pulpa es verde amarillento, suave y de textura no fibrosa (como la mantequilla), Sus semillas son pequeñas, contienen de 18 por ciento a 26 por ciento de lípidos y se pueden almacenar hasta por 4 semanas (Tineo et al., 2018).

Esta variedad se obtiene cruzando variedades guatemaltecas y mexicanas. Originario de California (Estados Unidos) fue nombrado en memoria del Sr. Descubrimiento por Rodolphe Haas en 1935 (Tineo et al., 2018). Además, es la variedad de gran importancia en los mercados (nacional y mundial), debido a su destacada y excelente calidad y un sabor exquisito al paladar.





FUENTE: MIDAGRI, 2020

**Figura 2 — Variedad de palta Hass (*Persea americana Mill*)**

Esta variedad se adapta a las condiciones agroecológicas como son la costa, selva y en los valles interandinos del país, puede llegar a desarrollarse máximo sobre los 2600 metros sobre el nivel del mar y su cosecha en los valles interandinos es entre los meses de noviembre a abril (Tineo et al., 2018).

- **Variedad Fuerte**

Esta variedad se caracteriza por poseer una piel suave de color verde y se presenta en forma de pera (como se muestra en la Figura 3) con un peso que puede variar de los 300 gramos a 400 gramos y su contenido de lípidos varía de 18 a 22 por ciento. Esta variedad resulta del cruce de la raza guatemalteca y la raza mexicana, originaria en Puebla (México), su desarrollo máximo es entre los 700 a 1800 metros sobre el nivel del mar, cabe resaltar que en la costa y los valles interandinos su desarrollo es hasta los 2800 metros sobre el nivel del mar, su cosecha es por los meses de marzo a julio. Asimismo, esta variedad presenta buena calidad con más concentración de grasa a comparación de la variedad Hass (Tineo et al., 2018).



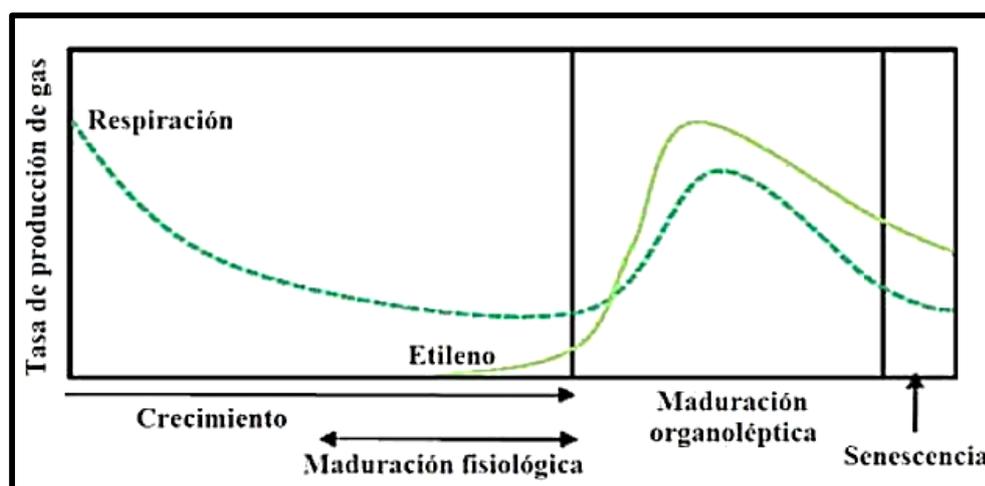


FUENTE: Gobierno regional de Apurímac, 2024

**Figura 3 — Palta variedad Fuerte (*Persea americana*)**

### 3.2.6 Desarrollo fisiológico de la palta

El desarrollo fisiológico de la palta se divide en cuatro etapas clave: crecimiento, maduración fisiológica, maduración organoléptica o sensorial, y senescencia (Figura 4). La etapa de crecimiento implica la división y expansión celular, que determina el tamaño final de la fruta. Las etapas de crecimiento y maduración fisiológica, conocidas conjuntamente como la etapa de desarrollo, tienen lugar antes de la cosecha. En particular, la maduración fisiológica de la palta puede ser prolongada mediante el retraso de la cosecha, permitiendo que la fruta acumule mayores cantidades de aceite (Blakey, 2011).



FUENTE: Blakey, 2011

**Figura 4 — Etapas de desarrollo fisiológico de la palta**

A diferencia de otras frutas, las paltas no alcanzan su madurez sensorial en el árbol, sino que solo maduran después de ser cosechadas. La época de cosecha de las paltas



tiene un impacto significativo en su maduración y vida útil, la cosecha prematura durante la temporada puede resultar en una baja cantidad de materia seca en la pulpa, lo que a su vez se relaciona con una maduración irregular, textura acuosa, falta de sabor, arrugas, ennegrecimiento y una concentración reducida de aceite en la fruta (Kassim et al., 2013).

Es importante destacar que la maduración sensorial de la palta es principalmente impulsada por el proceso de respiración, el cual se divide en tres fases: una etapa pre-climatérica caracterizada por una respiración mínima, una etapa climatérica con la tasa de respiración más alta, y una etapa post-climatérica marcada por una disminución en la respiración. Durante las etapas pre-climatérica y climatérica, se producen numerosos cambios bioquímicos, organolépticos y reológicos, incluyendo procesos anabólicos y catabólicos que requieren una gran cantidad de energía, lo que hace que la palta sea más atractiva y apetecible (Blakey, 2011).

Finalmente, la senescencia se caracteriza por la predominancia de procesos catabólicos sobre los anabólicos, lo que conduce al envejecimiento y la muerte celular. Esto ocurre porque, durante el proceso de respiración, el oxígeno se consume y el dióxido de carbono se produce, liberando energía en forma de calor, lo que indica el final del ciclo de vida de la palta (Blakey, 2011).

### **3.2.7 Índice de madurez**

El proceso de maduración de la fruta implica una serie de cambios complejos y observables que llevan a la manifestación de características físico-químicas específicas, permitiendo distinguir dos estados de madurez: la madurez fisiológica y la madurez de consumo o comercial. La madurez fisiológica se refiere al punto máximo de crecimiento del fruto, mientras que la madurez de consumo se alcanza cuando el fruto ha desarrollado las características organolépticas deseadas por el consumidor, como color, sabor y aroma (Pedreschi et al., 2016).

La determinación del momento adecuado para iniciar la cosecha de la palta es crucial desde una perspectiva comercial. Cosechar la fruta antes de que alcance su madurez óptima puede resultar en una maduración y calidad deficientes. Por otro lado, cosechar después del punto óptimo puede reducir la vida útil de la fruta después de la cosecha. Por lo tanto, para identificar el punto óptimo de cosecha, se



utilizan varios indicadores, siendo los más importantes el contenido de materia seca y el contenido de aceite (Yahia, 2012).

Bernal et al. (2020), define la maduración como “el proceso complejo que atraviesa la fruta por el cual adquieren las características que las hacen aptas para ser comestibles”. Por la que es importante distinguir los conceptos Madurez fisiológica y organoléptica, madurez fisiológica significa la etapa de desarrollo de la fruta su máximo crecimiento y las semillas están vivas mientras que la madurez organoléptica está directamente relacionada con necesidades específicas del mercado y propiedades sensoriales típicas del fruto (Bernal et al., 2020).

La palta no madura completamente en el árbol, ya que la planta produce una sustancia que inhibe la maduración y la transfiere al fruto a través del tallo. Por lo tanto, es crucial determinar el momento exacto de la cosecha para asegurar que el fruto madure en condiciones óptimas, lo que maximiza su calidad y minimiza las pérdidas (Cerdas et al., 2006). Por lo que, un manejo inadecuado del momento de cosecha puede tener consecuencias negativas, tanto si se cosecha demasiado pronto como si se cosecha demasiado tarde. La recolección temprana puede resultar en los frutos un bajo contenido de lípidos, presencia de fibras en la pulpa, aspecto arrugado y una calidad general baja. Por otro lado, la recolección tardía puede provocar una vida útil más corta, maduración irregular, sabor deficiente, contenido excesivo de lípidos y germinación de la semilla. Por lo tanto, un manejo óptimo del momento de cosecha es crucial para cumplir con los estándares de calidad del mercado y asegurar la satisfacción del consumidor (Bernal et al., 2020).

Por otro lado, Cerdas et al. (2006) nos indica que existen varios indicadores que se utilizan para determinar el momento óptimo de cosecha de la palta, incluyendo: el tamaño y la forma del fruto, su textura, color, contenido de aceite, contenido de materia seca, tasa de respiración y la pérdida de peso del fruto. Estos indicadores ayudan a definir el momento preciso para cortar la palta y asegurar su calidad óptima (Cerdas et al., 2006).

Ozdemir y Topuz (2004), también mencionan que la madurez de la palta y el tiempo de recolección se determinan de acuerdo con marcadores externos (color y tamaño) o midiendo el contenido de aceite en la pulpa. Sin embargo, indicaron que determinar la madurez de la palta es difícil porque el comienzo de la maduración



no se acompaña de cambios externos visibles. Ante esto mencionan que el contenido mínimo de aceite necesario para la comercialización de la palta es del 8 por ciento (Ozdemir y Topuz, 2004).

Por otro lado, Yahia (2012) menciona que, para obtener un producto de alta calidad, se requiere un contenido de materia seca de 25 por ciento en la fruta, que equivale a aproximadamente a un 13 por ciento de contenido de aceite. Asimismo, indica que, se pueden considerar otros índices complementarios, tales como el tamaño, el color de la piel, la firmeza y la ausencia de heridas, manchas, daños por insectos, residuos y otros contaminantes. Cuando están maduros, los principales índices de calidad son la ausencia de enfermedades, trastornos fisiológicos y daños físicos (Yahia, 2012).

### **3.2.8 Características fisicoquímicas del fruto**

#### **a) Materia seca**

La materia seca se define como las sustancias que no se volatilizan bajo las condiciones de secado, expresada como porcentaje en fracción másica (Weissbluth y Valenzuela, 2007).

El contenido de materia seca en el fruto de la palta es un indicador comúnmente utilizado en muchos países para determinar su madurez. Cada país ha establecido estándares mínimos legales de materia seca para la cosecha de la palta, que varían entre 19% y 25%, dependiendo del cultivar específico. Por ejemplo, la variedad Fuerte tiene un estándar mínimo de 19%, mientras que la variedad Hass requiere un mínimo de 20.8% de materia seca para ser considerada madura (Cerdas et al., 2006).

Por otro lado, si el fruto de la palta se cosecha con un contenido de materia seca por debajo del recomendado, esto puede provocar una maduración irregular e impedir que el fruto desarrolle completamente sus atributos de calidad (Cerdas et al., 2006).

#### **b) Humedad**

Según Badui (2006), la humedad se refiere al contenido de agua en una sustancia o material, expresado como un porcentaje del peso total. En el



contexto de la ciencia de los alimentos, la humedad es un parámetro importante para determinar la calidad y estabilidad de los productos alimenticios.

Además, Badui (2006) define la humedad como "el porcentaje de agua contenida en una sustancia, que se expresa como la relación entre el peso del agua y el peso total de la sustancia, multiplicado por 100".

Finalmente, Ozdemir y Topuz (2004), señalan que durante "el proceso de maduración de la palta, el porcentaje de humedad del fruto se reduce y paralelamente el contenido de aceite y el sabor aumentan". Por lo que se puede mencionar que el contenido total de lípidos y el porcentaje de humedad son recíprocos.

### c) **Lípidos**

El término lípido tiene su origen en la palabra griega 'lipos', que se refiere a la grasa, aunque su aplicación precisa no ha sido claramente definida. Inicialmente, se describía a los lípidos como sustancias que no se disuelven en agua, pero sí en disolventes orgánicos como el cloroformo, el hexano y el éter de petróleo (Badui, 2006).

Los lípidos son un grupo de compuestos orgánicos compuestos por carbono, hidrógeno y oxígeno, que pueden contener cadenas hidrocarbonadas alifáticas o aromáticas, así como fósforo y nitrógeno. Estas moléculas desempeñan una variedad de funciones en los tejidos y son la principal fuente de energía, ya que liberan 9 kcal por gramo, debido a su alta proporción de átomos de carbono en comparación con las proteínas y carbohidratos, que producen 4 kcal/g cada uno (Badui, 2006).

Los lípidos más prevalentes en los alimentos son las grasas y los aceites, los cuales influyen significativamente en la textura y las características organolépticas y nutricionales de los productos alimenticios. Aunque no existe una definición precisa que diferencie entre grasas y aceites, algunos expertos sugieren que las grasas suelen provenir de origen animal, mientras que los aceites se derivan de fuentes vegetales. Otra posible distinción radica en su estado físico a temperatura ambiente, siendo las grasas generalmente sólidas y los aceites líquidos (Badui, 2006).



Las principales fuentes de lípidos son las semillas oleaginosas y los tejidos animales, tanto terrestres como marinos. Las frutas y hortalizas generalmente contienen bajos niveles de lípidos, aunque hay algunas excepciones notables como el aguacate, las aceitunas y ciertos tipos de nueces, que presentan concentraciones más elevadas (Badui, 2006).

Una de las principales características de la palta es su alto contenido de aceite, el cuál varía entre un 10% y 30% de su pulpa dependiendo de la variedad y la estacionalidad (Vivero et al., 2019).

La síntesis de aceite en la palta (*Persea americana*) ocurre a través de un proceso bioquímico complejo que implica la participación de varios enzimas y compuestos orgánicos (Badui, 2006).

A continuación, se describe una versión simplificada de la síntesis de aceite en la palta según Badui (2006):

- El fruto de la palta absorbe agua y nutrientes del suelo a través de las raíces.
- Los nutrientes, como los azúcares y los ácidos grasos, se transportan a través del floema hacia el fruto.
- En el fruto, los azúcares se convierten en acilglicerol, un compuesto que forma la base del aceite de Palta.
- Los ácidos grasos, como el ácido oleico y el ácido linoleico, se unen al acilglicerol para formar triglicéridos.
- Los triglicéridos se acumulan en las células del fruto, formando gotas de aceite.
- A medida que el fruto madura, las gotas de aceite se fusionan, formando una sola gota de aceite que se encuentra en el mesocarpio del fruto.

#### d) Color

El color es una característica sensorial de los alimentos que se percibe visualmente y puede influir en la percepción psicológica y la selección de un producto. En el caso de los productos vegetales, el color también puede indicar el grado de madurez y frescura. Sin embargo, la relación entre color y calidad no siempre es confiable debido al uso de aditivos y colorantes artificiales que pueden alterar la apariencia del producto y engañar al consumidor (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).



**e) Medición del color**

Según Wu y Sun (2013), nos indica que "La evaluación de la calidad y la inspección de los alimentos puede ser facilitada a través de la interpretación de la apariencia y la descripción de un objeto. Para medir el color, se pueden emplear métodos visuales, que dependen de la percepción humana, o métodos instrumentales, que utilizan un colorímetro o tecnologías de visión digital, permitiendo una evaluación objetiva y precisa del color de los alimentos".

En el ámbito técnico, el color se describe mediante tres atributos fundamentales: matiz, croma y brillo (Tabla 4), términos establecidos por Munsell en 1905 en el marco de la ciencia del color. Estos atributos permiten caracterizar de manera precisa las propiedades cromáticas de un objeto o superficie.

**Tabla 4 — Atributos del color**

<b>Atributo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ejemplo</b>
Matiz	Tono, tinte, color, "hue". Es caracterizado por la longitud de onda de la radiación y hace diferente un color de otro. Representa un espacio en el diagrama de cromaticidad.	Rojo-amarillo o verde-amarillo
Cromaticidad	Saturación, intensidad, pureza, "chroma". Define la intensidad o pureza espectral del color que va desde los tonos grises, pálidos, apagados a los más Fuertes y vivos. Es el grado de color ( incoloro, brillo, palidez).	Brillante rojo-amarillo o pálido-rojo amarillo
Luminosidad	Brillante, brillo, "brightness". Es dado por el contenido total de energía. Da lugar a los colores claros y oscuros. Es el grado entre la oscuridad y el brillo máximo.	Rojo brillante-amarillo o rojo oscuro-amarillo

FUENTE: Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014.

Una de las características que los consumidores buscan en la palta es el cambio de color que experimenta la fruta durante su maduración. En la variedad Fuerte, el color cambia de verde a verde oscuro, mientras que en la variedad Hass, el cambio es de verde a negro. Este cambio de color es un indicador clave del estado de madurez de la fruta, lo que ayuda a los consumidores a seleccionar aguacates en su punto óptimo de consumo (Ferreyra y Defilippi, 2012).



Asimismo, Conde y Báez (2000) nos indica que, en la mayoría de las frutas el color de la piel se transforma durante el proceso de maduración, lo que se debe a la descomposición de la clorofila y la producción de otros pigmentos como carotenoides y antocianinas. El color es un indicador crucial para determinar el estado de madurez y la calidad de la fruta. Se trata de una percepción subjetiva humana, que resulta de una serie de procesos complejos en el sistema visual humano, lo que permite a los consumidores evaluar la fruta de manera visual (Conde y Báez, 2000).

### 3.2.9 Sistema CIE

La Comisión Internacional de Iluminación (CIE) ha creado los sistemas de color más influyentes y ampliamente utilizados en la actualidad, que se fundamentan en el uso de fuentes de iluminación y observadores estándar para describir y medir el color de manera precisa y objetiva (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014). Los sistemas CIE usan tres coordenadas para ubicar un color en un espacio de color. A continuación, mencionaremos dos espacios de color que incluyen CIE  $L^*a^*b^*$  y CIE  $L^*C^*h^\circ$ .

La coordenada  $L^*$  hace referencia a la luminosidad o claridad y, tomar valores entre 0 y 100. Las coordenadas colorimétricas  $a^*$  y  $b^*$  forman un plano perpendicular a la coordenada  $L^*$  (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).

La coordenada  $a^*$  indica la desviación del punto neutro (acromático) hacia tonos rojizos si es positiva, o hacia tonos verdes si es negativa. De manera similar, la coordenada  $b^*$  muestra la desviación hacia tonos amarillentos si es positiva, o hacia tonos azulados si es negativa (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).

Asimismo, Mathias-Rettig y Ah-Hen (2014) que el conjunto  $a^*$  y  $b^*$  se conoce como cromaticidad y, junto con la coordenada  $L^*$ , define el color de un estímulo en un sistema de coordenadas cartesianas o rectangulares. Sin embargo, la cromaticidad no proporciona información explícita sobre el tono ni la saturación del color. Para superar esta limitación, se introducen las coordenadas  $C^*$  (croma) y  $h^\circ$  (tono), que ofrecen una descripción más completa del color. Y se calcula con las siguientes ecuaciones.



$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5}$$

$$h^\circ = [\arctg (b^*/a^*)]$$

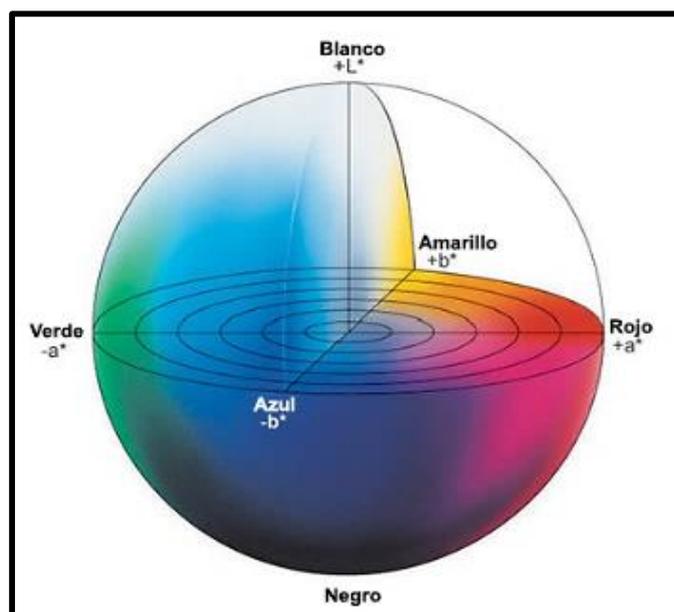
El croma,  $C^*$ , tiene un valor de 0 para colores acromáticos y generalmente no supera 150, aunque puede alcanzar valores superiores a 1000 para colores monocromáticos. El tono,  $h^\circ$ , varía entre 0 y 360 grados, pero es indefinido para colores acromáticos ( $a^* = b^* = 0$ ). Tanto  $C^*$  como  $h^\circ$  describen la cromaticidad del color de un estímulo y, junto con  $L^*$ , determinan las coordenadas cilíndricas del espacio de color CIE Lab, que son similares a las coordenadas del sistema Munsell (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).

En este sistema, la especificación numérica del color psicofísico se define mediante tres magnitudes fundamentales:  $L^*$  (luminosidad),  $C^*$  (croma) y  $h^\circ$  (tono), en ese orden. Es importante destacar que, aunque la caracterización del color se logra mediante las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , el objetivo principal de la colorimetría es determinar de manera objetiva las diferencias de color entre estímulos (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).

Los instrumentos de medición de color, incluyendo espectrofotómetros y colorímetros, pueden cuantificar éstos atributos de color fácilmente. Ellos determinan el color de un objeto dentro del espacio de color y muestran los valores para cada coordenada  $L^*$ ,  $a^*$ , y  $b^*$ . En la figura 5, se muestra el espacio CIELab (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).

Los colorímetros son dispositivos que imitan la percepción del color y la luz del ojo humano, utilizando tres filtros para cada longitud de onda: rojo, verde y azul. De esta manera, se simula la respuesta humana al color y la luz. En algunas aplicaciones de control de calidad, estos instrumentos ofrecen una solución de bajo costo para evaluar la respuesta cromática (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).





FUENTE: Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014

**Figura 5 — Espacio colorimétrico tridimensional CIEL\*a\*b\***

### 3.2.10 Ácidos grasos

En su estado puro, las grasas y los aceites están compuestos exclusivamente por triacilglicéridos, también conocidos como triglicéridos, que son moléculas formadas por la unión de ácidos grasos con glicerol a través de enlaces éster. Por lo tanto, los ácidos grasos representan una proporción significativa de la composición de los triacilglicéridos y, por ende, de las grasas y los aceites (Badui, 2006).

Asimismo, Badui (2006) nos indica que originalmente, los ácidos grasos se caracterizaban como moléculas alifáticas monocarboxílicas con un número par de átomos de carbono, que podían ser saturados o insaturados.

Sin embargo, con el tiempo se han identificado muchos más tipos de ácidos grasos, incluyendo ácidos cíclicos, ramificados, hidroxilados y con un número impar de átomos de carbono, entre otros. Actualmente se conocen más de 400 ácidos grasos presentes en la leche, algunos vegetales y ciertos microorganismos. Aunque existen muchas variedades, la mayoría se encuentran en concentraciones muy bajas y tienen un efecto mínimo en las propiedades físicas y químicas de los productos que los contienen (Badui, 2006).

Por otro lado, Ozdemir y Topuz (2004) nos indican que a "medida que aumenta el aceite en el mesocarpio, el contenido de agua disminuye en la misma cantidad,



por lo que el porcentaje total de aceite y agua permanece constante durante la vida útil de la fruta. Sin embargo, la biosíntesis de triglicéridos no comienza al inicio de la vida fisiológica de la fruta" (Ozdemir y Topuz, 2004).

Asimismo, Ozdemir y Topuz (2004), describen la bioquímica del metabolismo de los lípidos en el aceite de las frutas, quienes mencionan que, el precursor más importante para la biosíntesis de ácidos grasos novo es el acetil-CoA, seguida de una serie de reacciones de elongación y desaturación, que dan lugar a la formación de ácidos grasos de cadena larga, principalmente ácido oleico, linoleico y linolénico. Los productos de síntesis de ácidos grasos son principalmente cadenas acilo saturadas  $C_{16}$  o  $C_{18}$  (Ozdemir y Topuz, 2004).

Las paltas contienen cinco triglicéridos en cantidades significativas: ácidos palmíticos, palmitoleicos, oleicos, linoleicos y linolénicos. Donde el ácido oleico es el ácido graso predominante en la fruta madura, seguido de palmítico, linoleico, palmitoleico y linolénico, pero las concentraciones varían según la región de producción y la variedad del cultivo (Ozdemir y Topuz, 2004).

En el análisis de los ácidos grasos, se han definido dos grupos fundamentales para su clasificación: los ácidos grasos saturados y los insaturados, facilitando así una comprensión más profunda de sus características y propiedades, a continuación, presentamos la descripción de estos dos grupos.

- **Ácidos grasos saturados**

Los ácidos grasos presentan una variación en su longitud de cadena, comprendida entre 4 y 26 átomos de carbono. La temperatura de fusión o punto de fusión de estos compuestos aumenta a medida que lo hace el peso molecular o la longitud de la cadena. Como resultado, los ácidos grasos con cadenas más cortas ( $C_4$ - $C_8$ ) se encuentran en estado líquido a  $25^{\circ}C$ , mientras que aquellos con cadenas más largas ( $C_{10}$  en adelante) son sólidos a esta temperatura (Tabla 5). Además, la solubilidad de los ácidos grasos en agua disminuye a medida que aumenta el peso molecular (Badui, 2006).



Tabla 5 — Ácidos grasos saturados

Nombre trivial	Nombre científico	Fórmula	Punto de fusión (°C)
Butírico	Butanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	-5,90
Caproico	Hexanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	-3,40
Caprílico	Octanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	16,70
Cáprico	Decanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	31,60
Láurico*	Dodecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	44,20
Mirístico*	Tetradecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	54,40
Palmítico*	Hexadecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	63,00
Estearico*	Octadecanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	69,40
Araquídico	Eicosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	76,00
Behénico	Docosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	79,90
Lignocérico	Tetracosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	84,20
Cerótico	Hexacosanoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{24}\text{COOH}$	87,70

FUENTE: Badui, 2006  
 \*: Ácidos grasos saturados más comunes en alimentos.

- **Ácidos grasos insaturados**

Los ácidos grasos insaturados poseen una alta reactividad química debido a sus dobles ligaduras, lo que los hace propensos a reacciones de saturación, oxidación e isomerización. Son muy comunes en los aceites vegetales y marinos. La temperatura de fusión de estos ácidos grasos disminuye a medida que aumenta el número de dobles ligaduras, siendo siempre menor que la de los ácidos grasos saturados con la misma longitud de cadena (Badui, 2006).

Los ácidos grasos insaturados presentan una elevada reactividad química debido a la presencia de dobles enlaces, lo que los hace susceptibles a sufrir reacciones de hidrogenación, oxidación e isomerización. Estos ácidos grasos son abundantes en aceites de origen vegetal y marino. La temperatura de fusión de los ácidos grasos insaturados disminuye a medida que aumenta el número de dobles enlaces, siendo siempre inferior a la de los ácidos grasos saturados con la misma longitud de cadena (Badui, 2006).

Asimismo, Badui (2006) nos indica que "los ácidos grasos con una sola doble ligadura se denominan monoinsaturados, mientras que aquellos con múltiples dobles ligaduras se llaman poliinsaturados. En el caso de los monoinsaturados, la mayoría presenta la doble ligadura entre los carbonos 9 y 10".



En el caso de las grasas y aceites de origen terrestre, el ácido linoleico es el más común, seguido de cerca por el ácido oleico, que se encuentra en alimentos como el cacahuate, la oliva, la palta, entre otros. El ácido linolénico, presente en la soya, también es notable en este grupo (Badui, 2006). En la Tabla 6, se muestra los ácidos grasos insaturados.

**Tabla 6 — Ácidos grasos insaturados**

Nombre trivial	Nombre científico	Fórmula	Punto de fusión (°C)
Palmitoleico	Hexadeca-9-enoico	C <sub>15</sub> H <sub>29</sub> COOH	-0,50
Oleico*	Octadeca-9-enoico	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH	13,00
Linoleico*	Octadeca-9:12-dienoico	C <sub>17</sub> H <sub>31</sub> COOH	-5,00
Linolénico*	Octadeca-9:12:15-trienoico	C <sub>17</sub> H <sub>29</sub> COOH	-11,00
Araquidónico	Eicosa-5:8:11:14-tetraenoico	C <sub>19</sub> H <sub>31</sub> COOH	-49,50
Vaccénico	trans-Octadeca-11-enoico	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH	40,00
Gadoleico	Eicosa-11-enoico	C <sub>19</sub> H <sub>37</sub> COOH	23,50
Erúcido	Docosa-13-enoico	C <sub>21</sub> H <sub>39</sub> COOH	38,00

FUENTE: Badui, 2006  
 \*: Ácidos grasos insaturados más comunes en alimentos.

Por otro lado, La composición de ácidos grasos del aceite de palta se muestran en la Tabla 7, la composición puede variar según la variedad, tiempo de cosecha y período de maduración después de la cosecha, y muestran resultado significativo en los primeros 4 días de maduración después de la cosecha (Vivero et al., 2019).

Por otro lado, Ozdemir y Topuz (2004), señalan que "el aceite de palta está compuesto principalmente de ácido oleico (50-60%), seguido del ácido palmítico (15-20%), posteriormente el ácido palmitoleico (6-10%), posteriormente ácido linoleico (11-15%) y finalmente el ácido  $\alpha$ -linolénico (1%)".

La composición de lípidos en la palta varía de acuerdo con el origen y el periodo de cosecha, siendo el ácido oleico el que varía significativamente, se ha reportado que la palta peruana contiene de 40 a 47 % de ácido oleico después de Chile y España que tienen más alto porcentaje de ácido oleico (Donetti y Terry, 2014).



**Tabla 7 — Composición lipídica del fruto de la palta**

Tipo de ácido graso	Ácido graso	Nomenclatura	g/100 g graso
Saturado (16-20%)	Palmítico	C16:0	12,50 – 14,00
	Esteárico	C18:0	0,20 – 0,40
	Araquídónico	C20:0	0,10
Monoinsaturado (66-72%)	Palmitoleico	C16:1	4,00 – 5,00
	Oleico	C18:1n-9	70,00 – 74,00
	Gadoleico	C20:0	0,10
Poliinsaturado (8-13%)	Linoleico	C18:1n-9	9,00 – 10,00
	Alfa-linolénico	C18:3n-3	0,30 – 0,60
FUENTE: Vivero et al., 2019			

### 3.2.11 Producción y exportación de la palta peruana

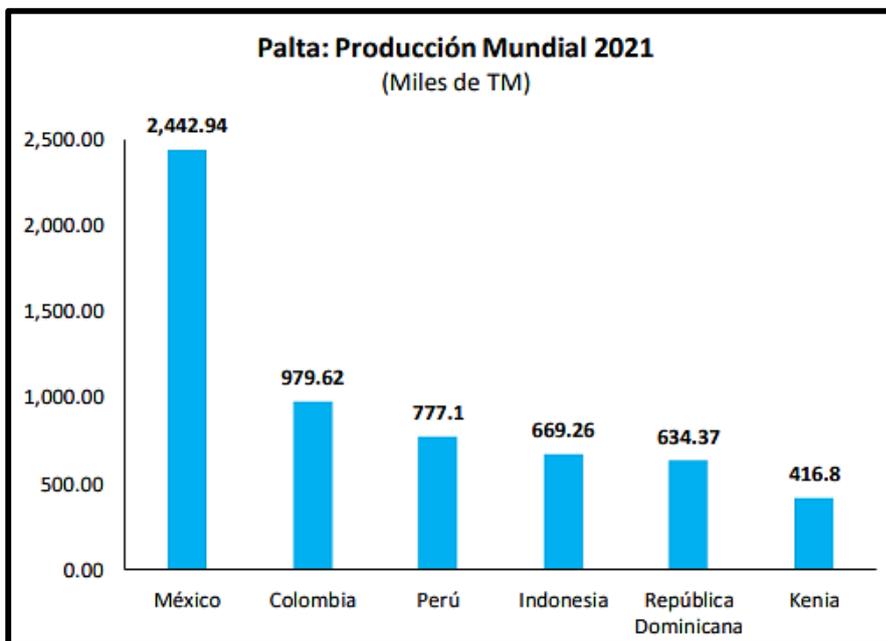
La palta ha experimentado un notable aumento en su producción y consumo, siendo América Central y del Sur los principales productores, con una participación del 71,9% en la producción global. En la última década y media, el consumo de palta en Estados Unidos ha crecido de manera exponencial, casi multiplicándose por cuatro. Esta tendencia positiva genera optimismo para introducir la palta en nuevos mercados, como Europa y Asia, y seguir expandiendo su demanda (Fort y Ezpinoza, 2023).

El Perú es el tercer mayor productor de palta a nivel mundial, con una participación mayor al 10%. Posee un rendimiento superior al promedio mundial y las principales zonas de cultivo se encuentran en La Libertad, Lima, Ica, Lambayeque, Ancash, Huancavelica, Arequipa, Junín, Ayacucho, Cusco entre otros (Fort y Ezpinoza, 2023). En la figura 6 se muestra la producción mundial de palta en el año 2021.

Por otro lado, en la Figura 7, se observa que la región La Libertad lidera la producción nacional de palta gracias a su potencial agroexportador, impulsado por empresas y asociaciones de productores. La región cuenta con condiciones óptimas para cultivos clave en la agroexportación, incluyendo palta. Factores como el clima, suelos y proximidad a puertos costeros han facilitado un notable

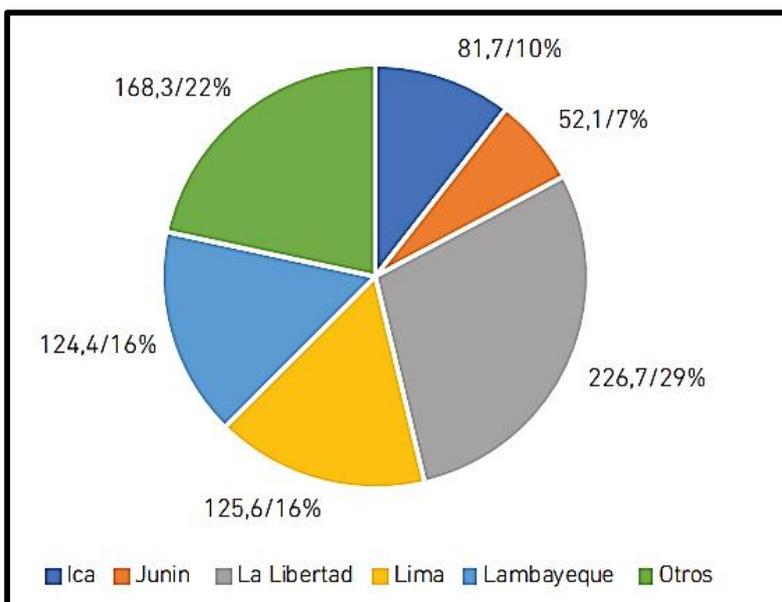


avance productivo y tecnológico en la producción de palta, consolidando a La Libertad como un hub agroexportador en el país (CIEN-ADEX, 2023).



FUENTE: CIEN-ADEX, 2023

**Figura 6 — Producción de palta a nivel mundial 2021 (miles de toneladas).**



FUENTE: CIEN-ADEX, 2023

**Figura 7 — Producción de palta a nivel nacional – 2021 (miles de toneladas)**

Finalmente, la región Apurímac es una de las regiones con mayor potencial productivo y comercial para la palta a nivel nacional (MIDAGRI, 2020). Su producción ha crecido sostenidamente desde el año 2012, En la Tabla 8, se observa la producción de Palta a nivel regional desde el año 2023 a 2024.

**Tabla 8 — Producción de principales productos agropecuarios en la Región de Apurímac (Miles de toneladas)**

Subsectores	Estructura porcentual 2023 2/	Febrero			
		2023	2024	Var. %	Contribución al crecimiento 3/
<b>AGRÍCOLA</b>	81,30			61,40	34,70
<b>Orientado al mercado externo y agroindustria 2/</b>	7,00			-21,70	-3,10
Palta	3,00	2,70	2,10	-22,00	-3,00
Mango	0,00	0,10	0,10	-24,70	-0,10
Quinua	3,00	0,00	0,00	-	-
Maíz amarillo duro	0,90	0,00	0,00	-	-
Orégano	0,10	0,00	0,00	-	-
Alcachofa	0,00	0,00	0,00	-	-
Cacao	0,00	0,00	0,00	-	-
Caña de azúcar	0,00	0,00	0,00	-	-
<b>Orientado al mercado interno 2/</b>	74,30			89,00	37,70
Papa	32,70	5,80	26,30	355,00	40,60
Alfalfa	3,90	14,60	17,10	17,30	1,30
Rye grass	0,50	9,10	6,80	-25,70	-0,30
Cirolero	0,10	0,10	0,00	-67,80	-0,30
Melocotón	0,20	0,40	0,40	-16,10	-0,40
Maíz choclo	2,50	1,50	1,20	-17,30	-0,60
Tuna	0,50	2,00	1,60	-18,80	-0,80
Trébol	1,20	8,30	5,20	-36,90	-0,90
Olluco	2,80	0,70	0,10	-89,60	-1,40

FUENTE: Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) - sucursal Cusco, 2024  
 (2/): Estimado a precios del 2007.  
 (3/): Con base en la estructura de similar periodo 2023.

El crecimiento del subsector agrícola se atribuye principalmente al aumento de la producción para el mercado interno, que registró un incremento del 195,7 %, impulsado por mayores cosechas de papa, alfalfa y melocotón. Sin embargo, la producción destinada a la exportación y la agroindustria experimentó una disminución del 25,5 por ciento, debido a la reducción en la producción de palta y mango (BCRP, 2024).



Asimismo, Las provincias de Chincheros, Abancay, Andahuaylas y Aymaraes son las que concentran los distritos con mayor producción de Palta, superando las 150 toneladas por distrito. Si bien el rendimiento a nivel provincial ha demostrado ser volátil, la región en conjunto se mantiene con una evolución positiva, con una producción que crece entre 6 y 7 toneladas por hectárea (Fort y Ezpinoza, 2023). La producción de la variedad Fuerte se destina casi en su totalidad a abastecer el mercado nacional, mientras que la variedad Hass es destinada a la exportación.

Es importante mencionar, que en el año actual (2024), los departamentos que destacaron por su mayor producción de palta fueron Lima (394,1%), Ica (185,0%), Ayacucho (115,5%) y Huancavelica (81,6), Sin embargo, se redujo en Lambayeque (-80,0%), Apurímac (-22,0%) y Áncash (-3,3%), entre otros. En febrero de 2024, la producción de palta totalizó 57 mil 257 toneladas, lo cual significó un crecimiento de 47,4%, respecto a similar mes del año anterior (38 mil 846 toneladas). Este comportamiento positivo se explicó por las mayores cosechas realizadas que se vieron influenciadas por buenas condiciones térmicas que favorecieron la etapa de maduración del fruto, destinado tanto al mercado externo y a la agroindustria (Plataforma digital única del estado peruano, 2024).

Según, CIEN-ADEX (2023) indica que “Perú es un importante proveedor de palta a nivel mundial”. En la Figura 11 la evolución de las exportaciones de palta (2018-2023).



FUENTE: CIEN-ADEX, 2023

Figura 1 1 — Evolución de las exportaciones de palta (2018-2023)



De donde podemos decir; Entre 2018 y 2022, las exportaciones peruanas de palta experimentaron un crecimiento promedio anual del 5.2%, impulsado principalmente por el aumento significativo en las exportaciones de palta fresca (61.6%). Este crecimiento sostenido refleja la creciente demanda internacional por estos productos y la capacidad de Perú para satisfacerla. Por lo que, en el 2022, las exportaciones peruanas de palta se situaron en US \$ 976,3 millones, cifra que significó una caída de 11 % respecto al año anterior. Pero a diferencia de esto, en el año 2023, al cierre del mes de mayo, las exportaciones peruanas de palta sumaron US \$ 472,3 millones, cifra mayor en 37, 3 % respecto al mes de mayo del periodo del año anterior (CIEN-ADEX, 2023).

### 3.2.12 Diseño de experimentos

Gutiérrez y De La Vara (2012), definen el diseño de experimentos como "la aplicación del método científico para generar conocimiento acerca de un sistema o proceso, por medio de pruebas planeadas adecuadamente ". Esta metodología ha evolucionado hacia un conjunto integral de herramientas estadísticas y de ingeniería, diseñadas para desentrañar y optimizar situaciones complejas, identificando y analizando las relaciones de causa y efecto (Gutiérrez y De La Vara, 2012).

#### **Experimento**

El experimento consiste en realizar un cambio controlado en las condiciones de operación de un sistema o proceso, con el propósito de medir el efecto de ese cambio en las propiedades del producto o resultado. De esta manera, se puede obtener una comprensión más detallada del sistema y de sus comportamientos (Gutiérrez y De La Vara, 2012).

- **Unidad experimental**

La unidad experimental se refiere a la muestra o pieza específica que se selecciona para obtener un valor representativo del resultado del experimento o prueba. Es crucial definirla con precisión en cada estudio experimental, ya que puede tratarse de una sola pieza, una muestra de sustancia o un conjunto de piezas producidas, dependiendo del proceso que se esté analizando (Gutiérrez y De La Vara, 2012).



- **Variables de respuesta**

Las variables de respuesta permiten evaluar el impacto de cada prueba experimental, proporcionando información valiosa sobre la calidad de un producto o el desempeño de un proceso. El propósito principal de numerosos estudios experimentales es identificar estrategias para optimizar estas variables de respuesta y lograr mejoras significativas (Gutiérrez y De La Vara, 2012).

- **Factores estudiados**

Son las variables que se investigan en el experimento respecto de cómo influye o afecta a las variables de respuesta, los factores estudiados pueden ser controlables o no controlables, a estos últimos quizás fue posible y de interés controlarlos durante el experimento, para que un factor pueda ser estudiado es necesario que durante el experimento se haya probado en, al menos, dos niveles o condiciones (Gutiérrez y De La Vara, 2012).

- **Niveles y tratamiento**

Los diferentes valores que se asignan a cada factor estudiado en un diseño experimental se llama niveles una combinación de niveles de todos los factores estudiados se llama tratamiento (Gutiérrez y De La Vara, 2012).

- **Error**

Siempre que se realiza un estudio experimental, parte de la variabilidad observada en la respuesta no se podrá explicar por los factores estudiados. Esto es, siempre habrá un remanente de variabilidad que se debe a causas comunes o aleatorias que generan la variabilidad natural del proceso esta variabilidad constituye el llamado error aleatorio. Sin embargo, El error aleatorio también observará todos los errores que el experimentador comete durante los experimentos y si estos son graves más que error aleatorio son de error experimental (Gutiérrez y De La Vara, 2012).

#### **A. Diseños factoriales**

Gutiérrez y De La Vara, (2012), nos indica que el "el objetivo de un diseño factorial es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todos los factores. Por ejemplo, uno de los factores particulares más importantes que frecuentemente tiene un diseño



factorial es determinar una combinación de niveles de los factores en la que el desempeño del proceso sea mejor".

El efecto de un factor, se define como el cambio observado en la variable de respuesta debido a un cambio de nivel de tal factor. En particular, los efectos principales son los cambios en la media de la variable de respuesta que se deben a la acción individual de cada factor (Gutiérrez y De La Vara, 2012).

- **Diseños factoriales con tres factores**

Cuando se requiere investigar la influencia de tres factores  $A \times B \times C$  sobre una o más variables de respuesta, y el número de niveles de prueba en cada uno de los factores es  $a$ ,  $b$  y  $c$ , respectivamente, se puede construir el arreglo factorial  $axbxc$ , que consiste de  $axbxc$  tratamientos o puntos experimentales (Gutiérrez y De La Vara, 2012).

**Modelo estadístico**

En un diseño factorial  $axbxc$ , el comportamiento de la respuesta  $Y$  puede describirse mediante el modelo de efectos dado por:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

$$i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, c$$

Dónde:  $\mu$  es la media general,  $\alpha_i$  es el efecto del nivel  $i$ -ésimo del factor  $A$ ,  $\beta_j$  es el factor del nivel  $j$  del factor  $B$  y  $\gamma_k$  es el factor del nivel  $k$  en el factor  $C$ ;  $(\alpha\beta)_{ij}$ ,  $(\alpha\gamma)_{ik}$ , y  $(\beta\gamma)_{jk}$  representa efectos de interacción dobles (de dos factores) en los niveles  $ij$ ,  $ik$ ,  $jk$ , respectivamente, y  $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  es el efecto de interacción triple en la combinación o punto  $ijk$ ;  $\varepsilon_{ijkl}$  representa el error aleatorio en la combinación  $ijkl$  y  $l$  son las repeticiones del experimento. Todos los efectos cumplen la restricción de sumar cero, es decir, son desviaciones relacionadas con la medida general  $\mu$ .

**Hipótesis de interés**

El estudio factorial de tres factores  $A \times B \times C$  permiten investigar los efectos:  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $AB$ ,  $AC$ ,  $BC$  y  $ABC$ , donde el nivel de desglose o detalle con el que pueden estudiarse depende del número de niveles utilizado en cada factor. En la Tabla 9 se muestra el ANOVA para el diseño factorial  $axbxc$ . Al efecto cuyo valor- $p$  sea menor que el valor especificado para alfa, se declara estadísticamente significativo.



Tabla 9 — ANOVA para el diseño factorial axbxc (3x2x2)

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F <sub>0</sub>	Valor-p
Efecto A	SC <sub>A</sub>	a - 1	CM <sub>A</sub>	CM <sub>A</sub> / CM <sub>E</sub>	$P(F > F_0^A)$
Efecto B	SC <sub>B</sub>	b - 1	CM <sub>B</sub>	CM <sub>B</sub> / CM <sub>E</sub>	$P(F > F_0^B)$
Efecto C	SC <sub>C</sub>	c - 1	CM <sub>C</sub>	CM <sub>C</sub> / CM <sub>E</sub>	$P(F > F_0^C)$
Efecto AB	SC <sub>AB</sub>	(a - 1) (b - 1)	CM <sub>AB</sub>	CM <sub>AB</sub> / CM <sub>E</sub>	$P(F > F_0^{AB})$
Efecto AC	SC <sub>AC</sub>	(a - 1) (c - 1)	CM <sub>AC</sub>	CM <sub>AC</sub> / CM <sub>E</sub>	$P(F > F_0^{AC})$
Efecto BC	SC <sub>BC</sub>	(b - 1) (c - 1)	CM <sub>BC</sub>	CM <sub>BC</sub> / CM <sub>E</sub>	$P(F > F_0^{BC})$
Efecto ABC	SC <sub>ABC</sub>	(a - 1) (b - 1) (c - 1)	CM <sub>ABC</sub>	CM <sub>ABC</sub> / CM <sub>E</sub>	$P(F > F_0^{ABC})$
Error	SC <sub>E</sub>	abc(n - 1)	CM <sub>E</sub>		
Total	SC <sub>T</sub>	abcn-1			

FUENTE: Gutiérrez y De La Vara, 2012

### 3.2 Marco conceptual

- **Influencia:** Impacto o efecto que tienen las variables, factores o elementos estudiados sobre el fenómeno o resultado investigado.
- **Palta Hass:** Es una variedad de palta que se caracteriza por su piel gruesa y rugosa de color púrpura oscuro, casi negro, y su pulpa cremosa y de color verde oscuro. Es una de las variedades más populares y ampliamente cultivadas en todo el mundo.
- **Palta Fuerte:** Es la variedad de palta que se caracteriza por su piel delgada y lisa de color verde claro, y su pulpa cremosa y de color amarillo verdoso. Es una de las variedades más antiguas y tradicionales de palta, originaria de México y Centroamérica.
- **Localidad:** Área geográfica específica, generalmente pequeña, que puede ser una ciudad, pueblo, villa, aldea, etc.
- **Madurez:** Estado en el que la fruta ha alcanzado su máximo desarrollo y calidad, siendo apta para su consumo, en este estado la fruta ha completado su crecimiento y ha desarrollado sus características organolépticas, como sabor, textura, color y aroma, de manera óptima.
- **Madures fisiológica:** La fruta ha completado su crecimiento y desarrollo.
- **Madures de organoléptica:** La fruta está en su punto óptimo para ser consumida.



- **Variedad:** Existencia de diferencias y diversidad en un conjunto de elementos, individuos o grupos.
- **Propiedades fisicoquímicas:** son características de una sustancia que se relacionan con su comportamiento físico y químico, estas propiedades se miden experimentalmente y permiten describir y predecir el comportamiento de una sustancia en diferentes condiciones.
- **Perfil de ácidos grasos:** Es la distribución y proporción de diferentes ácidos grasos presentes en una sustancia, como un aceite, grasas o tejido biológico. Este perfil es único para cada sustancia y puede variar dependiendo de factores como clima y el procesamiento.
- **Humedad:** Contenido de agua que posee un alimento, expresado generalmente como un porcentaje del peso total del alimento. La humedad es un factor importante en la calidad, seguridad y conservación de los alimentos.
- **Materia seca:** Cantidad de materia sólida que queda en un alimento o sustancia después de eliminar el contenido de agua o humedad. La materia seca es un indicador importante de calidad y composición de los alimentos, ya que influye en su textura, sabor, valor nutricional y duración de conservación.
- **Color:** Es la percepción y la interpretación de la luz reflejada o emitida por objetos, que es captada por nuestros ojos y procesada por nuestro cerebro, el color es una forma de energía electromagnética que se encuentra en el espectro visible, y se caracterizan por su longitud de onda y su intensidad.
- **Aceite:** Sustancia líquida y viscosa que se extrae de diversas fuentes, como plantas. Semillas, frutos, animales y minerales, los aceites son una mezcla compleja de triglicéridos, que son moléculas compuestas por glicerol y ácidos grasos.
- **Ácidos grasos:** Son moléculas orgánicas que se componen de una cadena de carbonos con un grupo carboxilo (-COOH) en un extremo y un grupo metilo (-CH<sub>3</sub>) en el otro. Son componentes esenciales de los triglicéridos, que son los principales contribuyentes de los aceites y grasas.



## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### 4.1 Tipo y nivel de investigación

La investigación que se presenta en este estudio se enmarca dentro del tipo de investigación aplicada, ya que, según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), este enfoque se centra en encontrar soluciones a problemas específicos del contexto estudiado, a través de los resultados obtenidos.

En cuanto al nivel de la investigación, se adoptó el enfoque descriptivo y explicativo, ya que, según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), indican que los estudios de este nivel, se enfrascan en explicar relaciones de causalidad u efecto de factores sobre algún fenómeno específico, llamado variable.

#### 4.2 Diseño de investigación

Para esta investigación, se optó por un diseño experimental, para investigar como los factores de localidad, estado de madures y variedad del fruto de palta afectan en las características fisicoquímicas y el perfil de los ácidos grasos. Dentro de este diseño se realiza la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados (Sampieri et al., 2014).

#### 4.3 Población y muestra

##### 4.3.1 Población

La población es entendida como el conjunto total de elementos que como principal característica tienen aspectos comunes (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). Bajo ese sentido, se seleccionaron tres lugares de producción de palta de la variedad Hass y Fuerte, ubicados en diferentes localidades de la región Apurímac, se identificaron tres localidades; como se detalla en la Tabla 10.



Tabla 10 — Datos geográficos de las tres localidades de producción de Palta

Datos geográficos	Localidad		
	Pampatama – Tintay – Aymaraes	Carmen – Curahuasi – Abancay	San Lorenzo – Rocchacc – Chincheros
Altitud (m.s.n.m)	2200	2000	2600
Latitud	13°58'02.0"S	13°32'59.4"S	13°26'16.3"S
Longitud	73°09'54.9"W	72°36'59.3"W	73°37'08.8"W
Fecha de cosecha	26 octubre 2023	27 octubre 2023	29 octubre 2023

NOTA Los datos geográficos de latitud y longitud fueron extraídos de Google Maps, la altitud fue medida utilizando un altímetro (Brunton ADC – PRO).

### 4.3.2 Muestra

Las muestras fueron obtenidas mediante la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia; Los frutos de la variedad Hass y Fuerte, fueron cosechados en cada localidad de 5 árboles seleccionados al azar, tomando 4 unidades experimentales por árbol; en estado de madurez fisiológica, identificado por el brillo de la piel del fruto (pintón-verde oscuro), tamaño y en ausencia de daño físico. Recolectándose en total 6 kilogramos de cada variedad, por cada localidad.

## 4.4 Procedimiento

El presente trabajo de investigación fue desarrollado en los laboratorios de Operaciones unitarias y análisis de productos agroindustriales de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac y en el Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco; se desarrollaron en dos etapas:

### Etapa 1: Cosecha

Se llevaron a cabo viajes a tres localidades de producción de Palta en la región Apurímac, con el objetivo de realizar cosechas en cada una de ellas. Los detalles de las cosechas son las siguientes:

- Localidad 1: Se realizó la cosecha el 26 de octubre del 2023.
- Localidad 2: Se realizó la cosecha el 27 de octubre del 2023.
- Localidad 3: Se realizó la cosecha el 28 de octubre del 2023.

La recolección del fruto de palta variedad Hass y Fuerte se llevó a cabo de manera manual en cada localidad, utilizando una tijera de podar y jabas cosecheras. Se seleccionaron aleatoriamente 5 árboles en cada parcela y se cosecharon 4 frutos por árbol, considerando factores como color (verde a verde claro), tamaño y ausencia de daños físicos; el corte se realizó a 0.5 cm aproximadamente del pedúnculo para evitar dañar el fruto. Posterior a ello, los frutos se transportaron en jabas cosecheras para evitar golpes y se llevaron al laboratorio de Operaciones Unitarias de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial - UNAMBA.

## **Etapa 2: Experimentación**

Los frutos en estado de madurez fisiológico (verde), fueron sometidos al análisis fisicoquímico (humedad, materia seca, grasa y color), en los laboratorios de Operaciones Unitarias y Análisis de Productos Agroindustriales de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial – UNAMBA, los frutos restantes fueron almacenados en jabas a temperatura ambiente dentro del laboratorios de Operaciones Unitarias (primer piso), hasta alcanzar la madurez organoléptica (7 días). De igual manera, transcurridos los 7 días, los frutos en estado de madurez organoléptico fueron sometidos al análisis fisicoquímico (humedad, materia seca, grasa y color). Por último, Las muestras del aceite extraído de la pulpa de palta, fueron almacenados en frascos de color ámbar, posterior a ello, fueron transportados a los laboratorios de Cromatografía y Espectrometría de la UNSAAC, las muestras fueron sometidas al análisis de perfil y contenido de ácidos grasos.

### **4.5 Técnicas e instrumentos**

- **Determinación de humedad y materia seca**

La humedad se cuantifico tomando como referencia el método descrito por la AOAC 934.01 (2005), por cada localidad se pesó 20 gramos de pulpa de palta en estado de madurez fisiológico de la variedad Hass y Fuerte, utilizando placas de Petri. Posterior a ello, cada placa de Petri codificada se acomodó en la estufa (MERMET) a una temperatura de 70 °C a presión atmosférica, hasta alcanzar un peso contante. De igual forma, se realizó el procedimiento en estado de madurez organoléptico. Los resultados del contenido de humedad se reportaron en términos de porcentaje (%) y se calculó utilizando la fórmula 1. La materia seca se determinó por diferencia de pesos respecto



a la humedad, de igual forma, el resultado se reportó en porcentaje (%) y se calculó utilizando la fórmula 2.

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{P_1 - P_2}{P_3} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Donde, P<sub>1</sub>: peso de la placa de Petri más muestra seca, P<sub>2</sub>: peso de la placa de Petri vacía, P<sub>3</sub>: peso de la muestra húmeda.

$$\text{Materia seca (\%)} = 100 - \% \text{ humedad} \dots\dots\dots (2)$$

• **Determinación de Aceite**

El contenido de aceite se cuantifico tomando como referencia el método descrito por la AOAC 985.16 (1991), mediante el extractor de grasa (Soxhlet), se tomó una muestra representativa del fruto seco de la palta, posterior a ello, en una balanza analítica se pesó 2 gramos en dedales cubiertos con papel filtro. Inmediatamente, los dedales fueron colocados en la porta dedal del equipo, asimismo, se agregó 65 ml de éter de petróleo (solvente) a los vasos Berzelius (80 ml) y se sometió a la extracción por un tiempo de 4 h (el éter de petróleo se evapora y se recupera el aceite extraído). La síntesis del etéreo logrado se secó en estufa a 100 °C por 15 min terminado ese proceso se pesó el aceite extraído.

El resultado se reportó en porcentaje (%) en base al peso fresco del fruto, se usó la siguiente fórmula 3 (Swarts, 1976).

$$\text{Aceite (\%)} = \frac{EE * (100 - \% \text{ Humedad})}{P_m} \dots\dots\dots (3)$$

Dónde: EE: peso del aceite extraído de la muestra seca, P<sub>m</sub>: gramos de pulpa seca a la que se le extrajo el aceite.

• **Color**

El color del epicarpio (cáscara) del fruto se determinó por el método descrito por Mathias-Rettig y Ah-Hen, (2014) mediante un colorímetro (CSM7), primeramente, se calibró el equipo conforme a las indicaciones del fabricante, posterior a ello se tomó una muestra representativa al azar del fruto de palta, se colocaron por debajo del lente del equipo y se tomaron 15 disparos al azar en diferentes puntos del fruto.

Los resultados fueron expresados en los parámetros de color L\*, a\* y b\*, donde el valor de L\* indica la luminosidad que varía de 0 (negro) hasta 100 (blanco); a\* indica



la variación cromática entre verde (-) y rojo (+);  $b^*$  indica la variación cromática entre azul (-) y amarillo (+). Además, se determinó el valor del croma ( $C^*$ ) que indica Croma que varía de (0 a 150) y el Tono ( $h^\circ$ ) que indica la dirección del matiz del color que varía de (0 a  $360^\circ$ ), que se calcularon con la ecuación 4 y 5 Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0,5} \dots\dots\dots Ec. (4)$$

$$h^\circ = [\arctg (b^*/a^*)] \dots\dots\dots Ec. (5)$$

• **Perfil de ácidos grasos**

El perfil de ácidos graso se cuantifico tomando como referencia el método descrito por la AOAC 996.06 (2005), este método implica la extracción de los ácidos grasos de la palta utilizando un solvente, seguido de la separación y cuantificación de los ácidos grasos individuales mediante cromatografía de gases MSD (GC). La extracción de ácidos grasos de la palta se realizó utilizando el hexano como solvente, posterior a ello, se realizó la transesterificación, en este proceso los ácidos grasos se convirtieron en ésteres metílicos mediante la adición del ácido sulfúrico que actuó como catalizador, posterior a ello se sometió al cromatógrafo de gases MSD (GC) en donde, los ésteres metílicos se separaron y cuantificaron mediante Cromatografía de gases (GC) utilizando un detector de ionización de llama (FID).

El resultado del perfil de ácidos grasos se expresó como el porcentaje (%) de cada ácido graso individual en relación con el total de ácidos grasos presentes en muestra, la identificación se realizó mediante la comparación de las señales de los espectros de masas en forma de metil ester de la muestra con la base de datos espectrales de National Institute of Standards and Technology versión 11 (NIST v11) y un kit de material de referencia una mezcla de 19 tipos de ácidos grasos de Sigma-aldrich.

El análisis de perfil y contenido de ácidos grasos del aceite extraído de la pulpa de la palta fue solicitado como servicios al Laboratorio de Cromatografía y Espectrofotometría de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).



#### 4.5.1 Materiales

- Campana desecadora
- Vasos precipitados de 100 ml
- 10 planchas de papel filtro
- Pinzas de metal
- Probeta de 50 ml
- Tubos de ensayo de 20ml
- Probeta de 100ml
- Embudo de vidrio
- Frascos ámbar de vidrio
- Envases de polietileno (500ml)
- Picetas
- Placas Petri
- Motero
- Guantes de polivinilo
- Cofia
- Tijera
- Cuchillo
- Vasos Berzelius
- Cucharilla de metal

#### 4.5.2 Reactivos

- Éter de petróleo
- Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ )
- Hexano
- Metanol
- Cloruro de metilo ( $CH_3Cl$ )
- Estándares de ácidos grasos
- Gas portador de hidrogeno ( $H_2$ )

#### 4.5.3 Equipos

- Balanza gramera
- Balanza analítica
- Estufa (MERMMERT)



- Colorímetro CSM7
- Campana extractora de gases
- Equipo completo de extractor soxhlet
- Cromatógrafo de gases (GC)
- Altímetro (Brunton ADC – PRO).

#### 4.6 Estadístico de investigación

El diseño experimental utilizada en esta investigación, fue un diseño factorial con tres factores  $A \times B \times C$ , para determinar la influencia de Localidad, estado de madurez y variedad sobre las características fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos del fruto de la palta. el diseño factorial con tres factores nos permitió determinar las interacciones entre los factores y su efecto en las variables de respuesta. Los tres factores fueron localidad (sus niveles: Pampatama, Carmen y San Lorenzo), estado de madurez (sus niveles verde y maduro) y variedad (sus niveles: Fuerte y Hass), se utilizó un total de 12 tratamientos, con 3 repeticiones cada uno, lo que traduce en 36 unidades de observación. El modelo estadístico empleado fue.

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

$$i = 1,2,3; j = 1,2; k = 1,2$$

Dónde:  $\mu$  es la media general,  $\alpha_i$  es el efecto del nivel  $i$ -ésimo del factor localidad,  $\beta_j$  es el factor del nivel  $j$  del factor estado de madurez y  $\gamma_k$  es el factor del nivel  $k$  en el factor variedad;  $(\alpha\beta)_{ij}$  representa efectos de interacción de localidad y estado de madurez,  $(\alpha\gamma)_{ik}$  representa efectos de interacción de localidad y variedad, y  $(\beta\gamma)_{jk}$  representa efectos de interacción de estado de madurez y variedad en los niveles  $ij$ ,  $ik$ ,  $jk$ , respectivamente, y  $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  es el efecto de interacción de localidad, estado de madurez y variedad o punto  $ijk$ ;  $\varepsilon_{ijkl}$  representa el error aleatorio en la combinación  $ijkl$  y  $l$  son las 3 repeticiones del experimento.

Para determinar el efecto de los factores en estudio sobre las medias de las variables de respuesta, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y la comparación múltiple de medias de Tukey (estadísticamente significativos:  $p < 0,05$ ), a un nivel de confianza del 0.95% de error, utilizando un paquete estadístico InfoStat versión 2020I.



## 4.7 Hipótesis estadísticas

- **Hipótesis Nula:**

La localidad (Pampatama, Carmen y San Lorenzo), estado de madurez (Verde y Maduro) y variedad (Fuerte y Hass) no influyen significativamente sobre las características fisicoquímicas (materia seca, humedad, lípidos y color) y perfil de los ácidos grasos (Ácido Oleico, Palmítico, Linoleico, Palmitoleico y Elaídico) del fruto de la palta (*Persea americana*) de la región de Apurímac, 2024.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \dots = \mu_{12}$$

- **Hipótesis Alternativa:**

La localidad (Pampatama, Carmen y San Lorenzo), estado de madurez (Verde y Maduro) y variedad (Fuerte y Hass) si influyen significativamente sobre las características fisicoquímicas (materia seca, humedad, lípidos y color) y perfil de los ácidos grasos (Ácido Oleico, Palmítico, Linoleico, Palmitoleico y Elaídico) del fruto de la palta (*Persea americana*) de la región de Apurímac, 2024.

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_k$$

- **Estadístico**

Se aplicó el estadístico F de Fisher para aceptar o rechazar la hipótesis Nula y determinar si existen diferencias significativas entre las medias de las diferentes localidades, estados de madurez y variedades. Además, se utilizó la prueba de Tukey para comparar las medias cuando el valor de p sea inferior a <0,05 lo que indica una significancia estadística. A continuación, se presenta la fórmula utilizada para calcular el estadístico F.

$$F_0 = \frac{CMT}{CME}$$

Donde; CMT: cuadrado medios del tratamiento y CME: cuadrados medios de error.

- **Nivel de significancia**

El nivel de significancia fue de  $p = 0,05$



## CAPITULO V

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

## 5.1 Análisis de resultados

## 5.1.1 Influencia de localidad, estado de madurez y variedad sobre las características fisicoquímicas del fruto de la Palta

En la Tabla 11, se presentan los resultados de las características fisicoquímicas (materia seca, humedad y contenido de aceite) para los 12 tratamientos de la palta producida en tres localidades de la región de Apurímac, en dos estados de madurez y dos variedades, expresados en media y desviación estándar.

**Tabla 11 — Características fisicoquímicas del fruto de la palta de diferentes localidades, estado de madurez y variedad**

Tratamientos	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Materia seca (%)	Humedad (%)	Contenido de aceite (%)*
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	21,10±0,45 <sup>a</sup>	78,90±0,45 <sup>h</sup>	12,65±0,31 <sup>a</sup>
T2	Pampatama	Verde	Hass	31,02±0,21 <sup>e</sup>	68,98±0,21 <sup>d</sup>	16,51±0,69 <sup>cd</sup>
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	26,23±0,69 <sup>c</sup>	73,77±0,17 <sup>f</sup>	15,09±0,53 <sup>b</sup>
T4	Pampatama	Maduro	Hass	36,97±0,81 <sup>gh</sup>	63,03±0,81 <sup>ab</sup>	20,28±0,47 <sup>f</sup>
T5	Carmen	Verde	Fuerte	22,95±0,35 <sup>b</sup>	77,05±0,35 <sup>g</sup>	13,30±0,10 <sup>a</sup>
T6	Carmen	Verde	Hass	28,08±0,46 <sup>d</sup>	71,92±0,46 <sup>e</sup>	17,65±0,28 <sup>de</sup>
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	26,51±0,95 <sup>cd</sup>	73,49±0,95 <sup>ef</sup>	15,63±0,19 <sup>bc</sup>
T8	Carmen	Maduro	Hass	36,06±0,64 <sup>g</sup>	63,94±0,64 <sup>b</sup>	21,95±0,53 <sup>g</sup>
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	33,53±0,45 <sup>f</sup>	66,47±0,45 <sup>c</sup>	18,52±0,37 <sup>e</sup>
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	32,08±0,81 <sup>ef</sup>	67,92±0,81 <sup>cd</sup>	16,65±0,30 <sup>cd</sup>
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	38,42±0,38 <sup>h</sup>	61,58±0,38 <sup>a</sup>	22,35±0,25 <sup>g</sup>
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	36,57±0,37 <sup>g</sup>	63,43±0,37 <sup>b</sup>	19,71±0,20 <sup>f</sup>

NOTA Los valores de la tabla, representan los promedios de materia seca, humedad y contenido de aceite en porcentaje (%) ± Desviación estándar (n=3); los superíndices con letras diferentes en columnas representan diferencias significativas (p<0,05); \*, porcentaje expresado en base seca.

- **Materia seca**

La Tabla 12, del análisis de varianza (ANOVA), revelo resultados significativos para el diseño factorial con tres factores (AxBxC) con un nivel de significancia P-valor menor a 0,05 ( $p < 0,05$ ), los resultados estadísticos indican que la localidad, estado de madurez, variedad y las interacciones, a excepción de la doble interacción que corresponde a la localidad y el estado de madurez, presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), respecto al contenido de materia seca (Ver anexo 4.1).

**Tabla 12 — ANOVA para materia seca**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-valor
Localidad	343,12	2	171,56	492,85	<0,0001
Estado de madurez	256,00	1	256,00	735,43	<0,0001
Variedad	256,64	1	256,64	737,27	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	1,94	2	0,97	2,78	0,0821
Localidad x Variedad	233,25	2	116,63	335,04	<0,0001
Estado de madurez x Variedad	5,86	1	5,86	16,82	0,0004
Localidad x Estado de madurez x Variedad	9,40	2	4,70	13,51	0,0001
Error	8,35	24	0,35		
Total	1114,56	35			

Al realizar la prueba de Tukey para la comparación de medias (Ver Anexo 4.1), el contenido de materia seca (%) de los 12 tratamientos reportan valores en el rango de (21,10% a 38,42%); el T11 (palta de la localidad de San Lorenzo en estado de madurez maduro de la variedad Fuerte) presento mayor porcentaje de materia seca (38,42%), misma que son similares estadísticamente con el T4 (palta de la localidad de Pampatama en estado de madurez maduro de la variedad Hass), pero diferentes a los demás tratamientos, como se observa en la Tabla 11.

Asimismo, en la Tabla 11 se observa que el porcentaje de materia seca incrementa significativamente ( $p < 0,05$ ) al pasar del estado “verde” a “maduro”, independientemente de la localidad y variedad. Por ejemplo, para la localidad de San Lorenzo en la variedad Fuerte, se ha identificado que la materia seca incrementa significativamente ( $p < 0,05$ ) desde 33,53% hasta 38,42% y en la



variedad Hass de 32,08% hasta 36,57%, y con la misma tendencia para la localidad de Pampatama y Carmen.

- **Humedad**

La Tabla 13, del análisis de varianza (ANOVA), revelo resultados significativos para el diseño factorial con tres factores (AxBxC) con un nivel de significancia P-valor menor a 0,05 ( $p < 0,05$ ), los resultados estadísticos indican que la localidad, estado de madurez, variedad y las interacciones, a excepción de la doble interacción que corresponde a la localidad y el estado de madurez, presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), respecto al contenido de humedad (Ver anexo 4.2).

**Tabla 13 — ANOVA para humedad**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-valor
Localidad	343,12	2	171,56	492,85	<0,0001
Estado de madurez	256,00	1	256,00	735,43	<0,0001
Variedad	256,64	1	256,64	737,27	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	1,94	2	0,97	2,78	0,0821
Localidad x Variedad	233,25	2	116,63	335,04	<0,0001
Estado de madurez x Variedad	5,86	1	5,86	16,82	0,0004
Localidad x Estado de madurez x Variedad	9,40	2	4,70	13,51	0,0001
Error	8,35	24	0,35		
Total	1114,56	35			

Al realizar la prueba de Tukey para la comparación de medias (Ver Anexo 4.2), el contenido de humedad (%) de los 12 tratamientos reportan valores en el rango de (61,58% a 78,90%); el T11 (palta de la localidad de San Lorenzo en estado de madurez maduro de la variedad Fuerte ) presento el menor porcentaje de humedad (61,58%), misma que son similares estadísticamente con el T4 (palta de la localidad de Pampatama en estado de madurez maduro de la variedad Hass), pero diferentes a los demás tratamientos, como se observa en la Tabla 11.

Asimismo, en la Tabla 11 se observa que el porcentaje de humedad disminuye significativamente ( $p < 0,05$ ) al pasar del estado “verde” a “maduro”, independientemente de la localidad y variedad. Por ejemplo, para la localidad de



Pampatama en la variedad Fuerte, se observa que el contenido de humedad disminuye significativamente ( $p < 0.05$ ) desde 78,90% a 73,77% y en la variedad Hass de 68,98% a 63,03%, y con la misma tendencia para la localidad de Carmen y San Lorenzo.

- **Contenido de aceite**

La Tabla 14, del análisis de varianza (ANOVA), revelo resultados significativos para el diseño factorial con tres factores (AxBxC) con un nivel de significancia P-valor menor a 0,05 ( $p < 0,05$ ), los resultados estadísticos indican que la localidad, estado de madurez, variedad y las interacciones, a excepción de la doble interacción que corresponde a la localidad y el estado de madurez, presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), respecto al contenido de aceite (Ver anexo 4.3)

**Tabla 14 — ANOVA para el contenido de aceite**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-valor
Localidad	63,32	2	31,66	209,21	<0,0001
Estado de madurez	97,25	1	97,25	642,67	<0,0001
Variedad	57,89	1	57,89	382,53	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	0,18	2	0,09	0,58	0,5666
Localidad x Variedad	104,27	2	52,14	344,53	<0,0001
Estado de madurez x Variedad	1,58	1	1,58	10,41	0,0036
Localidad x Estado de madurez x Variedad	3,08	2	1,54	10,18	0,0006
Error	3,63	24	0,15		
Total	331,19	35			

Al realizar la prueba de Tukey para la comparación de medias (Ver Anexo 4.3), el contenido de aceite (%) de los 12 tratamientos reportan valores en el rango de (12,65% a 22,35%); el T11 (palta de la localidad de San Lorenzo en estado de madurez maduro de la variedad Fuerte ) presento el mayor porcentaje de aceite (22,35%), misma que son similares estadísticamente con el T8 (palta de la localidad de Carmen en estado de madurez maduro de la variedad Hass), pero diferentes a los demás tratamientos, como se observa en la Tabla 11.



Asimismo, en la Tabla 11 se observa que el porcentaje del contenido de aceite incrementa significativamente ( $p < 0,05$ ) al pasar del estado “verde” a “maduro”, independientemente de la localidad y variedad. Por ejemplo, para la localidad de San Lorenzo en la variedad Fuerte, se observa que el contenido de aceite incrementa significativamente ( $p < 0,05$ ) desde 18,52% a 22,35% y en la variedad Hass de 16,65% a 19,71%, y con la misma tendencia para la localidad de Pampatama y Carmen.

la Tabla 15, muestra los resultados del color expresados en los parámetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  y  $h^\circ$ ) de la cascara de la palta para los 12 tratamientos de la palta producida en tres localidades de la región de Apurímac, en dos estados de madurez y dos variedades, presentados en media y desviación estándar.



Tabla 15 — Parámetros del color de la cascara del fruto de la palta de diferentes localidades, estado de madurez y variedad

Tratamientos	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Luminosidad (L*)	a*	b*	Croma (C*)	Tono (h°)
T <sub>1</sub>	Pampatama	Verde	Fuerte	37,01±0,20 <sup>fg</sup>	-12,29±0,29 <sup>a</sup>	17,06±0,14 <sup>b</sup>	21,03±0,21 <sup>de</sup>	125,76±0,67 <sup>c</sup>
T <sub>2</sub>	Pampatama	Verde	Hass	34,85±0,18 <sup>ef</sup>	-10,37±0,08 <sup>c</sup>	19,15±0,16 <sup>e</sup>	21,77±0,10 <sup>e</sup>	118,43±0,38 <sup>b</sup>
T <sub>3</sub>	Pampatama	Maduro	Fuerte	31,59±1,12 <sup>cd</sup>	-9,27±0,31 <sup>e</sup>	17,32±0,10 <sup>bc</sup>	19,64±0,16 <sup>bc</sup>	118,14±0,82 <sup>b</sup>
T <sub>4</sub>	Pampatama	Maduro	Hass	28,81±1,45 <sup>ab</sup>	1,48±0,21 <sup>f</sup>	7,98±0,60 <sup>a</sup>	8,11±0,57 <sup>a</sup>	80,01±2,88 <sup>a</sup>
T <sub>5</sub>	Carmen	Verde	Fuerte	37,59±0,63 <sup>f</sup>	-11,44±0,41 <sup>b</sup>	16,69±0,42 <sup>b</sup>	20,23±0,56 <sup>cd</sup>	124,42±0,48 <sup>c</sup>
T <sub>6</sub>	Carmen	Verde	Hass	35,46±0,45 <sup>efg</sup>	-9,40±0,08 <sup>e</sup>	16,86±0,04 <sup>b</sup>	19,30±0,01 <sup>bc</sup>	119,13±0,26 <sup>b</sup>
T <sub>7</sub>	Carmen	Maduro	Fuerte	31,96±0,46 <sup>d</sup>	-9,62±0,05 <sup>de</sup>	17,35±0,23 <sup>bc</sup>	19,84±0,22 <sup>bc</sup>	119,00±0,22 <sup>b</sup>
T <sub>8</sub>	Carmen	Maduro	Hass	29,18±0,71 <sup>abc</sup>	1,47±0,14 <sup>f</sup>	8,05±0,53 <sup>a</sup>	8,18±0,54 <sup>a</sup>	79,33±0,51 <sup>a</sup>
T <sub>9</sub>	San Lorenzo	Verde	Fuerte	36,79±1,14 <sup>fg</sup>	-11,71±0,45 <sup>ab</sup>	18,05±0,06 <sup>cd</sup>	21,52±0,20 <sup>e</sup>	124,30±1,24 <sup>c</sup>
T <sub>10</sub>	San Lorenzo	Verde	Hass	33,60±0,41 <sup>de</sup>	-10,31±0,18 <sup>cd</sup>	18,30±0,32 <sup>de</sup>	21,01±0,33 <sup>de</sup>	119,39±0,42 <sup>b</sup>
T <sub>11</sub>	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	31,39±1,14 <sup>bcd</sup>	-9,25±0,08 <sup>e</sup>	17,03±0,04 <sup>b</sup>	18,97±0,72 <sup>b</sup>	118,50±0,25 <sup>b</sup>
T <sub>12</sub>	San Lorenzo	Maduro	Hass	27,40±1,45 <sup>a</sup>	1,25±0,23 <sup>f</sup>	8,51±0,42 <sup>a</sup>	8,61±0,38 <sup>a</sup>	81,48±1,96 <sup>a</sup>

NOTA Los valores de la tabla, representan los promedios de luminosidad (L\*), a\*, b\*, croma (C\*) y Tono (h°) ± Desviación estándar (n=3); los superíndices con letras diferentes en columnas representan diferencias significativas (p<0,05); a\* y b\*, coordenadas colorimétricas.

Seguidamente, presentamos el análisis de los parámetros colorimétricos.

- **Luminosidad (L\*)**

La Tabla 16, del análisis de varianza (ANOVA), revelo resultados significativos para el diseño factorial con tres factores (AxBxC) con un nivel de significancia  $p < 0,05$ , los resultados estadísticos indican que la localidad, estado de madurez y variedad, a excepción de las interacciones, presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), respecto a la luminosidad (Ver anexo 5.1).

**Tabla 16 — ANOVA para la Luminosidad (L\*)**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-valor
Localidad	9,56	2	4,78	5,98	0,0078
Estado de madurez	305,90	1	305,90	382,46	<0,0001
Variedad	72,48	1	72,48	90,62	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	0,08	2	0,04	0,05	0,9493
Localidad x Variedad	2,55	2	1,27	1,59	0,2243
Estado de madurez x Variedad	1,06	1	1,06	1,33	0,2608
Localidad x Estado de madurez x Variedad	0,01	2	0,01	0,01	0,9927
Error	19,20	24	0,80		
Total	410,83	35			

Al realizar la prueba de Tukey para la comparación de medias (Ver Anexo 5.1), la luminosidad (0 a 100) de los 12 tratamientos reportan valores en el rango de (27,40 a 37,59); el T5 (palta de la localidad de Carmen en estado de madurez verde de la variedad Fuerte ) presento mayor luminosidad (37,59), misma que son similares estadísticamente con el T1 (palta de la localidad de Pampatama en estado de madurez verde de la variedad Fuerte ), T2 (palta de la localidad de Pampatama en estado de madurez verde de la variedad Hass), T6 (palta de la localidad de Carmen en estado de madurez verde de la variedad Hass) y T9 (palta de la localidad de San Lorenzo en estado de madurez verde de la variedad Fuerte) pero diferentes a los demás tratamientos, indicando luminosidad y claridad en la cascara del fruto de la palta. Asimismo, Se observó una tendencia consistente de disminución del valor de luminosidad en la cascara del fruto de la palta en las tres localidades al pasar del estado “verde” a “maduro” para la variedad Fuerte y Hass, como se observa en la Tabla 15.



- **Coordenada (a\*)**

La Tabla 17, del análisis de varianza (ANOVA), revelo resultados significativos para el diseño factorial con tres factores (AxBxC) con un nivel de significancia  $p < 0,05$ , los resultados estadísticos indican que la localidad, estado de madurez, variedad y las interacciones, a excepción de la triple interacción que corresponde a localidad x estado de madurez x variedad, presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), respecto a la coordenada (a\*) (Ver anexo 5.2).

**Tabla 17 — ANOVA para la coordenada (a\*)**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-valor
Localidad	0,84	2	0,42	7,06	0,0039
Estado de madurez	432,29	1	432,29	7249,87	<0,0001
Variedad	355,51	1	355,51	5962,17	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	1,82	2	0,91	15,23	0,0001
Localidad x Variedad	0,56	2	0,28	4,71	0,0188
Estado de madurez x Variedad	182,12	1	182,12	3054,20	<0,0001
Localidad x Estado de madurez x Variedad	0,04	2	0,02	0,30	0,7454
Error	1,43	24	0,06		
Total	974,61	35			

Al realizar la prueba de Tukey para la comparación de medias (Ver Anexo 5.2), la coordenada a\* (-verde a +rojo) de los 12 tratamientos reportan valores en el rango de (-12,29 a 1,48); el T1 (palta de la localidad de Pampatama en estado de madurez verde de la variedad Fuerte ) presento un valor menor de la coordenada a\* (-12,29), misma que son similares estadísticamente con el T9 (palta de la localidad de San Lorenzo en estado de madurez verde de la variedad Fuerte ), pero diferentes a los demás tratamientos, indicando el color verde en la cascara del fruto de la palta como se observa en la Tabla 15.

- **Coordenada (b\*)**

La Tabla 18, del análisis de varianza (ANOVA), revelo resultados significativos para el diseño factorial con tres factores (AxBxC) con un nivel de significancia  $p < 0,05$ , los resultados estadísticos indican que la localidad, estado de madurez, variedad y las interacciones, presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), respecto a la coordenada (b\*) (Ver anexo 5.3).



Tabla 18 — ANOVA para la coordenada (b\*)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-valor
Localidad	3,84	2	1,92	19,06	<0,0001
Estado de madurez	222,86	1	222,86	2210,19	<0,0001
Variedad	151,91	1	151,91	1506,54	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	3,67	2	1,84	18,20	<0,0001
Localidad x Variedad	1,31	2	0,66	6,52	0,0055
Estado de madurez x Variedad	220,28	1	222,28	2184,61	<0,0001
Localidad x Estado de madurez x Variedad	2,84	2	1,42	14,08	0,0001
Error	2,42	24	0,10		
Total	609,12	35			

Al realizar la prueba de Tukey para la comparación de medias (Ver anexo 5.3), la coordenada b\* (-azules a + amarillos) de los 12 tratamientos reportan valores en el rango de (7,98 a 19,15); el T4 (palta de la localidad de Pampatama en estado de madurez maduro de la variedad Hass) presento un valor menor de la coordenada b\* (7,98), misma que son similares estadísticamente con el T8 (palta de la localidad de Carmen en estado de madurez maduro de la variedad Hass) y el T12 (palta de la localidad de San Lorenzo en estado de madurez maduro de la variedad Hass), pero diferentes a los demás tratamientos, indicando el color negro-violeta en la cascara del fruto de la palta como se observa en la Tabla 15.

- **Croma (C\*)**

La Tabla 19, del análisis de varianza (ANOVA), revelo resultados significativos para el diseño factorial con tres factores (AxBxC) con un nivel de significancia  $p < 0,05$ , los resultados estadísticos indican que la localidad, estado de madurez, variedad y las interacciones, presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), respecto al croma (C\*) (Ver anexo 5,4).



Tabla 19 — ANOVA para el croma (C\*)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-valor
Localidad	3,91	2	1,95	12,50	0,0002
Estado de madurez	430,49	1	430,49	2754,62	<0,0001
Variedad	293,04	1	293,04	1875,07	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	6,09	2	3,04	19,48	<0,0001
Localidad x Variedad	1,55	2	0,78	4,97	0,0156
Estado de madurez x Variedad	269,89	1	269,89	1726,96	<0,0001
Localidad x Estado de madurez x Variedad	2,26	2	1,13	7,22	0,0035
Error	3,75	24	0,16		
Total	1010,98	35			

Al realizar la prueba de Tukey para la comparación de medias (Ver Anexo 5.4), el croma (C\*) de los 12 tratamientos reportan valores en el rango de (8,11 a 21,77); el T4 (palta de la localidad de Pampatama en estado de madurez maduro de la variedad Hass) presento un valor menor de croma (8,11), misma que son similares estadísticamente con el T8 (palta de la localidad de Carmen en estado de madurez maduro de la variedad Hass) y el T12 (palta de la localidad de San Lorenzo en estado de madurez maduro de la variedad Hass), pero diferentes a los demás tratamientos, indicando una saturación moderadamente alta en la cascara del fruto de la palta como se observa en la Tabla 15.

- **Tono (h°)**

La Tabla 20, del análisis de varianza (ANOVA), revelo resultados significativos para el diseño factorial con tres factores (AxBxC) con un nivel de significancia  $p < 0,05$ , los resultados estadísticos indican que el estado de madurez, variedad y la interacción doble que corresponde a estado de madurez x variedad, presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), respecto al tono (h°) (Ver anexo 5.5).



**Tabla 20 — ANOVA para el tono (h°)**

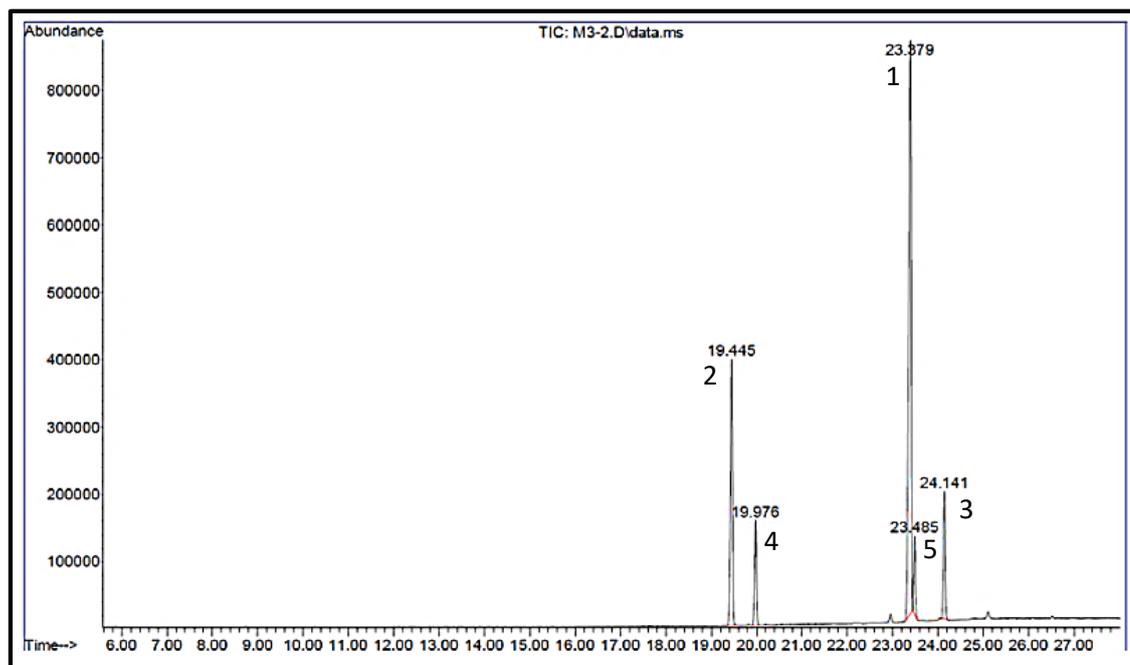
Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-valor
Localidad	1,29	2	0,65	0,49	0,6176
Estado de madurez	4554,00	1	4554,00	3463,05	<0,0001
Variedad	4378,91	1	4378,91	3329,91	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	2,11	2	1,05	0,80	0,4607
Localidad x Variedad	5,48	2	2,74	2,08	0,1464
Estado de madurez x Variedad	2366,50	1	2366,50	1799,58	<0,0001
Localidad x Estado de madurez x Variedad	4,90	2	2,45	1,86	0,1768
Error	31,56	24	1,32		
Total	11344,75	35			

Al realizar la prueba de Tukey para la comparación de medias (Ver Anexo 5.5), el tono (h°) de los 12 tratamientos reportan valores en el rango de (79,33 a 125,76); el T1 (palta de la localidad de Pampatama en estado de madurez verde de la variedad Fuerte ) presento un valor mayor de tono (125,76), misma que son similares estadísticamente con el T5 (palta de la localidad de Carmen en estado de madurez verde de la variedad Fuerte ) y el T9 (palta de la localidad de San Lorenzo en estado de madurez verde de la variedad Fuerte ), pero diferentes a los demás tratamientos, indicando la posición del color verde- azul en el círculo cromático en la cascara del fruto de la palta como se observa en la Tabla 15.

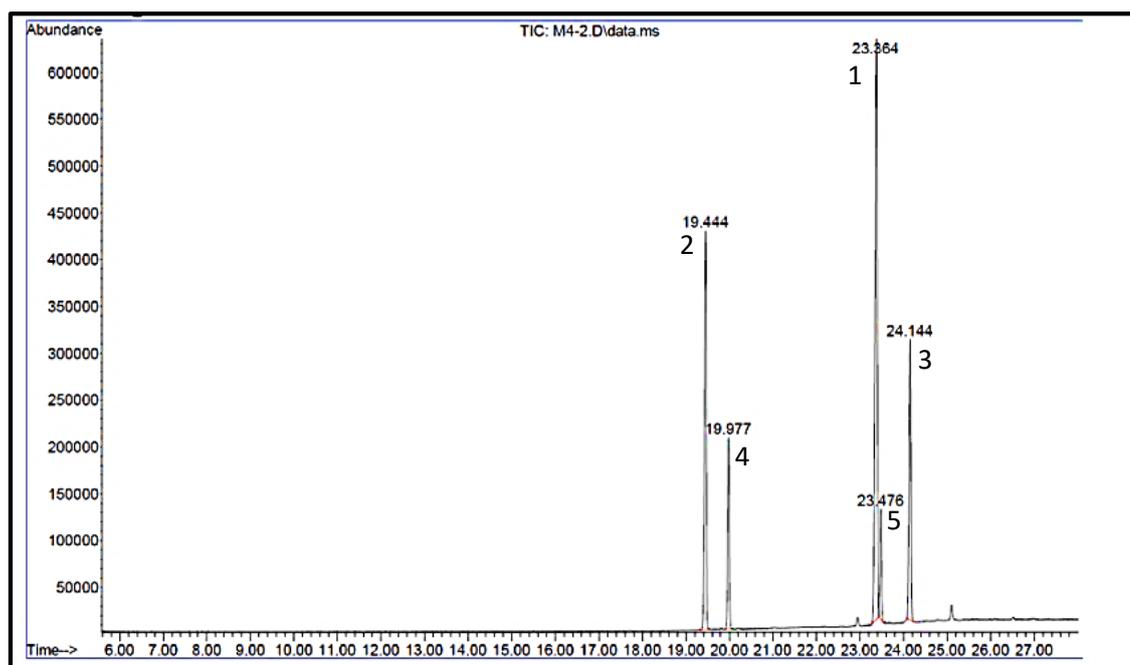
### 5.1.2 Influencia de localidad, estado de madurez y variedad sobre el Perfil y contenido de ácidos grasos en el fruto de la palta.

La Figura 9 y 10, presentan los cromatogramas típicos del perfil de los ácidos grasos presentes en el aceite extraído de la pulpa del fruto de Palta del T3 (localidad de Pampatama en estado de madurez maduro de la variedad Fuerte ) y T4 (localidad de Pampatama en estado de madurez maduro de la variedad has) y la Tabla 11 muestra el perfil y composición de los ácidos grasos para los 12 tratamientos de la palta producida en tres localidades de la región de Apurímac, en dos estados de madurez y dos variedades, expresados en media y desviación estándar (Para

verificar los cromatogramas relacionados al perfil y contenido de ácidos grasos del aceite extraído de la pulpa de la palta, Ver Anexo 7).



**Figura 8** — Perfil cromatográfico de ácidos grasos del aceite de palta del tratamiento 3. En orden de elución: 1. Ácido Oleico; 2. Ácido Palmítico; 3. Ácido Linoleico; 4. Ácido Palmitoleico; 5. Ácido Elaídico.



**Figura 9** — Perfil cromatográfico de ácidos grasos del aceite de palta del tratamiento 4. En orden de elución: 1. Ácido Oleico; 2. Ácido Palmítico; 3. Ácido Linoleico; 4. Ácido Palmitoleico; 5. Ácido Elaídico.



Tabla 21 — Perfil y composición de los ácidos grasos del aceite de Palta de diferentes localidades, estado de madurez y variedad.

Tratamientos	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Palmítico	Palmitoleico	Oleico	Elaídico	Linoleico	O/L*
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	20,60±0,03 <sup>e</sup>	4,58±0,05 <sup>a</sup>	56,51±0,27 <sup>g</sup>	4,12±0,03 <sup>a</sup>	14,19±0,27 <sup>h</sup>	3,98
T2	Pampatama	Verde	Hass	25,43±0,14 <sup>i</sup>	10,75±0,06 <sup>g</sup>	43,46±0,15 <sup>b</sup>	6,25±0,02 <sup>e</sup>	14,11±0,03 <sup>h</sup>	3,08
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	20,50±0,02 <sup>de</sup>	7,31±0,01 <sup>d</sup>	57,06±0,01 <sup>h</sup>	5,65±0,01 <sup>d</sup>	9,47±0,02 <sup>c</sup>	6,03
T4	Pampatama	Maduro	Hass	25,05±0,03 <sup>h</sup>	10,90±0,02 <sup>g</sup>	40,62±0,04 <sup>a</sup>	6,44±0,02 <sup>e</sup>	16,99±0,08 <sup>j</sup>	2,39
T5	Carmen	Verde	Fuerte	20,41±0,03 <sup>d</sup>	4,95±0,08 <sup>ab</sup>	59,61±0,06 <sup>i</sup>	4,43±0,01 <sup>b</sup>	10,61±0,03 <sup>d</sup>	5,62
T6	Carmen	Verde	Hass	26,71±0,03 <sup>j</sup>	10,10±0,02 <sup>f</sup>	45,91±0,05 <sup>c</sup>	5,12±0,01 <sup>c</sup>	12,17±0,04 <sup>f</sup>	3,77
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	21,63±0,02 <sup>f</sup>	5,41±0,07 <sup>b</sup>	55,45±0,07 <sup>f</sup>	4,54±0,03 <sup>b</sup>	12,98±0,05 <sup>g</sup>	4,27
T8	Carmen	Maduro	Hass	22,71±0,02 <sup>g</sup>	8,85±0,03 <sup>e</sup>	51,39±0,10 <sup>e</sup>	5,80±0,04 <sup>d</sup>	11,26±0,08 <sup>e</sup>	4,56
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	14,44±0,03 <sup>a</sup>	4,51±0,03 <sup>a</sup>	66,87±0,02 <sup>j</sup>	5,30±0,14 <sup>c</sup>	8,95±0,02 <sup>b</sup>	7,47
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	18,03±0,05 <sup>c</sup>	6,37±0,53 <sup>c</sup>	55,50±0,43 <sup>f</sup>	5,72±0,29 <sup>d</sup>	15,03±0,05 <sup>i</sup>	3,69
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	15,23±0,07 <sup>b</sup>	4,92±0,04 <sup>a</sup>	66,70±0,13 <sup>j</sup>	5,24±0,08 <sup>c</sup>	7,93±0,03 <sup>a</sup>	8,41
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	20,52±0,05 <sup>de</sup>	7,76±0,03 <sup>d</sup>	50,65±0,15 <sup>d</sup>	5,92±0,01 <sup>d</sup>	15,15±0,08 <sup>i</sup>	3,34

NOTA Los valores de la tabla, representan los promedios del ácido palmítico, ácido palmitoleico, ácido oleico, ácido elaídico y ácido linoleico en porcentaje (%) ± Desviación estándar (n=3), los superíndices de columnas representan diferencias significativas (p<0,05); O/L\*, es la relación de ácido oleico/ ácido linoleico.

- **Ácido Palmítico**

La Tabla 22, del análisis de varianza (ANOVA), revelo resultados significativos para el diseño factorial con tres factores (AxBxC) con un nivel de significancia  $p < 0,05$ , los resultados estadísticos indican que la localidad, estado de madurez, variedad y las interacciones, a excepción del estado de madurez, presentan diferencias significativas altas ( $p < 0,05$ ), respecto a la composición del ácido palmítico (Ver anexo 6.1).

**Tabla 22 — ANOVA para el ácido palmítico**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-valor
Localidad	271,53	2	135,76	47176,69	<0,0001
Estado de madurez	1,40	1	1,40	0,05	0,8297
Variedad	164,40	1	164,40	57125,72	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	14,05	2	7,03	2441,84	<0,0001
Localidad x Variedad	1,61	2	0,81	280,03	<0,0001
Estado de madurez x Variedad	3,57	1	3,57	1239,08	<0,0001
Localidad x Estado de madurez x Variedad	19,05	2	9,52	3309,44	<0,0001
Error	0,07	24	2,9		
Total	474,27	35			

Al realizar la prueba de Tukey para la comparación de medias (Ver Anexo 6.1), la composición de ácido palmítico (%) de los 12 tratamientos reportan valores en el rango de (14,44% a 26,71%); el T6 (palta de la localidad de Carmen en estado de madurez verde de la variedad Hass) presento mayor porcentaje de ácido palmítico (26,71%), misma que es diferentes a los demás tratamientos, como se observa en la Tabla 21.

- **Ácido Palmitoleico**

La Tabla 23, del análisis de varianza (ANOVA), revelo resultados significativos para el diseño factorial con tres factores (AxBxC) con un nivel de significancia  $p < 0,05$ , los resultados estadísticos indican que la localidad, estado de madurez, variedad y las interacciones, presentan diferencias significativas altas ( $p < 0,05$ ), respecto a la composición del ácido palmitoleico (Ver anexo 6.2).

Tabla 23 — ANOVA para el ácido palmitoleico

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-valor
Localidad	37,64	2	18,82	755,33	<0,0001
Estado de madurez	3,80	1	3,80	152,36	<0,0001
Variedad	132,98	1	132,98	5337,56	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	5,38	2	2,69	108,03	<0,0001
Localidad x Variedad	10,48	2	5,24	210,33	<0,0001
Estado de madurez x Variedad	3,57	1	2,74	109,94	<0,0001
Localidad x Estado de madurez x Variedad	2,74	2	2,57	103,33	<0,0001
Error	0,60	24	0,02		
Total	198,76	35			

Al realizar la prueba de Tukey para la comparación de medias (Ver Anexo 6.2), la composición de ácido palmitoleico (%) de los 12 tratamientos reportan valores en el rango de (4,51% a 10,90%); el T4 (palta de la localidad de Pampatama en estado de madurez maduro de la variedad Hass) presento el mayor porcentaje de ácido palmitoleico (10,90%), misma que son similares estadísticamente con el T2 (palta de la localidad de Pampatama en estado de madurez verde de la variedad Hass), pero diferentes a los demás tratamientos, como se observa en la Tabla 21.

- **Ácido Oleico**

La Tabla 24, del análisis de varianza (ANOVA), revelo resultados significativos para el diseño factorial con tres factores (AxBxC) con un nivel de significancia  $p < 0,05$ , los resultados estadísticos indican que la localidad, estado de madurez, variedad y las interacciones, presentan diferencias significativas altas ( $p < 0,05$ ), respecto a la composición del ácido oleico (Ver anexo 6.3).



Tabla 24 — ANOVA para el ácido oleico

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-valor
Localidad	683,40	2	341,70	12074,29	<0,0001
Estado de madurez	8,98	1	8,98	317,31	<0,0001
Variedad	1394,77	1	1394,77	49285,28	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	15,19	2	7,59	268,29	<0,0001
Localidad x Variedad	58,71	2	29,36	1037,36	<0,0001
Estado de madurez x Variedad	0,62	1	0,62	22,05	0,0001
Localidad x Estado de madurez x Variedad	94,05	2	47,02	1661,64	<0,0001
Error	0,68	24	0,03		
Total	2256,41	35			

Al realizar la prueba de Tukey para la comparación de medias (Ver Anexo 6.3), la composición de ácido oleico (%) de los 12 tratamientos reportan valores en el rango de (40,62% a 66,87%); el T9 (palta de la localidad de San Lorenzo en estado de madurez verde de la variedad Fuerte ) presento el mayor porcentaje de ácido oleico (66,87%), misma que son similares estadísticamente con el T11 (palta de la localidad de San Lorenzo en estado de madurez maduro de la variedad Fuerte ), pero diferentes a los demás tratamientos, asimismo es importante destacar que el ácido oleico es el predominante referente a los demás ácidos grasos en el aceite extraído del fruto de la palta , como se observa en la Tabla 21.

- **Ácido Elaídico**

La Tabla 25, del análisis de varianza (ANOVA), revelo resultados significativos para el diseño factorial con tres factores (AxBxC) con un nivel de significancia  $p < 0,05$ , los resultados estadísticos indican que la localidad, estado de madurez, variedad y las interacciones, presentan diferencias significativas altas ( $p < 0,05$ ), respecto a la composición del ácido elaídico (Ver anexo 6.4).

Tabla 25 — ANOVA para el ácido eláidico

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-valor
Localidad	3,00	2	1,50	156,13	<0,0001
Estado de madurez	1,75	1	1,75	181,85	<0,0001
Variedad	8,89	1	8,89	925,54	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	0,95	2	0,47	49,22	<0,0001
Localidad x Variedad	1,24	2	0,62	64,74	<0,0001
Estado de madurez x Variedad	0,07	1	0,07	6,95	0,0145
Localidad x Estado de madurez x Variedad	1,59	2	0,80	82,91	<0,0001
Error	0,23	24	0,01		
Total	17,72	35			

Al realizar la prueba de Tukey para la comparación de medias (Ver Anexo 6.4), la composición de ácido eláidico (%) de los 12 tratamientos reportan valores en el rango de (4,12% a 6,44%); el T4 (palta de la localidad de Pampatama en estado de madurez maduro de la variedad Hass) presento el mayor porcentaje de ácido eláidico (6,44%), misma que son similares estadísticamente con el T2 (palta de la localidad de Pampatama en estado de madurez verde de la variedad Hass), pero diferentes a los demás tratamientos, como se observa en la Tabla 21.

- **Ácido Linoleico**

La Tabla 26, del análisis de varianza (ANOVA), revelo resultados significativos para el diseño factorial con tres factores (AxBxC) con un nivel de significancia  $p < 0,05$ , los resultados estadísticos indican que la localidad, estado de madurez, variedad y las interacciones, presentan diferencias significativas altas ( $p < 0,05$ ), respecto a la composición del ácido linoleico (Ver anexo 6.5).



Tabla 26 — ANOVA para el ácido linoleico

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P-valor
Localidad	29,86	2	14,93	1744,76	<0,0001
Estado de madurez	0,40	1	0,40	47,11	<0,0001
Variedad	105,92	1	105,92	12376,05	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	4,32	2	2,16	252,35	<0,0001
Localidad x Variedad	68,29	2	34,15	3989,76	<0,0001
Estado de madurez x Variedad	7,44	1	7,44	869,77	<0,0001
Localidad x Estado de madurez x Variedad	44,89	2	22,45	2622,81	<0,0001
Error	0,21	24	0,01		
Total	261,34	35			

Al realizar la prueba de Tukey para la comparación de medias (Ver Anexo 6.5), la composición de ácido linoleico (%) de los 12 tratamientos reportan valores en el rango de (7,93% a 16,99%); el T4 (palta de la localidad de Pampatama en estado de madurez maduro de la variedad Hass) presento el mayor porcentaje de ácido linoleico (16,99%), misma que son diferentes estadísticamente a los demás tratamientos, como se observa en la Tabla 21.

Adicionalmente, se muestra, la relación del ácido oleico/linoleico (O/L) del aceite de paltas cosechadas en tres distintas localidades de la región Apurímac, en dos variedades (Fuerte y Hass) y en dos estados de madurez (verde y maduro) varían en un rango 2,39 hasta 8,41. Por ejemplo, para la localidad de Carmen en la variedad Fuerte se ha identificado que la relación O/L disminuye de 5,62 hasta 4,27 al pasar de verde al estado maduro. En cambio, para la variedad Hass en la misma localidad relación la O/L incrementa de 3,77 hasta 4,56 al pasar de verde al estado maduro, como se observa en la Tabla 21.

## 5.2 Contrastación de hipótesis

### Hipótesis general

Existe influencia en las características fisicoquímicas y en el perfil de los ácidos grasos del fruto de la palta (*Persea americana*) de la región Apurímac, 2024 en función a la localidad, estado de madurez y variedad.

La hipótesis general para su contrastación se compone de la siguiente manera:



- **Para la primera hipótesis específica: características fisicoquímicas**

**H<sub>0</sub>:** La localidad (Pampatama, Carmen y San Lorenzo), estado de madurez (Verde y Maduro) y variedad (Fuerte y Hass) no influyen sobre el contenido de las características fisicoquímicas (materia seca, humedad, aceite y color) del fruto de la palta (*Persea americana*) de la región Apurímac.

**H<sub>0</sub>:**  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \dots = \mu_{12}$

**H<sub>a</sub>:** La localidad (Pampatama, Carmen y San Lorenzo), estado de madurez (Verde y Maduro) y variedad (Fuerte y Hass) influyen sobre el contenido de las características fisicoquímicas (materia seca, humedad, aceite y color) del fruto de la palta (*Persea americana*) de la región Apurímac.

**H<sub>a</sub>:**  $\mu_1 \neq \mu_k$

Según las Tablas 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19 y 20, que reflejan el análisis de ANOVA para las características fisicoquímicas del fruto de la palta (*Persea americana*) de la región Apurímac, se obtuvo el valor de F y el P-valor, demostrándose que, existen diferencias estadísticamente significativas en la materia seca, humedad, aceite y color (luminosidad, a\*, b\*, croma y tono) por lo que se establece que la localidad, estado de madurez y variedad influyen de manera altamente significativa ( $p < 0,05$ ) en las características fisicoquímicas del fruto de la palta, y es bajo esta determinante estadística se rechaza de la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna planteada.

Asimismo, las interacciones influyen significativamente sobre las características fisicoquímicas expresados en materia seca, humedad, aceite y color (luminosidad, a\*, b\*, croma y tono), obteniéndose un  $p < 0,05$ , bajo esta determinante estadística se rechaza de la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna planteada (Ver anexo 4 y 5).

- **Para la segunda hipótesis específica: perfil y composición de los ácidos grasos**

**H<sub>0</sub>** = La localidad (Pampatama, Carmen y San Lorenzo), estado de madurez (Verde y Maduro) y variedad (Fuerte y Hass) no influyen sobre el perfil de los ácidos grasos (Ácido Oleico, Palmítico, Linoleico, Palmitoleico y Elaídico) del fruto de la palta (*Persea americana*) de la región Apurímac.

**H<sub>0</sub>:**  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \dots = \mu_{12}$



**H<sub>a</sub>** = La localidad (Pampatama, Carmen y San Lorenzo), estado de madurez (verde y maduro) y variedad (Fuerte y Hass) influyen sobre el perfil de los ácidos grasos (Ácido Oleico, Palmítico, Linoleico, Palmitoleico y Elaídico) del fruto de la palta (*Persea americana*) de la región Apurímac.

**H<sub>a</sub>:  $\mu_1 \neq \mu_k$**

Según las Tablas 22, 23, 24, 25 y 26, que reflejan el análisis de ANOVA para el perfil de los ácidos grasos del aceite del fruto de la palta (*Persea americana*) de la región Apurímac, se obtuvo el valor de F y el P-valor, demostrándose que, existen diferencias estadísticamente significativas en el perfil de los ácidos grasos (ácido oleico, ácido palmítico, ácido linoleico, ácido palmitoleico y ácido elaídico) por lo que se establece que la localidad, estado de madurez y variedad influyen de manera altamente significativa ( $p < 0,05$ ) en el perfil de los ácidos grasos del fruto de la palta, y es bajo esta determinante estadística se rechaza de la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna planteada.

Asimismo, las interacciones influyen significativamente sobre el perfil de los ácidos grasos (ácido oleico, palmítico, linoleico, palmitoleico y elaídico), obteniéndose un  $p < 0,05$ , bajo esta determinante estadística se rechaza de la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna planteada (Ver anexo 6).

### 5.3 Discusiones

#### 5.3.1 Características fisicoquímicas

Conforme a los resultados obtenidos en la Tabla 11, se observa que existe un incremento en el contenido de materia seca y aceite, en la pulpa de palta (Fuerte y Hass) provenientes de tres localidades de la región Apurímac, al pasar de “verde” al estado “maduro”. Por ejemplo, para la localidad de Pampatama, Carmen y San Lorenzo en la variedad Fuerte, al pasar de “Verde” al estado “Maduro”, el contenido de materia seca incremento en un 24.31%, 15.51% y 14.58% respectivamente, en esa misma línea y en las mismas condiciones, el contenido de aceite incremento en un 19.28%, 17.52% y 20.68%. De igual forma, el incremento de materia seca en la variedad Hass fue de 19.18% Pampatama, 28.41% Carmen y 13.99% San Lorenzo; mientras que en el contenido de aceite fue de 22.83%, 24.36% y 18.38% respectivamente. Esto indica que el proceso de maduración tiene un efecto positivo en la acumulación de materia seca y aceite en las paltas.



Guzmán et al. (2017), obtuvo resultados similares en la pulpa de palta Hass provenientes de las localidades de Nayarit, Michoacán y Jalisco, donde, el contenido de materia seca y aceite incremento al pasar de “verde” a “maduro” en un 25,79%, 11,53% y 16,66% respectivamente. Mientras que en el contenido de aceite fue de 4,09% Nayarit, 4,95% Michoacán y 7,95% Jalisco. Al respecto, en cuanto al contenido de materia seca, los resultados son similares al presente trabajo de investigación; sin embargo, respecto al contenido de aceite, existe un mayor incremento respecto a la referencia. Conforme a los resultados se puede sugerir que las paltas en estudio producidas en diferentes localidades de la región Apurímac-Perú (Pampatama, Carmen y San Lorenzo); promueven una mayor acumulación de aceite en el fruto. Asimismo, Osuna et al. (2010) ha reportado que conforme el fruto de la palta se encuentra en estado maduro el contenido de aceite se incrementa, pero disminuye el contenido de humedad.

Por otro lado, en los resultados del presente trabajo de investigación se ha identificado que los valores del contenido de aceite de la pulpa de palta (Fuerte y Hass) de la región Apurímac-Perú, varían desde 12,33% hasta 22,35%. Al respecto, Guzmán et al. (2017) ha identificado que en la localidad de Nayarit, Michoacán y Jalisco (México) obtuvieron resultados en los rangos de 12,32% a 17,39% en el contenido de aceite; Ozdemir y Topuz (2004), en la localidad de Antalya (Turquía) obtuvieron resultados en el rango de 11,02 a 20,21% de aceite (variedad Fuerte y Hass); Villa et al. (2011), con resultados en el rango de 18,43% a 20,36% de aceite (Variedad Hass) en la localidad de Michoacán (México), Carvalho et al. (2015), en la localidad de Antioquia (Colombia), reportaron en el rango de 7,8% a 18,2% de aceite en frutos con madurez fisiológica, Y por último, Salameh et al. (2022), en 7 localidades del Líbano, reportó un 28,5% de materia seca y 21,6% de aceite en la variedad Fuerte en estado de madurez maduro.

En consecuencia, se puede afirmar que paltas producidas en la región Apurímac-Perú contienen un mayor contenido de aceite respecto a las localidades de México, Turquía y Colombia; sin embargo, se requiere de mayores estudios que incluya a un mayor número de localidades productoras de palta.

Asimismo, Donetti (2011), nos indica que las diferencias del contenido de Materia seca y aceite entre diferentes localidades de producción, están directamente relacionadas a las condiciones climáticas, suelos y nutrientes, variedades, prácticas



agronómicas, altitud y latitud, edad del árbol y edad fisiológica de la fruta (tiempo desde el cuajado hasta el momento de la cosecha) (Donetti, 2011). Por otra parte, Donetti y Terry (2014) nos indican que el contenido de materia seca y aceite podrían ser afectados por las condiciones ambientales (para un año en específico), y las estaciones con mayor precipitación y exposición a la luz solar incrementaría a una mayor acumulación de materia seca, y de manera proporcional la acumulación de aceite (Donetti y Terry, 2014). En este sentido, Salameh et al. (2022), Guzmán et al. (2017) y Terán (2020), indican que existe una relación de coeficiente de correlación de Pearson de  $R^2=0,90$  entre el contenido de materia seca y aceite. Por lo que, Cerdas et al. (2014), señalaron para la Palta Hass que a niveles de 9% de materia seca el contenido de aceite es de 4% aproximadamente, cuando la materia sea aumenta de 20%. El contenido de aceite se incrementa en hasta un 16 %.

Por otra parte, conforme a los resultados de la Tabla 15, se identificó que existe una disminución en general en los valores de luminosidad (37,59 a 27,40), croma (21,77 a 8,11) y tono (125,79 a 79,33) respectivamente, en el color del epicarpio (cáscara) del fruto de la Palta (Fuerte y Hass) provenientes de tres localidades de la región Apurímac, al pasar de “verde” a “maduro”. Por ejemplo, para la localidad de Pampatama en la variedad Fuerte, se ha identificado que la  $L^*$  disminuye significativamente ( $p<0,05$ ) desde 37,01 hasta 31,59 y con la misma tendencia para las localidades de Carmen y San Lorenzo. Y para la variedad Hass en las tres localidades en general mostro oscurecimiento significativo ( $p<0,05$ ) al pasar de “verde” a “maduro”

Villa et al. (2011), mostraron resultados de disminución en los valores de luminosidad ( $L^*$ ), croma ( $C^*$ ) y tono ( $h^\circ$ ) en la palta Hass, con valores que oscilan entre 33,37 a 24,35 en la luminosidad, de 22,08 a 6,81 para el croma y de 122,85 a 77,72 en el tono respectivamente. De igual forma, Terán (2020), mostraron resultados similares de disminución en los valores de Luminosidad (36,56 a 23,62), croma (14,01 a 3,40) y tono (128,24 a 61,01) respectivamente en la palta Hass, los resultados obtenidos en la investigación son similares. Al respecto, el cambio de color en la cáscara de la palta Hass durante la maduración, es de verde a purpura/negro, esto se debe a la descomposición de la clorofila y la producción de antocianinas, específicamente la cianidina 3-O-glucósido, que confiere colores oscuros (epicarpio de palta Hass maduro). Este proceso está relacionado con el



metabolismo de la fruta y es influenciado por factores como la producción de etileno, la actividad enzimática y la disponibilidad de sustratos (Cox et al., 2004).

El valor de  $L^*$  representa la luminosidad, claridad o brillo y, puede tomar valores entre 0 y 100 que corresponde al gradiente entre oscuridad y brillo máximo (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014). En general, la cáscara de la variedad Hass mostró oscurecimiento significativo ( $p < 0.05$ ) en el estado maduro en las tres localidades como muestra la Tabla 15, acorde con el resultado de Donetti (2011), reportó resultados similares para la variedad Hass cosechadas en Perú y Chile, reportaron valores de luminosidad en el rango de 35.36 a 28.55 indicando oscurecimiento de la cáscara de la palta.

En general, los valores  $C^*$  y  $h^\circ$  disminuyeron significativamente ( $p < 0,05$ ) para las tres localidades de producción, en la variedad Fuerte y Hass al pasar de verde a maduro (Tabla 15). Por ejemplo, para la localidad San Lorenzo en la variedad Hass los valores de  $C^*$  en el epicarpio de la palta disminuyeron significativamente ( $p < 0,05$ ) desde un rango de 21,01 hasta 8,61, indicando disminución de la pureza del color, más grises, asimismo, para la misma localidad los valores de  $h^\circ$  disminuyeron significativamente ( $p < 0,05$ ), de 119,39 hasta 81,48. Mathias-Rettig y Ah-Hen (2014), Indican que los valores de Cromo ( $C^*$ ) representan la saturación, intensidad o pureza espectral del color que va de los tonos grises o pálidos a los más Fuerte s y vivos, puede tomar valores de 0 a 150; mientras que los valores de tono ( $h^\circ$ ) representa tono caracterizado por la longitud de onda de la radiación y hace diferente un color de otro, varía de 0 a  $360^\circ$ .

Por otro lado, también, se ha identificado que los valores de  $L^*$ ,  $C^*$  y  $h^\circ$  del epicarpio de la palta (Fuerte y Hass) de la región Apurímac-Perú, varían desde 37,59 hasta 27,40, 21,77 hasta 8,11 y 125,17 hasta 79,33 respectivamente. Al respecto, Villa et al. (2011), ha identificado que en la localidad de Uruapan y Michoacán (México) obtuvieron resultados en los rangos de 33,37 a 24,35 en Luminosidad, 22,08 a 6,81 en Cromo y 122,85 a 77,72 en ángulo de tono en la variedad Hass.

Asimismo, Terán (2020), reporto que en la localidad de Lima - Perú para la misma variedad obtuvo resultados en el rango 36,56 a 23,62 (Luminosidad), 13,76 a 3,46 (Cromo) y 128,24 a 61,01 en el tono. En consecuencia, se puede afirmar que paltas producidas en la región Apurímac-Perú contienen una menor disminución del color



del epicarpio de las paltas al pasar de verde a maduro que las localidades de México y Lima (Perú); lo cual es muy importante desde el punto de vista del atributo sensorial de color; sin embargo, se requiere de mayores estudios que incluya a un mayor número de localidades productoras de palta.

### **5.3.2 Perfil y contenido de ácidos grasos del aceite extraído de la pulpa de la palta producida en tres localidades de la región Apurímac, en dos estados de madurez y dos variedades.**

Conforme a los resultados obtenidos en la Tabla 21, se observa el perfil y composición de los ácidos grasos presentes en el aceite extraído de la pulpa del fruto de la palta cosechadas en tres localidades de la región Apurímac, en dos estados de madurez y dos variedades. Se identificó para los 12 tratamientos que el aceite de la Palta está constituido en orden descendiente por ácido Oleico (40,62% - 66,87%), Palmítico (14,44% - 26,71%), Linoleico (7,93% - 16,99%), Palmitoleico (4,51% - 10,90%) y Elaídico (4,12% - 6,44%) respectivamente. Por ejemplo, para la localidad de Pampatama en la variedad Fuerte, se ha identificado que ácido oleico incrementa significativamente ( $p < 0,05$ ) desde 56,51% hasta 57,06% al pasar de “verde” a “Maduro” que representa un 0,97% de incremento. Asimismo, se identificó para la localidad de Carmen, en la variedad Hass hubo un incremento significativo ( $p > 0,05$ ) desde 45,91% hasta 50,39% que representa un 11,94%. Guzmán et al. (2017) obtuvo resultados similares en la pulpa de palta Hass provenientes de las localidades de Nayarit, Michoacán y Jalisco, donde, el contenido de ácido Oleico incremento al pasar de “verde” a “maduro” en un 24,10%, 26,69% y 22,31% respectivamente.

Al respecto, en cuanto al contenido de ácido Oleico, los resultados son superiores al presente trabajo de investigación; existe un mayor incremento respecto a la referencia al pasar de “verde” a “maduro”. Conforme a los resultados se puede sugerir que las paltas en estudio producidas en diferentes localidades de la región Apurímac-Perú (Pampatama, Carmen y San Lorenzo); no promueven una mayor acumulación ácido oleico en el fruto.

Por otro lado, en los resultados del presente trabajo de investigación se ha identificado que los valores del contenido de ácido Oleico, Palmítico, Linoleico y Palmitoleico del aceite de la pulpa de palta (Fuerte y Hass) de la región Apurímac-Perú, varían desde 40,62% hasta 66,87%, 14,44% hasta 26,71%, 7,93% hasta



16,99% y 4,51% hasta 10,90% respectivamente. Al respecto, Guzmán et al. (2017) ha identificado que en la localidad de Nayarit, Michoacán y Jalisco (México) obtuvieron resultados en los rangos de 43,44% a 56,77% (Ácido Oleico), 16,28% a 25,65% (Ácido Palmítico), 9,91% a 16,56% (Ácido Linoleico) y 12,22% a 14,12% (Ácido Palmitoleico).

Asimismo, Carvalho et al. (2015), ha identificado que en la localidad Entrerrios, Rionegro, Jerico, Tamesis y Venecia (Colombia), obtuvieron resultados en los rangos de 42,14% a 59,19% (Ácido Oleico), 18,14% a 21,45% (Ácido Palmítico), 11,60% a 16,58% (Ácido Linoleico) y 8,45% a 17,05% (Ácido Palmitoleico). En consecuencia, se puede afirmar que paltas producidas en la región Apurímac-Perú contienen un mayor contenido de ácido oleico y palmítico respecto a las localidades de México y Colombia; sin embargo, se requiere de mayores estudios que incluya a un mayor número de localidades productoras de palta.

Además, Donetti y Terry (2014), han reportado que el contenido de ácido oleico para palta Hass proveniente de Chile va de 57 a 61% y de España de 54 a 60%; sin embargo, en el trabajo de investigación se reportó un mayor porcentaje de ácido oleico comparado con la composición en el aceite de palta de Chile y España. Estos resultados pueden ser influenciado por las condiciones climáticas de cultivo, principalmente la temperatura (Ozdemir y Topuz, 2004). Asimismo, estudios anteriores reportaron que las zonas de cultivo con bajas temperaturas podrían estimular mayor síntesis de ácidos grasos insaturados como un mecanismo de adaptación para aumentar la fluidez de la membrana (Pedreschi et al., 2016).

La composición de ácidos grasos es la característica principal que define la calidad de un aceite. Se conoce que, durante el crecimiento y el desarrollo del aguacate, ocurre un importante cambio en el contenido y perfil de ácidos grasos con un marcado incremento en el contenido del ácido oleico, por lo que el grado de insaturación de un aceite lo determina la cantidad de ácido oleico que contiene, que es importante desde el punto de vista de la salud (Carvalho et al., 2015). Se pudo observar en todas las muestras analizadas, el ácido oleico es el ácido monoinsaturado mayoritario en el fruto de la palta cosechada en la región de Apurímac. Por lo cual investigaciones anteriores han reportado que el ácido oleico es el ácido graso predominante en la Palta Hass cultivado en Australia, Colombia, México y Chile. Sin embargo, la presencia de ácido oleico en forma mayoritaria no es el único factor



deseable desde el punto de vista de la salud. Se ha demostrado que entre mayor sea la relación Oleico/Linoleico (O/L) en el aceite de Palta, es mejor para la salud, en particular a problemas cardiovasculares (Guzmán et al., 2017).

Guzmán et al. (2017) y Maggiora et al. (2004), nos indican que el ácido linoleico reduce el crecimiento de células tumorales humanas. Por lo que la presencia de estos ácidos grasos insaturados en el Palta tiene un significado muy importante sobre la nutrición y la salud del público en general. En este sentido, todas las muestras maduras de Palta analizadas presentaron una relación O/L mayor a 2, el fruto maduro para la localidad de Pampatama y San Lorenzo en la variedad Fuerte presentan una relación O/L de 6.3 y 8.4, respectivamente, mientras que el fruto maduro de la palta Hass en las mismas localidades, presenta una relación O/L de 2.39 y 3.34, respectivamente (Tabla 13).

Los niveles en la relación O/L reportada en este trabajo son mayores a los reportados por Donetty y Terry (2012) (2 - 3) para palta Hass de África del Sur, mayores a lo reportado por Carvalho *et al.* (2015) para Paltas cultivadas en Colombia (2.78-5.1) y mayores a lo reportado por Guzmán et al. (2017) para paltas cultivadas en México (1.9-5.7). En consecuencia, se puede afirmar que paltas producidas en la región Apurímac-Perú, presentan mayor relación O/L respecto a México, Colombia y África del sur. sin embargo, se requiere de mayores estudios que incluya a un mayor número de localidades productoras de palta.



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- La primera conclusión va en respuesta del objetivo general, se determinó que la localidad, estado de madurez y variedad presentaron influencia significativa ( $p < 0,05$ ) sobre las características fisicoquímicas y perfil de los ácidos grasos del fruto de la palta de la región Apurímac.
- En referencia al primer objetivo específico, se determinó que la localidad, estado de madurez y variedad presentaron influencia significativa ( $p < 0,05$ ) en el contenido de materia seca, humedad, aceite y color. Los análisis mostraron que el porcentaje de materia seca y aceite incremento en relación con el estado de madurez en todos los tratamientos, mientras que la humedad disminuyo proporcional al aumento de la materia seca. Los parámetros de color ( $L^*$ ,  $C^*$  y  $h^\circ$ ) tienden a disminuir por efecto de la madurez. Finalmente, el T11 presentó las mejores condiciones para la producción de palta, con un mayor contenido de materia seca (38,42%) y aceite (22,35%) por consiguiente menor contenido de humedad (61,58%).
- En referencia al segundo objetivo específico, se determinó que la localidad, estado de madurez y variedad presentaron influencia significativa ( $p < 0,05$ ) en la composición ácido Oleico, Palmítico, Linoleico, Palmitoleico y Elaídico, El ácido oleico fue el predominante en todos los tratamientos, seguido del palmítico y linoleico. Finalmente, el T9 y T11 presentan las mejores condiciones para la producción de palta, con una mayor composición de ácido Oleico 66,87% y 66,70% respectivamente.



## 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda a los productores de palta implementar prácticas de manejo que consideren la interacción entre la variedad, la localidad y el estado de madurez para optimizar el perfil de ácidos grasos y mejorar la calidad nutricional de la fruta.
- Se recomienda a los investigadores futuros continuar estudiando la interacción entre la localidad, estado de madurez, variedad y temporada de cosecha, para desarrollar estrategias que mejoren la sostenibilidad y la competitividad de la producción de Palta en la región Apurímac.
- Se recomienda evaluar las características fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos de diferentes variedades de palta para identificar aquellas que mejor se adapten a las condiciones de cultivo y procesamiento específicas.
- Se recomienda manejar el estado de madurez de la palta para optimizar el perfil de ácidos grasos, ya que la madurez puede afectar la composición de ácidos grasos.
- Se recomienda desarrollar productos de valor agregado a partir de la palta, como aceites, mantequillas, suplementos alimenticios, etc., que aprovechen las propiedades nutricionales y sensoriales de la fruta, y que permitan diversificar la oferta de productos y aumentar la rentabilidad de la agroindustria.
- Se recomienda implementar los laboratorios con materiales y equipos sofisticados que permitan realizar estudios de forma integral.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC Official Method 934.01 (2005) Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 18th Ed. Washington, USA, AOAC InternationalL, Gaithersburg, MD

AOAC Official Method 985.16 (1991) Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 18th Ed. Washington, USA, AOAC international, Gaithersburg, MD.

AOAC Official Method 996.06 (2005) Official Methods of Analysis of AOAC international, 18th Ed. Washington, USA, AOAC

ARACKAL, J., y PARAMESHWARI, S. A., 2021. *Detailed evaluation of fatty acid profile and micronutrient analysis of chapattis incorporated with avocado fruit pulp. Materials Today: Proceedings*, 2021, vol. 45, p. ISBN 3268-3273

ARIAS, Francisco; MONTOYA, Cesar; VELÁSQUEZ, Oscar.2018. *Dinámica del mercado mundial de aguacate*. Revista Virtual Universidad Católica del Norte, 2018, no 55, p. 22-35.

ARMESTO, R. A., DÍAZ, J. L. D., PEROMINGO, J. A. D., GONZÁLEZ, A. R., MAO, M. C., & MARTÍNEZ, F. D. L. (2011). Lípidos, colesterol y lipoproteínas. *Galicia clínica*, 72(1), 7-17.

ARACKAL, J., y PARAMESHWARI, S. A 2021. *Detailed evaluation of fatty acid profile and micronutrient analysis of chapattis incorporated with avocado fruit pulp. Materials Today: Proceedings*, 2021, vol. 45, p.3268-3273

ARIAS, Francisco; MONTOYA, Cesar; VELÁSQUEZ, Oscar. 2018. *Dinámica del mercado mundial de aguacate*. Revista Virtual Universidad Católica del Norte, 2018, no 55, p. 22-35.

BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ (2024), Apurímac: *Síntesis de Actividad Económica*. Departamento de Estudios Económicos Sucursal Cusco.



BADII, M. H., RODRÍGUEZ, M. C., WONG, A., & VILLALPANDO, P. (2007). Diseños experimentales e investigación científica. *Innovaciones de negocios*, 2007, vol. 4, no 8, p. 283-330.

BARBOZA, Ruben, *et al.*, 2002. Manual de Procedimientos y de Referencias Técnicas para la tipificación de la calidad de frutas y hortalizas frescas Dirección General de la Granja del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (*DIGEGRA – MGAP*). montevideo: s.n., 2002. pág. 74.

BADUI, D. Salvador, 2006. *Química de los alimentos*, Cuarta edición. México: Editorial Pearson Educación, ISBN: 970-26-0670-5

BELITZ, H.-D., *et al.*, 2004. *Fruits and fruit products. Food chemistry*, 2004, p. 806-861.999. págs. 748-800.

BENÍTEZ, Juan, *et al.*, 2004. Cambios fisicoquímicos del aguacate Hass durante el almacenamiento frío y la maduración acelerada. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2021, vol. 19, no 2, p. 41-56.

BERNAL ESTRADA, Jorge Alonso, *et al.*, 2020. Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate. 2020.

BILL, M.; SIVAKUMAR, D.; THOMPSON, A.; KORSTEN, L. (2014). Avocado Fruit Quality Management during the Postharvest Supply Chain. *Food Reviews International*, 30: 169–202. Doi: 10.1080/87559129.2014.907304

BLAKEY, R. (2011). Management of avocado postharvest physiology. Tesis Doctorado en Filosofía en Agricultura. Pietermaritzburg, Sudáfrica. Recuperado de <https://researchspace.ukzn.ac.za/xmlui/handle/10413/7893>

CARVALHO, Catarina Pedro, *et al.*, 2015. Fatty acid content of avocados (*Persea americana Mill. cv. Hass*) in relation to orchard altitude and fruit maturity stage. *Agronomía Colombiana*, 2015, vol. 33, no 2, p. 220-227.

CERDAS, María Del Milagro, *et al.*, 2006. Manual de Manejo Pre y Poscosecha de Aguacate. 2006.

CIEN-ADEX (2023), Nota Semanal De Inteligencia Comercial. Evolución del mercado mundial y nacional de Palta



- COX, KA; MCGHIE, TK; WHITE, A; WOOLF, AB. 2004. Skin colour and pigment changes during ripening of «Hass» avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology* 31(3): 287-294
- CHAMBILLA, José Rafael. 2016. Pauta metodológica para la elaboración de planes de negocio de palta en el marco de la ley PROCOMPITE. LIMA: PROCOMPITE, 2016. pág. 130.
- CHEN, Jiao Y COL, 2017. El tratamiento de choque frío extiende la vida útil de los frutos de aguacate madurados naturalmente o madurados con etileno. *PloS uno*, 2017, vol. 12, núm. 12, pág. 12 -24.
- CRISOSTO, Carlos H. 1999. *Optimum procedures for ripening stone fruit*. University Of California (Davis, Unites States). Management of fruit ripening. Davis, 1999, p. 28-30S.
- GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto y DE LA VARA SALAZAR, Román (2004). *Análisis y diseño de experimentos*. Mexico. Editorial mexicana, 3<sup>ra</sup> edición. ISBN:9786071507259
- DONETTI, Manuela; TERRY, Leon A, 2014. *Biochemical markers defining growing area and ripening stage of imported avocado fruit cv. Hass*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2014, vol. 34, no 1, p. 90-98.
- DREHER, Mark L.; DAVENPORT, Adrienne J. 2013. *Hass avocado composition and potential health effects*. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2013, vol. 53, no 7, p. 738-750.
- FENNEMA, Owen R.; DAMODARAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk L. 2019. Introducción a la química de los alimentos. En *Fennema, química de los alimentos*. Acribia, 2019. p. 1-16.
- FERREYRA, R., et al., 2016. Identification of pre-harvest factors that affect fatty acid profiles of avocado fruit (*Persea americana* Mill) cv. 'Hass'. At harvest. *South African Journal of Botany*, 2016, vol. 104, p. 15-20.
- FORT RICARDO y ESPINOZA ÁLVARO, 2023. *Estrategia De Desarrollo E Innovación Regional – Edir Región Apurímac* (Documento Resumen). Miradores, Lima 2023. Primera edición. pag. 1-29.
- FLORES-IZQUIERDO, Manuel Antonio; ESPINOZA-VILLANUEVA, Luis Enrique, 2023. Situación actual y perspectivas de la producción de palta (*Persea americana*) peruana en el contexto del comercio internacional. *Ingeniería Industrial*, 2023, no 45, p. 157-173.
- GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC (2014), *Estrategia Regional de la Diversidad Biológica de la Región Apurímac ERDB-APURIMAC (2014 - 2021) y Plan de Acción*



Regional de Diversidad Biológica para la Región Apurímac PARDB - Apurímac (2014 - 2018). Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente, Apurímac.

GUZMÁN, Salvador H; et al., 2017. *Efecto de localidad y madurez sobre el perfil de ácidos grasos del fruto de aguacate 'Hass'*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 2017, vol. 8, no SPE19, p. 3885-3896.

HERRERA, Flor María, et al., 2014. Estrategia Regional de la Diversidad Biológica ERDB-APURIMAC (2014 - 2021) y Plan de Acción Regional de Diversidad Biológica para la Región Apurímac PARDB - Apurímac (2014 - 2018). Apurímac: s.n., 2014. pág. 100.

HERRERA-GONZÁLEZ, Juan A., et al., 2017. *Indicadores preliminares de madurez fisiológica y comportamiento postcosecha del fruto de aguacate*. Méndez. Revista Fitotecnia Mexicana, 2017, vol. 40, no 1, p. 55-63.

HERRERA-GONZÁLEZ, Juan Antonio, et al. (2020), Situación actual del manejo poscosecha y de enfermedades fungosas del aguacate 'Hass' para exportación en Michoacán. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2020, vol. 11, no 7, p. 1647-1660.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto; MENDOZA, 2020. Christian. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. 2020.

INEI, 2022. Evolución de la pobreza monetaria 2010-2021 informe técnico. LIMA. 2022.

INIA, 2018. Curso virtual del manejo integrado del palto. lima: s.n., 2018. P. 1-35.

KUEHL, Robert O (2001), Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. Thomson Editores, S.A. 680 pág. ISBN-0-534-36834-4.

NATAREN VELAZQUEZ, Jeremías, et al. 2020. Caracterización productiva del aguacate (*Persea americana* Mill.) en la zona de alta montaña Veracruz, México.

KASSIM, A.; WORKNEH, T.; BEZUIDENHOUT, C. (2013). A review on postharvest handling of avocado fruit. *African Journal of Agricultural Research*, 8(21): 2385-2402. Doi: 10.5897/AJAR12.1248

LÓPEZ, Anahí; DI SARLI, 2016. Alejandro Ramón. El modelo CIELAB, las fórmulas de diferencia de color y el uso de la norma europea EN 12878 en morteros y hormigones coloreados.

LOZANO, Franklin; QUISPE-QUISPE, Arturo; VILCANQUI-PÉREZ, Fulgencio, 2024. Efecto de mordientes sobre la variación de diámetro y tono de color en hilos de fibra de alpaca



teñidos con flores de colli (*Buddleja coriacea*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 2024, vol. 35, no 1.

MATHIAS-RETTIG, K.; AH-HEN, Kb, 2014. El color en los alimentos es un criterio de calidad medible. *Agro sur*, 2014, vol. 42, núm. 2, pág. 57-66. DOI:10.4206/agrosur 2014.v42n2-07.

MÁRQUEZ, Carlos, et al. 2014. Cambios físico-químicos del aguacate (*Persea americana* Mill. cv. "Hass") en poscosecha para dos municipios de Antioquia. *Temas agrarios*, 2014, vol. 19, no 1, p. 32-47.

MAGGIORA, et al. (2004). *An overview of the effect of linoleic and conjugated-linoleic acids on the growth of several human tumor cell lines*. *Int. J. Cancer*. 112(6): 909-919

MINAGRI, 2015. Tendencias de la producción y el comercio de palta en el mercado internacional y nacional. Lima: 2015.

MIDAGRI, 2020. *Boletín Exportaciones de paltas Lima, 4 de octubre del 2020*.

MIDAGRI, 2023. Boletín estadístico mensual EL AGRO EN CIFRAS. Ministerio de desarrollo agrario y riego. Lima, Publicado Marzo del 2023. Pág. 1-129.

OZDEMIR, Feramuz; TOPUZ, Ayhan, 2004. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. *Food Chemistry*, 2004, vol. 86, no 1, p. 79-83.

PEDRESCHI, Romina, et al., 2014. *Metabolomics analysis of postharvest ripening heterogeneity of 'Hass' avocados*. *Postharvest Biology and Technology*, 2014, vol. 92, p. 172-179.

PROMPERÚ, 2020. Palta (*Persea americana*), nuevas variedades vegetales. N° 7. Perú: Departamento de inteligencia de mercado, 2020.

QIN, Xiaoli y ZHONG, Jinfeng. 2016. *A Review of Extraction Techniques for Avocado Oil*. Japon: Japan Oil Chemists' Society, 2016. Vol. 65. p. 881-888.

RODRIGUEZ-CRUZ, Maricela; TOVAR, Armando R; DEL PRADO, Martha y TORRES, Nimbe, 2005. Mecanismos moleculares de acción de los ácidos grasos poliinsaturados y sus beneficios en la salud. *Rev. invest. clín.* 2005, vol. 57, n. 3, pp. 457-472. ISSN 2564-8896.

ROMERO, C. A. 2019. La situación del mercado internacional de la palta. Ministerio de Agricultura y Riego, Lima, 2019, p. 1-41.



- SAMPIERI, Roberto Hernández (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill México, 2018. ISBN: 978-1-4562-6096-5
- SALAMEH, Maya, *et al.*, 2022. Evaluation of Postharvest Maturity Indices of Commercial Avocado Varieties Grown at Various Elevations Along Lebanon's Coast. *Frontiers in Plant Science*, 2022, vol. 13, p. 895964.
- SWARTS, D, H. 1979. A method for determining the ripeness of avocados research report. South Africa Avocado Growers Asociation Yearbook 3: 70-73.
- SIERRA EXPORTADORA. 2015. La riqueza exportadora de nuestra sierra. Lima: Zoila Hernández Aguilar, 2015. 978-612-46564-0-8.
- TERÁN HILARES, Félix. 2020. Características metabólicas durante la maduración de palta (*Persea americana*) cv. Hass procedente de tres cosechas sometidas a refrigeración. 2020.
- TINEO, Juan Ignacio; et al., 2018. Curso virtual manejo integrado del palto, INIA. Lima, 2018. P.1-35.
- VILLAMIZAR DE BORRERO, Fanny; OSPINA CAMACHO, 2000. Julio E. Frutas y hortalizas: manejo tecnológico postcosecha. 2000.
- VILLA-RODRÍGUEZ, José A., *et al.*, 2011. *Efecto del estado de madurez sobre el contenido de ácidos grasos y actividad antioxidante del aguacate 'Hass'*. *Investigación Alimentaria Internacional*, 2011, vol. 44, núm. 5, pág. 1231-1237.
- VIVERO, Ariel, *et al.* 2019. Palta: compuestos bioactivos y sus potenciales beneficios en salud. *Revista chilena de nutrición*, 2019, vol. 46, no 4, p. 491-498.
- WU, Di; SUN, Da-Wen, 2013. *Colour measurements by computer vision for food quality control*. A review. *Trends in Food Science & Technology*, 2013, vol. 29, no 1, p. 5-20.
- WAISSBLUTH, R.; VALENZUELA, J.; 2007. Determinación del porcentaje mínimo de materia seca para autorizar la cosecha de paltas cv. Hass para ser exportadas. En *Proceedings of the VI World Avocado Congress, Viña del Mar, Chile*. p. 12-16.
- YAHIA, E. (2012). *Crop Post-Harvest: Science and Technology*. Chapter 8: Avocado. First Edition. Blackwell Publishing. Pp. 159-186. Doi: 10.1002/9781444354652.ch8



## ANEXOS



**ANEXO 1. Datos del análisis del contenido de materia seca (%), humedad (%) y aceite (%) del fruto de la palta**

**Tabla 27 — Datos del análisis de materia seca, humedad y aceite**

Tratamientos	Localidad	Estado de madurez	Variiedad	Repetición	%Materia Seca	%Humedad	% Aceite*
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	1	21,10	78,90	12,31
				2	21,55	78,45	12,71
				3	20,65	79,35	12,92
T2	Pampatama	Verde	Hass	1	31,25	68,75	17,31
				2	30,85	69,15	16,08
				3	30,95	69,05	16,15
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	1	26,22	73,78	15,04
				2	26,93	73,07	15,64
				3	25,55	74,45	14,59
T4	Pampatama	Maduro	Hass	1	37,77	62,23	20,47
				2	37,00	63,00	20,63
				3	36,15	63,85	19,74
T5	Carmen	Verde	Fuerte	1	23,35	76,65	13,23
				2	22,70	77,30	13,25
				3	22,80	77,20	13,42
T6	Carmen	Verde	Hass	1	28,30	71,70	17,86
				2	28,40	71,60	17,77
				3	27,55	72,45	17,33
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	1	26,77	73,23	15,70
				2	25,45	74,55	15,42
				3	27,30	72,70	15,77
T8	Carmen	Maduro	Hass	1	36,45	63,55	22,46
				2	36,40	63,60	21,98
				3	35,32	64,68	21,40
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	1	33,20	66,80	18,27
				2	34,05	65,95	18,95
				3	33,35	66,65	18,34
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	1	31,15	68,85	16,51
				2	32,60	67,40	16,45
				3	32,50	67,50	17,00
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	1	38,81	61,19	22,07
				2	38,05	61,95	22,47
				3	38,41	61,59	22,52
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	1	36,15	63,85	19,63
				2	36,72	63,28	19,56
				3	36,85	63,15	19,94



**ANEXO 2. Datos del análisis del Color (Luminosidad, a\*, b\*, croma y tono) de la cáscara del fruto de la palta**

**Tabla 28 — Datos del análisis del color de la cascara del fruto de la palta**

Tratamiento	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Repetición	L*	a*	b*	*C	h°
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	1	37,24	-12,60	17,01	21,17	126,53
				2	36,88	-12,22	17,22	21,12	125,36
				3	36,90	-12,04	16,95	20,79	125,39
T2	Pampatama	Verde	Hass	1	34,85	-10,32	19,27	21,86	118,17
				2	34,67	-10,32	19,20	21,79	118,26
				3	35,02	-10,46	18,97	21,66	118,87
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	1	30,41	-9,60	17,34	19,82	118,97
				2	32,64	-9,20	17,22	19,52	118,11
				3	31,71	-9,00	17,41	19,59	117,34
T4	Pampatama	Maduro	Hass	1	28,35	1,26	8,12	8,21	82,90
				2	27,64	1,50	8,50	8,63	79,99
				3	30,43	1,67	7,32	7,50	77,14
T5	Carmen	Verde	Fuerte	1	38,29	-11,48	16,96	20,48	124,09
				2	37,06	-11,82	16,90	20,62	124,97
				3	37,42	-11,01	16,20	19,59	124,20
T6	Carmen	Verde	Hass	1	35,02	-9,42	16,85	19,30	119,20
				2	35,46	-9,31	16,91	19,30	118,84
				3	35,91	-9,46	16,83	19,31	119,34
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	1	31,88	-9,63	17,47	19,95	118,86
				2	32,45	-9,57	17,09	19,59	119,25
				3	31,54	-9,66	17,50	19,99	118,89
T8	Carmen	Maduro	Hass	1	28,45	1,33	7,45	7,57	78,88
				2	29,87	1,47	8,24	8,37	79,88
				3	29,21	1,61	8,46	8,61	79,23
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	1	38,11	-12,07	18,03	21,69	123,79
				2	36,23	-11,86	18,00	21,56	123,38
				3	36,04	-11,20	18,12	21,30	125,72
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	1	33,69	-10,37	18,66	21,35	119,06
				2	33,15	-10,45	18,20	20,99	119,86
				3	33,95	-10,11	18,05	20,69	119,25
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	1	30,48	-9,20	17,07	19,39	118,32
				2	32,66	-9,21	17,03	18,13	118,40
				3	31,02	-9,34	17,00	19,38	118,78
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	1	28,43	1,52	8,09	8,23	79,36
				2	28,03	1,22	8,53	8,62	81,86
				3	25,75	1,06	8,92	8,98	83,22



**ANEXO 3. Datos del análisis del perfil y composición de los ácidos grasos del fruto de la palta**

**Tabla 29 — Datos del análisis del perfil y composición de los ácidos grasos del fruto de la palta**

Tratamiento	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Repetición	Palmitico	Palmitoleico	Oleico	Elaídico	Linoleico
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	1	20,62	4,52	56,39	4,14	14,33
				2	20,62	4,61	56,33	4,08	14,36
				3	20,57	4,61	56,82	4,14	13,87
T2	Pampatama	Verde	Hass	1	25,58	10,80	43,29	6,24	14,09
				2	25,31	10,76	43,54	6,25	14,14
				3	25,39	10,68	43,55	6,27	14,11
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	1	20,51	7,31	57,07	5,65	9,46
				2	20,47	7,32	57,05	5,66	9,50
				3	20,51	7,31	57,07	5,65	9,46
T4	Pampatama	Maduro	Hass	1	25,06	10,89	40,65	6,45	16,95
				2	25,02	10,90	40,57	6,44	17,08
				3	25,08	10,92	40,64	6,42	16,95
T5	Carmen	Verde	Fuerte	1	20,44	4,90	59,62	4,42	10,63
				2	20,40	5,04	59,55	4,44	10,58
				3	20,39	4,91	59,67	4,42	10,61
T6	Carmen	Verde	Hass	1	26,70	10,09	45,96	5,12	12,14
				2	26,69	10,12	45,88	5,11	12,21
				3	26,74	10,10	45,88	5,13	12,16
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	1	21,60	5,48	55,39	4,56	12,98
				2	21,64	5,35	55,44	4,55	13,03
				3	21,64	5,39	55,53	4,51	12,93
T8	Carmen	Maduro	Hass	1	22,72	8,87	51,36	5,79	11,26
				2	22,69	8,87	51,50	5,76	11,18
				3	22,73	8,81	51,30	5,84	11,33
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	1	14,45	4,51	66,86	5,22	8,97
				2	14,46	4,50	66,89	5,22	8,93
				3	14,41	4,51	66,87	5,47	8,96
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	1	18,08	6,97	55,21	5,56	15,08
				2	18,00	6,18	55,29	5,54	15,00
				3	18,00	5,97	55,99	6,05	15,00
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	1	15,24	4,92	66,55	5,33	7,97
				2	15,30	4,88	66,74	5,18	7,91
				3	15,15	4,96	66,80	5,20	7,91
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	1	20,47	7,74	50,82	5,91	15,06
				2	20,53	7,79	50,56	5,92	15,21
				3	20,56	7,76	50,57	5,93	15,19



**ANEXO 4. Resultados del análisis estadístico de las características fisicoquímicas****Anexo 4.1. Análisis de varianza para la materia seca (%)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Materia Seca	36	0,99	0,99	1,92

**Tabla 30 — Análisis de varianza para la materia seca (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Localidad	343,12	2	171,56	492,85	<0,0001
Estado de madurez	256,00	1	256,00	735,43	<0,0001
Variedad	256,64	1	256,64	737,27	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	1,94	2	0,97	2,78	0,0821
Localidad x Variedad	233,25	2	116,63	335,04	<0,0001
Estado de madurez x Variedad	5,86	1	5,86	16,82	0,0004
Localidad x Estado de madurez x Variedad	9,40	2	4,70	13,51	0,0001
Error	8,35	24	0,35		
Total	1114,56	35			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,60151**

Error: 0,3481 gl: 24

Localidad	Medias	n	E.E.	
Carmen	28,40	12	0,17	A
Pampatama	28,83	12	0,17	A
San Lorenzo	35,15	12	0,17	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)***Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,40590**

Error: 0,3481 gl: 24

E. Madurez	Medias	n	E.E.	
Verde	28,13	18	0,14	A
Maduro	33,46	18	0,14	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)***Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,40590**

Error: 0,3481 gl: 24

Variedad	Medias	n	E.E.	
Fuerte	28,12	18	0,14	A
Hass	33,46	18	0,14	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)***Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,05322**

Error: 0,3481 gl: 24



Localidad	E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Carmen	Verde	25,52	6	0,24	A
Pampatama	Verde	26,06	6	0,24	A
Carmen	Maduro	31,28	6	0,24	B
Pampatama	Maduro	31,60	6	0,24	B
San Lorenzo	Verde	32,81	6	0,24	C
San Lorenzo	Maduro	37,50	6	0,24	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,05322**

Error: 0,3481 gl: 24

Localidad	Variedad	Medias	n	E.E.	
Pampatama	Fuerte	23,67	6	0,24	A
Carmen	Fuerte	24,73	6	0,24	B
Carmen	Hass	32,07	6	0,24	C
Pampatama	Hass	34,00	6	0,24	D
San Lorenzo	Hass	34,33	6	0,24	D
San Lorenzo	Fuerte	35,98	6	0,24	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,76724**

Error: 0,3481 gl: 24

E.Madurez	Variedad	Medias	n	E.E.	
Verde	Fuerte	25,86	9	0,20	A
Maduro	Fuerte	30,39	9	0,20	B
Verde	Hass	30,39	9	0,20	B
Maduro	Hass	36,53	9	0,20	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey (Alfa=0,05 DMS=1,73694. Error: 0,3481 gl: 24)**

**Tabla 31 — Análisis de Tukey para la materia seca**

Tratamiento	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Medias	n	E.E.									
T1	Pampatama	verde	Fuerte	21,10	3	0,34	A								
T5	Carmen	Verde	Fuerte	22,95	3	0,34	B								
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	26,23	3	0,34	C								
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	26,51	3	0,34	C	D							
T6	Carmen	Verde	Hass	28,08	3	0,34		D							
T2	Pampatama	Verde	Hass	31,02	3	0,34			E						
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	32,08	3	0,34			E	F					
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	33,53	3	0,34				F					
T8	Carmen	Maduro	Hass	36,06	3	0,34							G		
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	36,57	3	0,34							G		
T4	Pampatama	Maduro	Hass	36,97	3	0,34							G	H	
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	38,42	3	0,34									H

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



**Anexo 4.2. Análisis de varianza para la humedad (%)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Humedad	36	0,99	0,99	0,85

**Tabla 32 — Análisis de varianza para la humedad (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Localidad	343,12	2	171,56	492,85	<0,0001
Estado de madurez	256,00	1	256,00	735,43	<0,0001
Variedad	256,64	1	256,64	737,27	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	1,94	2	0,97	2,78	0,0821
Localidad x Variedad	233,25	2	116,63	335,04	<0,0001
Estado de madurez x Variedad	5,86	1	5,86	16,82	0,0004
Localidad x Estado de madurez x Variedad	9,40	2	4,70	13,51	0,0001
Error	8,35	24	0,35		
Total	1114,56	35			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,60151**

Error: 0,3481 gl: 24

Localidad	Medias	n	E.E.	
San Lorenzo	64,85	12	0,17	A
Pampatama	71,17	12	0,17	B
Carmen	71,60	12	0,17	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,40590**

Error: 0,3481 gl: 24

E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Maduro	66,54	18	0,14	A
Verde	71,87	18	0,14	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,40590**

Error: 0,3481 gl: 24

Variedad	Medias	n	E.E.	
Hass	66,54	18	0,14	A
Fuerte	71,88	18	0,14	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,04709**

Error: 1,3150 gl: 24



Localidad	E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Pampatama	Maduro	99,08	6	0,47	A
Carmen	Maduro	99,17	6	0,47	A
San Lorenzo	Maduro	99,99	6	0,47	A
Carmen	Verde	121,77	6	0,47	B
San Lorenzo	Verde	121,84	6	0,47	B
Pampatama	Verde	122,10	6	0,47	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,05322**

Error: 0,3481 gl: 24

Localidad	Variedad	Medias	n	E.E.	
San Lorenzo	Fuerte	64,02	6	0,24	A
San Lorenzo	Hass	65,67	6	0,24	B
Pampatama	Hass	66,01	6	0,24	B
Carmen	Hass	67,93	6	0,24	C
Carmen	Fuerte	75,27	6	0,24	D
Pampatama	Fuerte	76,33	6	0,24	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,76724**

Error: 0,3481 gl: 24

E.Madurez	Variedad	Medias	n	E.E.	
Maduro	Hass	63,47	9	0,20	A
Verde	Hass	69,61	9	0,20	B
Maduro	Fuerte	69,61	9	0,20	B
Verde	Fuerte	74,14	9	0,20	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey (Alfa=0,05 DMS=1,73694. Error: 0,3481 gl: 24)**

**Tabla 33 — Análisis de Tukey para la humedad**

Tratamiento	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Medias	n	E.E.									
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	61,58	3	0,34	A								
T4	Pampatama	Maduro	Hass	63,03	3	0,34	A	B							
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	63,43	3	0,34		B							
T8	Carmen	Maduro	Hass	63,94	3	0,34		B							
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	66,47	3	0,34			C						
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	67,92	3	0,34			C	D					
T2	Pampatama	Verde	Hass	68,98	3	0,34				D					
T6	Carmen	Verde	Hass	71,92	3	0,34					E				
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	73,49	3	0,34					E	F			
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	73,77	3	0,34						F			
T5	Carmen	Verde	Fuerte	77,05	3	0,34							G		
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	78,90	3	0,34									H

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



**Anexo 4.3. Análisis de varianza para el aceite (%)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Aceite	36	0,99	0,98	2,22

**Tabla 34 — Análisis de varianza para el aceite (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Localidad	63,32	2	31,66	209,21	<0,0001
Estado de madurez	97,25	1	97,25	642,67	<0,0001
Variedad	57,89	1	57,89	382,53	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	0,18	2	0,09	0,58	0,5666
Localidad x Variedad	104,27	2	52,14	344,53	<0,0001
Estado de madurez x Variedad	1,58	1	1,58	10,41	0,0036
Localidad x Estado de madurez x Variedad	3,08	2	1,54	10,18	0,0006
Error	3,63	24	0,15		
Total	331,19	35			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,39660**

Error: 0,1513 gl: 24

Localidad	Medias	n	E.E.	
Pampatama	16,13	12	0,11	A
Carmen	17,13	12	0,11	B
San Lorenzo	19,31	12	0,11	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,26762**

Error: 0,1513 gl: 24

E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Verde	15,88	18	0,09	A
Maduro	19,17	18	0,09	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,26762**

Error: 0,1513 gl: 24

Variedad	Medias	n	E.E.	
Fuerte	16,26	18	0,09	A
Hass	18,79	18	0,09	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,69442**

Error: 0,1513 gl: 24



Localidad	E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Pampatama	Verde	14,58	6	0,16	A
Carmen	Verde	15,48	6	0,16	B
San Lorenzo	Verde	17,59	6	0,16	C
Pampatama	Maduro	17,69	6	0,16	C
Carmen	Maduro	18,79	6	0,16	D
San Lorenzo	Maduro	21,03	6	0,16	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,69442**

Error: 0,1513 gl: 24

Localidad	Variedad	Medias	n	E.E.	
Pampatama	Fuerte	13,87	6	0,16	A
Carmen	Fuerte	14,47	6	0,16	A
San Lorenzo	Hass	18,18	6	0,16	B
Pampatama	Hass	18,40	6	0,16	B
Carmen	Hass	19,80	6	0,16	C
San Lorenzo	Fuerte	20,44	6	0,16	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,50587**

Error: 0,1513 gl: 24

E.Madurez	Variedad	Medias	n	E.E.	
Verde	Fuerte	14,82	9	0,13	A
Verde	Hass	16,94	9	0,13	B
Maduro	Fuerte	17,69	9	0,13	C
Maduro	Hass	20,65	9	0,13	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey (Alfa=0,05 DMS=1,14522 Error: 0,1513 gl: 24)**

**Tabla 35 — Análisis de Tukey para el aceite**

Tratamiento	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Medias	n	E.E.									
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	12,65	3	0,22	A								
T5	Carmen	Verde	Fuerte	13,30	3	0,22	A								
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	15,09	3	0,22		B							
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	15,63	3	0,22		B	C						
T2	Pampatama	Verde	Hass	16,51	3	0,22			C	D					
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	16,65	3	0,22			C	D					
T6	Carmen	Verde	Hass	17,65	3	0,22				D	E				
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	18,52	3	0,22					E				
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	19,71	3	0,22						F			
T4	Pampatama	Maduro	Hass	20,28	3	0,22						F			
T8	Carmen	Maduro	Hass	21,95	3	0,22							G		
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	22,35	3	0,22									G

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



**Anexo 5: Resultados del análisis estadístico del color**

**Anexo 5.1. Análisis de varianza para la Luminosidad (L\*)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Luminosidad	36	0,95	0,93	2,71

**Tabla 36 — Análisis de varianza para la luminosidad (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Localidad	9,56	2	4,78	5,98	0,0078
Estado de madurez	305,90	1	305,90	382,46	<0,0001
Variedad	72,48	1	72,48	90,62	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	0,08	2	0,04	0,05	0,9493
Localidad x Variedad	2,55	2	1,27	1,59	0,2243
Estado de madurez x Variedad	1,06	1	1,06	1,33	0,2608
Localidad x Estado de madurez x Variedad	0,01	2	0,01	0,01	0,9927
Error	19,20	24	0,80		
Total	410,83	35			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,91177**

Error: 0,7998 gl: 24

Localidad	Medias	n	E.E.	
San Lorenzo	32,30	12	0,26	A
Pampatama	33,06	12	0,26	A B
Carmen	33,55	12	0,26	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,61526**

Error: 0,7998 gl: 24

E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Maduro	30,05	18	0,21	A
Verde	35,88	18	0,21	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,61526**

Error: 0,7998 gl: 24

Variedad	Medias	n	E.E.	
Hass	31,55	18	0,21	A
Fuerte	34,39	18	0,21	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,59648**

Error: 0,7998 gl: 24

Localidad	E.Madurez	Medias	n	E.E.	
San Lorenzo	Maduro	29,40	6	0,37	A



Pampatama	Maduro	30,20	6	0,37	A
Carmen	Maduro	30,57	6	0,37	A
San Lorenzo	Verde	35,20	6	0,37	B
Pampatama	Verde	35,93	6	0,37	B
Carmen	Verde	36,53	6	0,37	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,59648**

Error: 0,7998 gl: 24

Localidad	Variedad	Medias	n	E.E.	
San Lorenzo	Hass	30,50	6	0,37	A
Pampatama	Hass	31,83	6	0,37	A B
Carmen	Hass	32,32	6	0,37	B
San Lorenzo	Fuerte	34,09	6	0,37	C
Pampatama	Fuerte	34,30	6	0,37	C
Carmen	Fuerte	34,77	6	0,37	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,16300**

Error: 0,7998 gl: 24

E. Madurez	Variedad	Medias	n	E.E.	
Maduro	Hass	28,46	9	0,30	A
Maduro	Fuerte	31,64	9	0,30	B
Verde	Hass	34,64	9	0,30	C
Verde	Fuerte	37,13	9	0,30	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey (Alfa=0,05 DMS=2,63287 Error: 0,7998 gl: 24)**

**Tabla 37 — Análisis de Tukey para la luminosidad**

Tratamiento	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Medias	n	E.E.							
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	27,40	3	0,52	A						
T4	Pampatama	Maduro	Hass	28,81	3	0,52	A	A					
T8	Carmen	Maduro	Hass	29,18	3	0,52	A	B	C				
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	31,39	3	0,52		B	C	D			
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	31,59	3	0,52			C	D			
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	31,96	3	0,52				D			
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	33,60	3	0,52				D	E		
T2	Pampatama	Verde	Hass	34,85	3	0,52					E	F	
T6	Carmen	Verde	Hass	35,46	3	0,52					E	F	G
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	36,79	3	0,52						F	G
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	37,01	3	0,52						F	G
T5	Carmen	Verde	Fuerte	37,59	3	0,52							G

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).



**Anexo 5.2. Análisis de varianza para la coordenada a\***

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
a*	36	1,00	1,00	3,28

**Tabla 38 — Análisis de varianza para la coordenada a\* (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Localidad	0,84	2	0,42	7,06	0,0039
Estado de madurez	432,29	1	432,29	7249,87	<0,0001
Variedad	355,51	1	355,51	5962,17	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	1,82	2	0,91	15,23	0,0001
Localidad x Variedad	0,56	2	0,28	4,71	0,0188
Estado de madurez x Variedad	182,12	1	182,12	3054,20	<0,0001
Localidad x Estado de madurez x Variedad	0,04	2	0,02	0,30	0,7454
Error	1,43	24	0,06		
Total	974,61	35			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,24895**

Error: 0,0596 gl: 24

Localidad	Medias	n	E.E.	
Pampatama	-7,61	12	0,07	A
San Lorenzo	-7,50	12	0,07	A
Carmen	-7,25	12	0,07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16799**

Error: 0,0596 gl: 24

E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Verde	-10,92	18	0,06	A
Maduro	-3,99	18	0,06	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16799**

Error: 0,0596 gl: 24

Variedad	Medias	n	E.E.	
Fuerte	-10,60	18	0,06	A
Hass	-4,31	18	0,06	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,43591**

Error: 0,0596 gl: 24



Localidad	E.Madurez	Medias	n	E.E.
Pampatama	Verde	-11,33	6	0,10 A
San Lorenzo	Verde	-11,01	6	0,10 A
Carmen	Verde	-10,42	6	0,10 B
Carmen	Fuerte	-4,08	6	0,10 C
San Lorenzo	Fuerte	-3,99	6	0,10 C
Pampatama	Fuerte	-3,90	6	0,10 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,43591**

Error: 0,0596 gl: 24

Localidad	Variedad	Medias	n	E.E.
Pampatama	Fuerte	-10,78	6	0,10 A
Carmen	Fuerte	-10,53	6	0,10 A
San Lorenzo	Fuerte	-10,48	6	0,10 A
San Lorenzo	Hass	-4,52	6	0,10 B
Pampatama	Hass	-4,45	6	0,10 B
Carmen	Hass	-3,96	6	0,10 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,31755**

Error: 0,0596 gl: 24

E.Madurez	Variedad	Medias	n	E.E.
Verde	Fuerte	-11,81	9	0,08 A
Verde	Hass	-10,02	9	0,08 B
Maduro	Fuerte	-9,38	9	0,08 C
Maduro	Hass	1,40	9	0,08 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey (Alfa=0,05 DMS=0,71889 Error: 0,0596 gl: 24).**

**Tabla 39 — Análisis de Tukey para la coordenada a\***

Tratamiento	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Medias	n	E.E.						
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	-12,29	3	0,14	A					
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	-11,71	3	0,14	A	B				
T5	Carmen	Verde	Fuerte	-11,44	3	0,14		B				
T2	Pampatama	Verde	Hass	-10,37	3	0,14			C			
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	-10,31	3	0,14			C	D		
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	-9,62	3	0,14				D	E	
T6	Carmen	Verde	Hass	-9,40	3	0,14					E	
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	-9,27	3	0,14					E	
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	-9,25	3	0,14					E	
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	1,27	3	0,14						F
T6	Carmen	Maduro	Hass	1,47	3	0,14						F
T4	Pampatama	Maduro	Hass	1,48	3	0,14						F

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).



**Anexo 5.3. Análisis de varianza para la coordenada b\***

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
b*	36	1,00	0,99	2,09

**Tabla 40 — Análisis de varianza para la coordenada b\* (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Localidad	3,84	2	1,92	19,06	<0,0001
Estado de madurez	222,86	1	222,86	2210,19	<0,0001
Variedad	151,91	1	151,91	1506,54	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	3,67	2	1,84	18,20	<0,0001
Localidad x Variedad	1,31	2	0,66	6,52	0,0055
Estado de madurez x Variedad	220,28	1	222,28	2184,61	<0,0001
Localidad x Estado de madurez x Variedad	2,84	2	1,42	14,08	0,0001
Error	2,42	24	0,10		
Total	609,12	35			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,32373**

Error: 0,1008 gl: 24

Localidad	Medias	n	E.E.	
Carmen	14,74	12	0,09	A
Pampatama	15,38	12	0,09	B
San Lorenzo	15,48	12	0,09	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,21846**

Error: 0,1008 gl: 24

E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Maduro	12,71	18	0,07	A
Verde	17,69	18	0,07	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,21846**

Error: 0,1008 gl: 24

Variedad	Medias	n	E.E.	
Hass	13,14	18	0,07	A
Fuerte	17,25	18	0,07	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,56685**

Error: 0,1008 gl: 24



Localidad	E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Pampatama	Maduro	12,65	6	0,13	A
Carmen	Maduro	12,70	6	0,13	A
San Lorenzo	Maduro	12,77	6	0,13	A
Carmen	Verde	16,78	6	0,13	B
Pampatama	Verde	18,10	6	0,13	C
San Lorenzo	Verde	18,18	6	0,13	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,56685**

Error: 0,1008 gl: 24

Localidad	Variedad	Medias	n	E.E.	
Carmen	Hass	12,46	6	0,13	A
San Lorenzo	Hass	13,41	6	0,13	B
Pampatama	Hass	13,56	6	0,13	B
Carmen	Fuerte	17,02	6	0,13	C
Pampatama	Fuerte	17,19	6	0,13	C
San Lorenzo	Fuerte	17,54	6	0,13	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,41293**

Error: 0,1008 gl: 24

E.Madurez	Variedad	Medias	n	E.E.	
Maduro	Hass	8,18	9	0,11	A
Maduro	Fuerte	17,24	9	0,11	B
Fuerte	Hass	17,27	9	0,11	B
Fuerte	Fuerte	18,10	9	0,11	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey** (Alfa=0,05 DMS=0,93483 Error: 0,1008 gl: 24)

**Tabla 41 — Análisis de Tukey Para la coordenada b\***

Tratamiento	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Medias	n	E.E.					
T4	Pampatama	Maduro	Hass	7,98	3	0,18	A				
T8	Carmen	Maduro	Hass	8,05	3	0,18	A				
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	8,51	3	0,18	A				
T5	Carmen	Verde	Fuerte	16,69	3	0,18		B			
T6	Carmen	Verde	Hass	16,86	3	0,18		B			
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	17,03	3	0,18		B			
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	17,06	3	0,18		B			
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	17,32	3	0,18		B	C		
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	17,35	3	0,18		B	C		
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	18,05	3	0,18			C	D	
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	18,30	3	0,18				D	E
T2	Pampatama	Verde	Hass	19,15	3	0,18					E

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).



**Anexo 5.4. Análisis de varianza para el Croma (C\*)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Croma	36	1,00	0,99	2,28

**Tabla 42 — Análisis de varianza para el croma (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Localidad	3,91	2	1,95	12,50	0,0002
Estado de madurez	430,49	1	430,49	2754,62	<0,0001
Variedad	293,04	1	293,04	1875,07	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	6,09	2	3,04	19,48	<0,0001
Localidad x Variedad	1,55	2	0,78	4,97	0,0156
Estado de madurez x Variedad	269,89	1	269,89	1726,96	<0,0001
Localidad x Estado de madurez x Variedad	2,26	2	1,13	7,22	0,0035
Error	3,75	24	0,16		
Total	1010,98	35			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,40304**

Error: 0,1563 gl: 24

Localidad	Medias	n	E.E.	
Carmen	16,89	12	0,11	A
San Lorenzo	17,53	12	0,11	B
Pampatama	17,64	12	0,11	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,27197**

Error: 0,1563 gl: 24

E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Maduro	13,89	18	0,09	A
Fuerte	20,81	18	0,09	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,27197**

Error: 0,1563 gl: 24

Variedad	Medias	n	E.E.	
Hass	14,50	18	0,09	A
Fuerte	20,20	18	0,09	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,70570**

Error: 0,1563 gl: 24



Localidad	E. Madurez	Medias	n	E.E.	
San Lorenzo	Maduro	13,79	6	0,16	A
Pampatama	Maduro	13,88	6	0,16	A
Carmen	Maduro	14,01	6	0,16	A
Carmen	Verde	19,77	6	0,16	B
San Lorenzo	Verde	21,26	6	0,16	C
Pampatama	Verde	21,40	6	0,16	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,70570**

Error: 0,1563 gl: 24

Localidad	Variedad	Medias	n	E.E.	
Carmen	Hass	13,74	6	0,16	A
San Lorenzo	Hass	14,81	6	0,16	B
Pampatama	Hass	14,94	6	0,16	B
Carmen	Fuerte	20,04	6	0,16	C
San Lorenzo	Fuerte	20,24	6	0,16	C
Pampatama	Fuerte	20,34	6	0,16	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,51409**

Error: 0,1563 gl: 24

E. Madurez	Variedad	Medias	n	E.E.	
Maduro	Hass	8,30	9	0,13	A
Maduro	Fuerte	19,48	9	0,13	B
Verde	Hass	20,69	9	0,13	C
Verde	Fuerte	20,92	9	0,13	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey (Alfa=0,05 DMS=1,16383 Error: 0,1563 gl: 24)**

**Tabla 43 — Análisis de Tukey para el croma (C\*)**

Tratamiento	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Medias	n	E.E.					
T4	Pampatama	Maduro	Hass	8,11	3	0,23	A				
T8	Carmen	Maduro	Hass	8,18	3	0,23	A				
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	8,61	3	0,23	A				
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	18,97	3	0,23		B			
T6	Carmen	Verde	Hass	19,30	3	0,23		B	C		
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	19,64	3	0,23		B	C		
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	19,84	3	0,23		B	C		
T6	Carmen	Verde	Fuerte	20,23	3	0,23			C	D	
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	21,01	3	0,23				D	E
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	21,03	3	0,23				D	E
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	21,52	3	0,23					E
T2	Pampatama	Verde	Hass	21,77	3	0,23					E

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).



**Anexo 5.5. Análisis de varianza para el Tono (h°)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Tono	36	1,00	1,00	1,04

**Tabla 44 — Análisis de varianza para el tono (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Localidad	1,29	2	0,65	0,49	0,6176
Estado de madurez	4554,00	1	4554,00	3463,05	<0,0001
Variedad	4378,91	1	4378,91	3329,91	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	2,11	2	1,05	0,80	0,4607
Localidad x Variedad	5,48	2	2,74	2,08	0,1464
Estado de madurez x Variedad	2366,50	1	2366,50	1799,58	<0,0001
Localidad x Estado de madurez x Variedad	4,90	2	2,45	1,86	0,1768
Error	31,56	24	1,32		
Total	11344,75	35			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,16912**

Error: 1,3150 gl: 24

Localidad	Medias	n	E.E.
Carmen	110,47	12	0,33 A
Pampatama	110,59	12	0,33 A
San Lorenzo	110,92	12	0,33 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,78892**

Error: 1,3150 gl: 24

E.Madurez	Medias	n	E.E.
Maduro	99,41	18	0,27 A
Verde	121,90	18	0,27 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,78892**

Error: 1,3150 gl: 24

Variedad	Medias	n	E.E.
Hass	99,63	18	0,27 A
Fuerte	121,69	18	0,27 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,04709**

Error: 1,3150 gl: 24



Localidad	E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Pampatama	Maduro	99,08	6	0,47	A
Carmen	Maduro	99,17	6	0,47	A
San Lorenzo	Maduro	99,99	6	0,47	A
Carmen	Verde	121,77	6	0,47	B
San Lorenzo	Verde	121,84	6	0,47	B
Pampatama	Verde	122,10	6	0,47	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,04709**

Error: 1,3150 gl: 24

Localidad	Variedad	Medias	n	E.E.	
Pampatama	Hass	99,22	6	0,47	A
Carmen	Hass	99,23	6	0,47	A
San Lorenzo	Hass	100,44	6	0,47	A
San Lorenzo	Fuerte	121,40	6	0,47	B
Carmen	Fuerte	121,71	6	0,47	B
Pampatama	Fuerte	121,95	6	0,47	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,49125**

Error: 1,3150 gl: 24

E.Madurez	Variedad	Medias	n	E.E.	
Maduro	Hass	80,27	9	0,38	A
Maduro	Fuerte	118,55	9	0,38	B
Verde	Hass	118,98	9	0,38	B
Verde	Fuerte	124,83	9	0,38	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey (Alfa=0,05 DMS=3,37600 Error: 1,3150 gl: 24)**

**Tabla 45 — Análisis de Tukey para el tono (h°)**

Tratamiento	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Medias	n	E.E.			
T8	Carmen	Maduro	Hass	79,33	3	0,66	A		
T4	Pampatama	Maduro	Hass	80,01	3	0,66	A		
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	81,48	3	0,66	A		
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	118,14	3	0,66		B	
T2	Pampatama	Verde	Hass	118,43	3	0,66		B	
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	118,50	3	0,66		B	
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	119,00	3	0,66		B	
T6	Carmen	Verde	Hass	119,13	3	0,66		B	
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	119,39	3	0,66		B	
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	124,30	3	0,66			C
T5	Carmen	Verde	Fuerte	124,42	3	0,66			C
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	125,76	3	0,66			C

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).



## ANEXO 6. Resultados del análisis estadístico del perfil de los ácidos grasos

### Anexo 6.1. Análisis de varianza - ácido palmítico

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ácido palmítico	36	1,00	1,00	0,26

**Tabla 46 — Análisis de varianza para el ácido palmítico (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Localidad	271,53	2	135,76	47176,69	<0,0001
Estado de madurez	1,40	1	1,40	0,05	0,8297
Variedad	164,40	1	164,40	57125,72	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	14,05	2	7,03	2441,84	<0,0001
Localidad x Variedad	1,61	2	0,81	280,03	<0,0001
Estado de madurez x Variedad	3,57	1	3,57	1239,08	<0,0001
Localidad x Estado de madurez x variedad	19,05	2	9,52	3309,44	<0,0001
Error	0,07	24	2,9		
Total	474,27	35			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05469**

Error: 0,0029 gl: 24

Localidad	Medias	n	E.E.	
San Lorenzo	17,05	12	0,02	A
Carmen	22,87	12	0,02	B
Pampatama	22,90	12	0,02	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03691**

Error: 0,0029 gl: 24

E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Verde	20,94	18	0,01	A
Maduro	20,94	18	0,01	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03691**

Error: 0,0029 gl: 24

Variedad	Medias	n	E.E.	
1	18,80	18	0,01	A
2	23,08	18	0,01	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09576**

Error: 0,0029 gl: 24



Localidad	E.Madurez	Medias	n	E.E.	
San Lorenzo	Verde	16,23	6	0,02	A
San Lorenzo	Maduro	17,88	6	0,02	B
Carmen	Maduro	22,17	6	0,02	C
Pampatama	Maduro	22,78	6	0,02	D
Pampatama	Verde	23,02	6	0,02	E
Carmen	Verde	23,56	6	0,02	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09576**

Error: 0,0029 gl: 24

Localidad	Variedad	Medias	n	E.E.	
San Lorenzo	Fuerte	14,84	6	0,02	A
San Lorenzo	Hass	19,27	6	0,02	B
Pampatama	Hass	20,55	6	0,02	C
Carmen	Hass	21,02	6	0,02	D
Carmen	Fuerte	24,71	6	0,02	E
Pampatama	Fuerte	25,24	6	0,02	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06976**

Error: 0,0029 gl: 24

E.Madurez	Variedad	Medias	n	E.E.	
Verde	Fuerte	18,48	9	0,02	A
Maduro	Fuerte	19,12	9	0,02	B
Maduro	Hass	22,76	9	0,02	C
Verde	Hass	23,39	9	0,02	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey (Alfa=0,05 DMS=0,15793 Error: 0,0029 gl: 24)**

**Tabla 47 — Análisis de Tukey para el ácido palmítico**

Tratamiento	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Medias	n	E.E.											
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	14,44	3	0,03	A										
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	15,23	3	0,03		B									
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	18,03	3	0,03			C								
T5	Carmen	Verde	Fuerte	20,41	3	0,03				D							
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	20,50	3	0,03				D	E						
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	20,52	3	0,03				D	E						
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	20,60	3	0,03					E						
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	21,63	3	0,03						F					
T8	Carmen	Maduro	Hass	22,71	3	0,03							G				
T4	Pampatama	Maduro	Hass	25,05	3	0,03								H			
T2	Pampatama	Verde	Hass	25,43	3	0,03									I		
T6	Carmen	Verde	Hass	26,71	3	0,03											J

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



### Anexo 6.2. Análisis de varianza - ácido palmitoleico

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ácido palmitoleico	36	1,00	1,00	2,19

**Tabla 48 — Análisis de varianza para el ácido palmitoleico (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Localidad	37,64	2	18,82	755,33	<0,0001
Estado de madurez	3,80	1	3,80	152,36	<0,0001
Variedad	132,98	1	132,98	5337,56	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	5,38	2	2,69	108,03	<0,0001
Localidad x Variedad	10,48	2	5,24	210,33	<0,0001
Estado de madurez x Variedad	3,57	1	2,74	109,94	<0,0001
Localidad x Estado de madurez x Variedad	2,74	2	2,57	103,33	<0,0001
Error	0,60	24	0,02		
Total	198,76	35			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16092**

Error: 0,0249 gl: 24

Localidad	Medias	n	E.E.	
San Lorenzo	5,89	12	0,05	A
Carmen	7,33	12	0,05	B
Pampatama	8,39	12	0,05	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10859**

Error: 0,0249 gl: 24

E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Verde	6,88	18	0,04	A
Maduro	7,53	18	0,04	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10859**

Error: 0,0249 gl: 24

Variedad	Medias	n	E.E.	
Fuerte	5,28	18	0,04	A
Hass	9,12	18	0,04	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,28177**

Error: 0,0249 gl: 24



Localidad	E.Madurez	Medias	n	E.E.	
San Lorenzo	Verde	5,44	6	0,06	A
San Lorenzo	Maduro	6,34	6	0,06	B
Carmen	Maduro	7,13	6	0,06	C
Carmen	Verde	7,53	6	0,06	D
Pampatama	Verde	7,66	6	0,06	D
Pampatama	Maduro	9,11	6	0,06	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,28177**

Error: 0,0249 gl: 24

Localidad	Variedad	Medias	n	E.E.	
San Lorenzo	Fuerte	4,71	6	0,06	A
Carmen	Fuerte	5,18	6	0,06	B
Pampatama	Fuerte	5,95	6	0,06	C
San Lorenzo	Hass	7,07	6	0,06	D
Carmen	Hass	9,48	6	0,06	E
Pampatama	Hass	10,83	6	0,06	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,20526**

Error: 0,0249 gl: 24

E.Madurez	Variedad	Medias	n	E.E.	
Verde	Fuerte	4,68	9	0,05	A
Maduro	Fuerte	5,88	9	0,05	B
Verde	Hass	9,07	9	0,05	C
Maduro	Hass	9,17	9	0,05	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey (Alfa=0,05 DMS=0,46468 Error: 0,0249 gl: 24)**

**Tabla 49 — Análisis de Tukey para el ácido palmitoleico**

Tratamiento	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Medias	n	E.E.							
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	4,51	3	0,09	A						
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	4,58	3	0,09	A						
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	4,92	3	0,09	A						
T5	Carmen	Verde	Fuerte	4,95	3	0,09	A	B					
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	5,41	3	0,09		B					
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	6,37	3	0,09			C				
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	7,31	3	0,09				D			
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	7,76	3	0,09				D			
T8	Carmen	Maduro	Hass	8,85	3	0,09					E		
T6	Carmen	Verde	Hass	10,10	3	0,09						F	
T2	Pampatama	Verde	Hass	10,75	3	0,09							G
T4	Pampatama	Maduro	Hass	10,90	3	0,09							G

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).



**Anexo 6.3. Análisis de varianza - ácido oleico**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ácido oleico	36	1,00	1,00	0,31

**Tabla 50 — Análisis de varianza para el ácido oleico (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Localidad	683,40	2	341,70	12074,29	<0,0001
Estado de madurez	8,98	1	8,98	317,31	<0,0001
Variedad	1394,77	1	1394,77	49285,28	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	15,19	2	7,59	268,29	<0,0001
Localidad x Variedad	58,71	2	29,36	1037,36	<0,0001
Estado de madurez x Variedad	0,62	1	0,62	22,05	0,0001
Localidad x Estado de madurez x variedad	94,05	2	47,02	1661,64	<0,0001
Error	0,68	24	0,03		
Total	2256,41	35			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,17151**

Error: 0,0283 gl: 24

Localidad	Medias	n	E.E.	
Pampatama	49,41	12	0,05	A
Carmen	53,09	12	0,05	B
San Lorenzo	59,93	12	0,05	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11573**

Error: 0,0283 gl: 24

E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Maduro	53,65	18	0,04	A
verde	54,64	18	0,04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11573**

Error: 0,0283 gl: 24

Variedad	Medias	n	E.E.	
Hass	47,92	18	0,04	A
Fuerte	60,37	18	0,04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,30030**

Error: 0,0283 gl: 24



Localidad	E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Pampatama	Maduro	48,84	6	0,07	A
Pampatama	Verde	49,99	6	0,07	B
Carmen	Verde	52,76	6	0,07	C
Carmen	Maduro	53,42	6	0,07	D
San Lorenzo	Maduro	58,67	6	0,07	E
San Lorenzo	Verde	61,19	6	0,07	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,30030**

Error: 0,0283 gl: 24

Localidad	Variedad	Medias	n	E.E.	
Pampatama	Hass	42,04	6	0,07	A
Carmen	Hass	48,65	6	0,07	B
San Lorenzo	Hass	53,07	6	0,07	C
Pampatama	Fuerte	56,79	6	0,07	D
Carmen	Fuerte	57,53	6	0,07	E
San Lorenzo	Fuerte	66,79	6	0,07	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,21876**

Error: 0,0283 gl: 24

E.Madurez	Variedad	Medias	n	E.E.	
Maduro	Hass	47,55	9	0,06	A
Verde	Hass	48,29	9	0,06	B
Maduro	Fuerte	59,74	9	0,06	C
Verde	Fuerte	61,00	9	0,06	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey (Alfa=0,05 DMS=0,49525 Error: 0,0283 gl: 24)**

**Tabla 51 — Análisis de Tukey para el ácido oleico**

Tratamiento	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Medias	n	E.E.											
T4	Pampatama	Maduro	Hass	40,62	3	0,10	A										
T2	Pampatama	Verde	Hass	43,46	3	0,10		B									
T6	Carmen	Verde	Hass	45,91	3	0,10			C								
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	50,65	3	0,10				D							
T8	Carmen	Maduro	Hass	51,39	3	0,10					E						
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	55,45	3	0,10						F					
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	55,50	3	0,10							F				
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	56,51	3	0,10								G			
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	57,06	3	0,10									H		
T5	Carmen	Verde	Fuerte	59,61	3	0,10										I	
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	66,70	3	0,10											J
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	66,87	3	0,10											J

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



**Anexo 6.4. Análisis de varianza - ácido Elaídico**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ácido elaídico	36	0,99	0,98	1,82

**Tabla 52 — Análisis de varianza para el ácido elaídico (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Localidad	3,00	2	1,50	156,13	<0,0001
Estado de madurez	1,75	1	1,75	181,85	<0,0001
Variedad	8,89	1	8,89	925,54	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	0,95	2	0,47	49,22	<0,0001
Localidad x Variedad	1,24	2	0,62	64,74	<0,0001
Estado de madurez x Variedad	0,07	1	0,07	6,95	0,0145
Localidad x Estado de madurez x variedad	1,59	2	0,80	82,91	<0,0001
Error	0,23	24	0,01		
Total	17,72	35			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09992**

Error: 0,0096 gl: 24

Localidad	Medias	n	E.E.	
Carmen	4,97	12	0,03	A
San Lorenzo	5,54	12	0,03	B
Pampatama	5,62	12	0,03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06743**

Error: 0,0096 gl: 24

Estado de madurez	Medias	n	E.E.	
Verde	5,16	18	0,02	A
Maduro	5,60	18	0,02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06743**

Error: 0,0096 gl: 24

Variedad	Medias	n	E.E.	
Fuerte	4,88	18	0,02	A
Hass	5,87	18	0,02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,17496**

Error: 0,0096 gl: 24



Localidad	E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Carmen	Verde	4,77	6	0,04	A
Carmen	Maduro	5,17	6	0,04	B
Pampatama	Verde	5,19	6	0,04	B
San Lorenzo	Verde	5,51	6	0,04	C
San Lorenzo	Maduro	5,58	6	0,04	C
Pampatama	Maduro	6,05	6	0,04	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,17496**

Error: 0,0096 gl: 24

Localidad	Variedad	Medias	n	E.E.	
Carmen	Fuerte	4,48	6	0,04	A
Pampatama	Fuerte	4,89	6	0,04	B
San Lorenzo	Fuerte	5,27	6	0,04	C
Carmen	Hass	5,46	6	0,04	D
San Lorenzo	Hass	5,82	6	0,04	E
Pampatama	Hass	6,35	6	0,04	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,12745**

Error: 0,0096 gl: 24

E.Madurez	Variedad	Medias	n	E.E.	
Verde	Fuerte	4,62	9	0,03	A
Maduro	Fuerte	5,14	9	0,03	B
Verde	Hass	5,70	9	0,03	C
Verde	Hass	6,05	9	0,03	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey (Alfa=0,05 DMS=0,28853 Error: 0,0096 gl: 24)**

**Tabla 53 — Análisis de Tukey para el ácido eláidico**

Tratamiento	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Medias	n	E.E.				
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	4,12	3	0,06	A			
T5	Carmen	Verde	Fuerte	4,43	3	0,06		B		
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	4,54	3	0,06		B		
T6	Carmen	Verde	Hass	5,12	3	0,06			C	
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	5,24	3	0,06			C	
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	5,30	3	0,06			C	
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	5,65	3	0,06				D
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	5,72	3	0,06				D
T8	Carmen	Maduro	Hass	5,80	3	0,06				D
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	5,92	3	0,06				D
T2	Pampatama	Verde	Hass	6,25	3	0,06				E
T4	Pampatama	Maduro	Hass	6,44	3	0,06				E

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



**Anexo 6.5. Análisis de varianza - ácido Linoleico**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ácido linoleico	36	1,00	1,00	0,75

**Tabla 54 — Análisis de varianza para el ácido linoleico (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Localidad	29,86	2	14,93	1744,76	<0,0001
Estado de madurez	0,40	1	0,40	47,11	<0,0001
Variedad	105,92	1	105,92	12376,05	<0,0001
Localidad x Estado de madurez	4,32	2	2,16	252,35	<0,0001
Localidad x Variedad	68,29	2	34,15	3989,76	<0,0001
Estado de madurez x Variedad	7,44	1	7,44	869,77	<0,0001
Localidad x Estado de madurez x variedad	44,89	2	22,45	2622,81	<0,0001
Error	0,21	24	0,01		
Total	261,34	35			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09432**

Error: 0,0086 gl: 24

Localidad	Medias	n	E.E.	
Carmen	11,75	12	0,03	A
San Lorenzo	11,77	12	0,03	A
Pampatama	13,69	12	0,03	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06364**

Error: 0,0086 gl: 24

E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Maduro	12,30	18	0,02	A
Verde	12,51	18	0,02	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06364**

Error: 0,0086 gl: 24

Variedad	Medias	n	E.E.	
Fuerte	10,69	18	0,02	A
Hass	14,12	18	0,02	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16514**

Error: 0,0086 gl: 24



Localidad	E.Madurez	Medias	n	E.E.	
Carmen	Verde	11,39	6	0,04	A
San Lorenzo	Maduro	11,54	6	0,04	A
San Lorenzo	Verde	11,99	6	0,04	B
Carmen	Maduro	12,12	6	0,04	B
Pampatama	Maduro	13,23	6	0,04	C
Pampatama	Verde	14,15	6	0,04	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16514**

Error: 0,0086 gl: 24

Localidad	Variedad	Medias	n	E.E.	
San Lorenzo	Fuerte	8,44	6	0,04	A
Carmen	Hass	11,71	6	0,04	B
Carmen	Fuerte	11,79	6	0,04	B
Pampatama	Fuerte	11,83	6	0,04	B
San Lorenzo	Hass	15,09	6	0,04	C
Pampatama	Hass	15,55	6	0,04	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,12030**

Error: 0,0086 gl: 24

E.Madurez	Variedad	Medias	n	E.E.	
Maduro	Fuerte	10,13	9	0,03	A
Verde	Fuerte	11,25	9	0,03	B
Verde	Hass	13,77	9	0,03	C
Maduro	Hass	14,47	9	0,03	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Test: Tukey (Alfa=0,05 DMS=0,27235 Error: 0,0086 gl: 24)**

**Tabla 55 — Análisis de Tukey para el ácido linoleico**

Tratamiento	Localidad	Estado de madurez	Variedad	Medias	n	E.E.												
T11	San Lorenzo	Maduro	Fuerte	7,93	3	0,05	A											
T9	San Lorenzo	Verde	Fuerte	8,95	3	0,05		b										
T3	Pampatama	Maduro	Fuerte	9,47	3	0,05			C									
T5	Carmen	Verde	Fuerte	10,61	3	0,05				D								
T8	Carmen	Maduro	Hass	11,26	3	0,05					E							
T6	Carmen	Verde	Hass	12,17	3	0,05						F						
T7	Carmen	Maduro	Fuerte	12,98	3	0,05							G					
T2	Pampatama	Verde	Hass	14,11	3	0,05								H				
T1	Pampatama	Verde	Fuerte	14,19	3	0,05								H				
T10	San Lorenzo	Verde	Hass	15,03	3	0,05												I
T12	San Lorenzo	Maduro	Hass	15,15	3	0,05												I
T4	Pampatama	Maduro	Hass	16,99	3	0,05												J

NOTA: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).



ANEXO 7. Análisis del perfil de los ácidos grasos del fruto de la palta

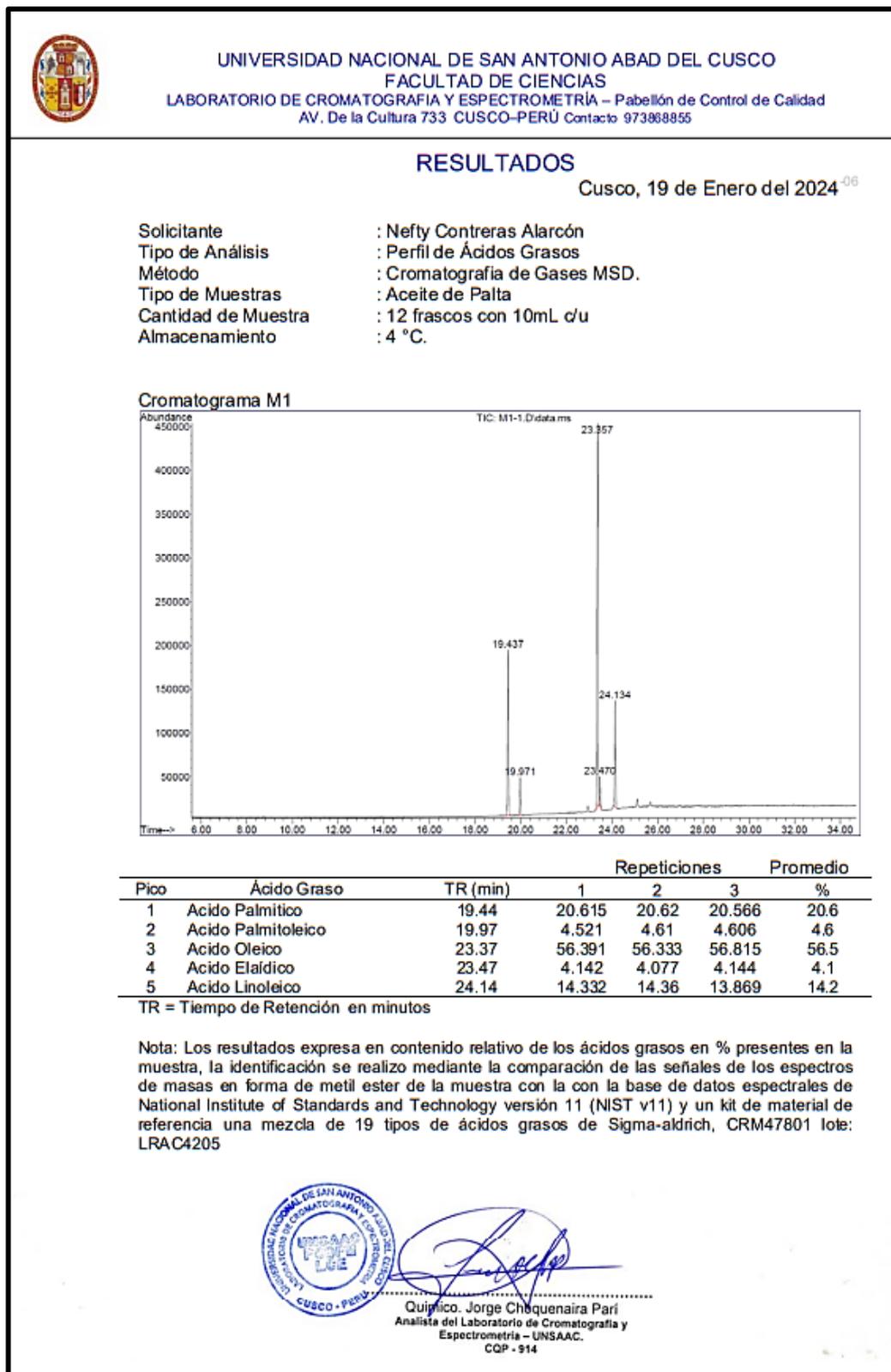


Figura 10 — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 1



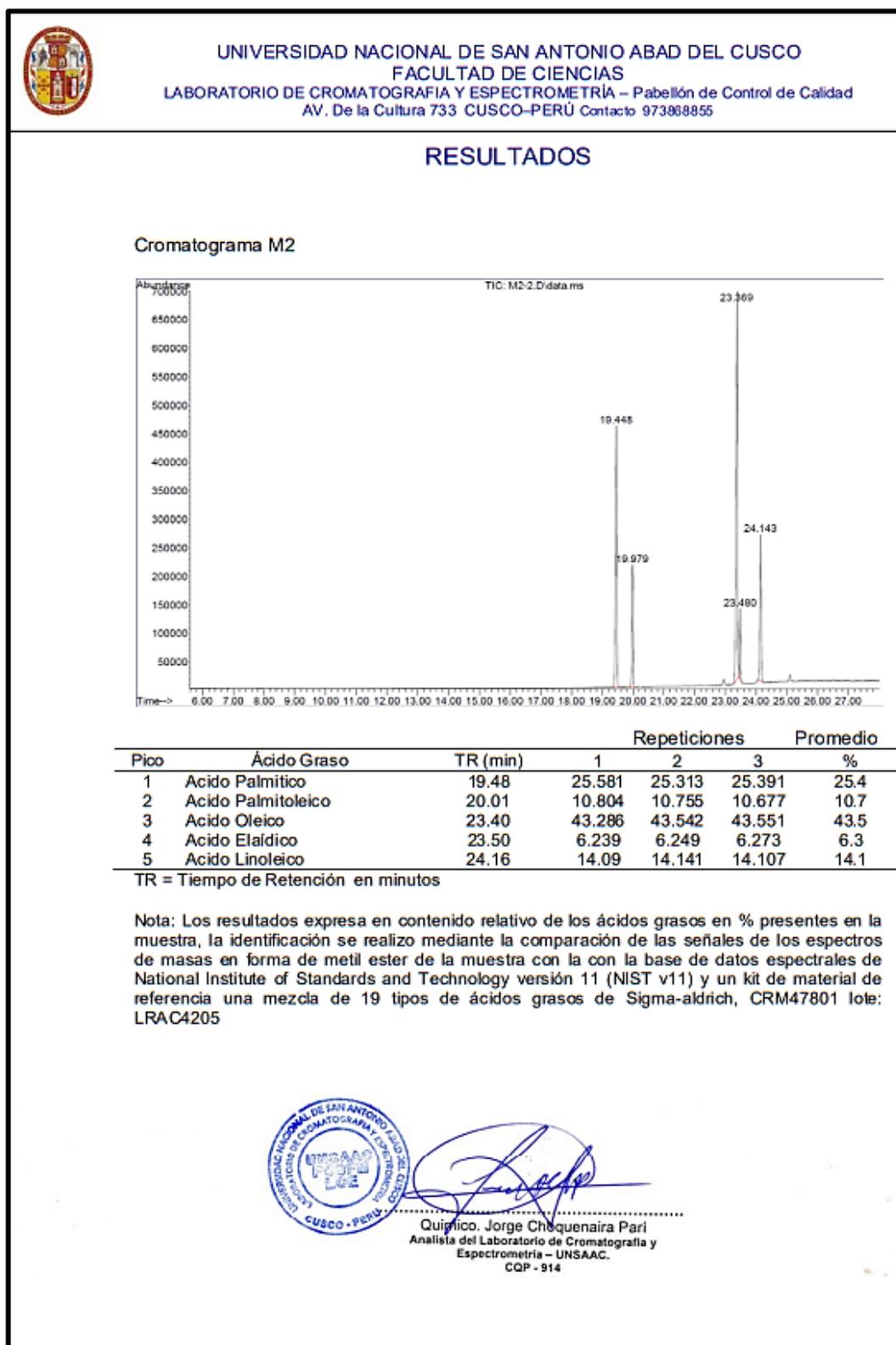


Figura 11 — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 2



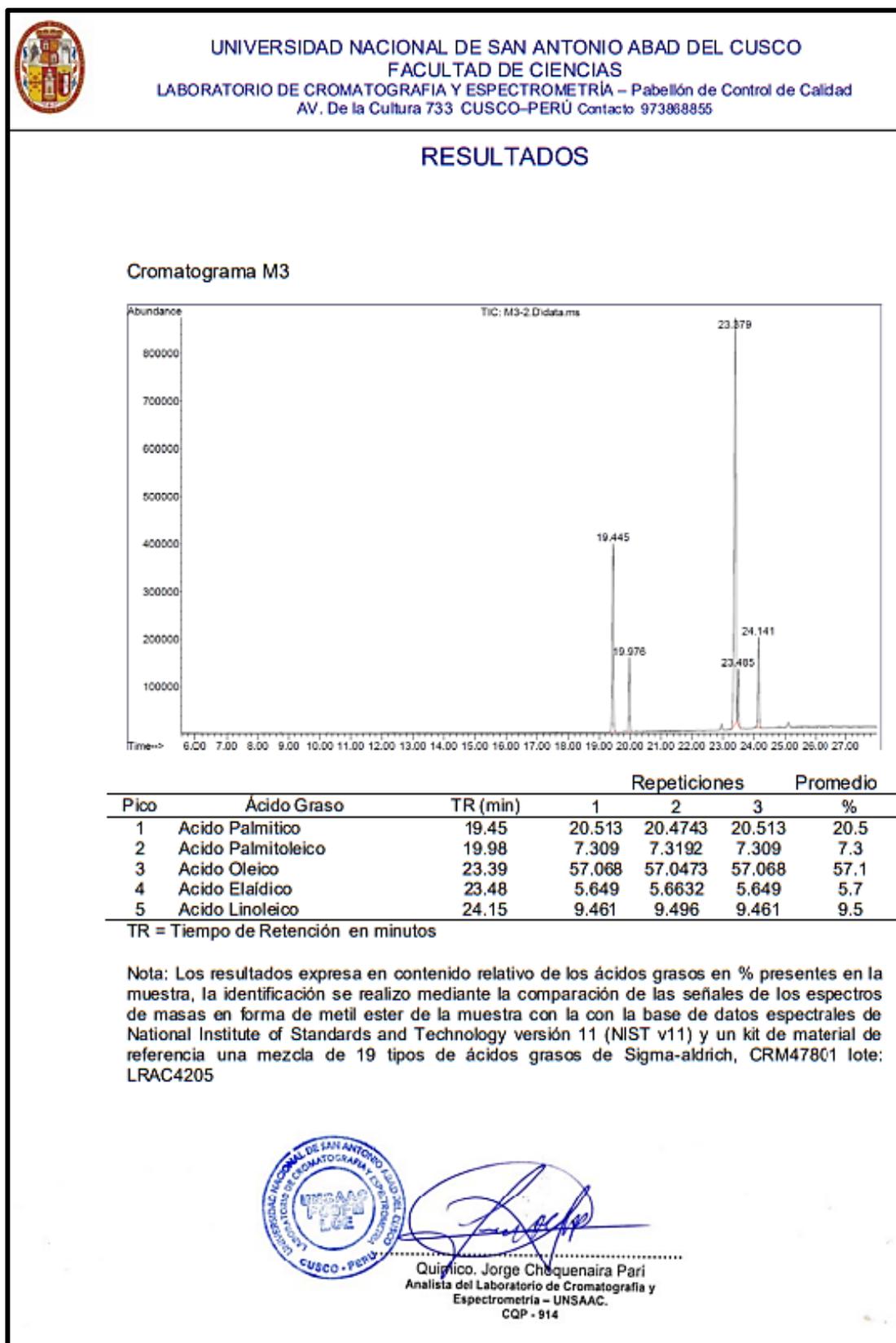


Figura 12 — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 3



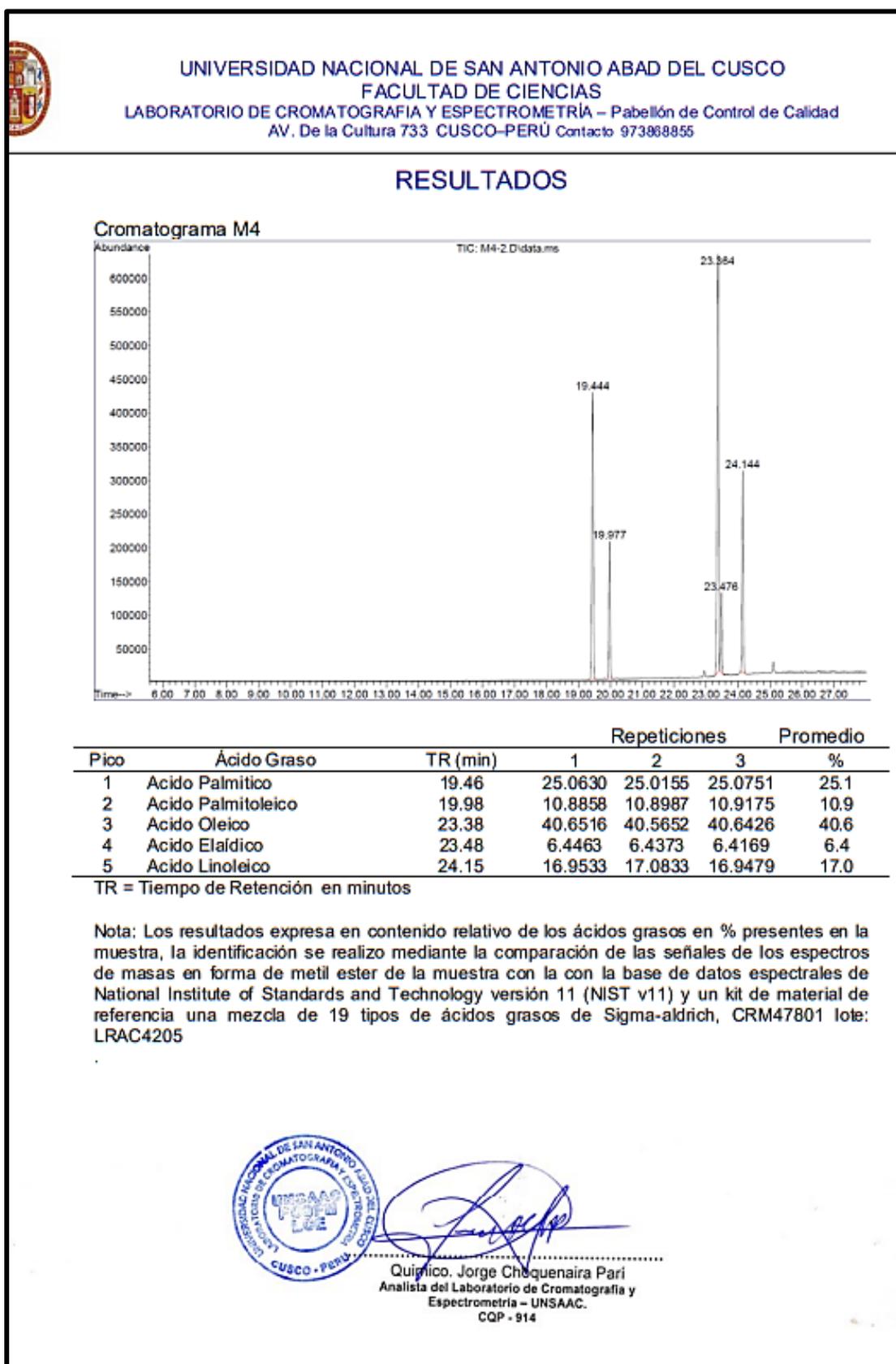


Figura 13 — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 4



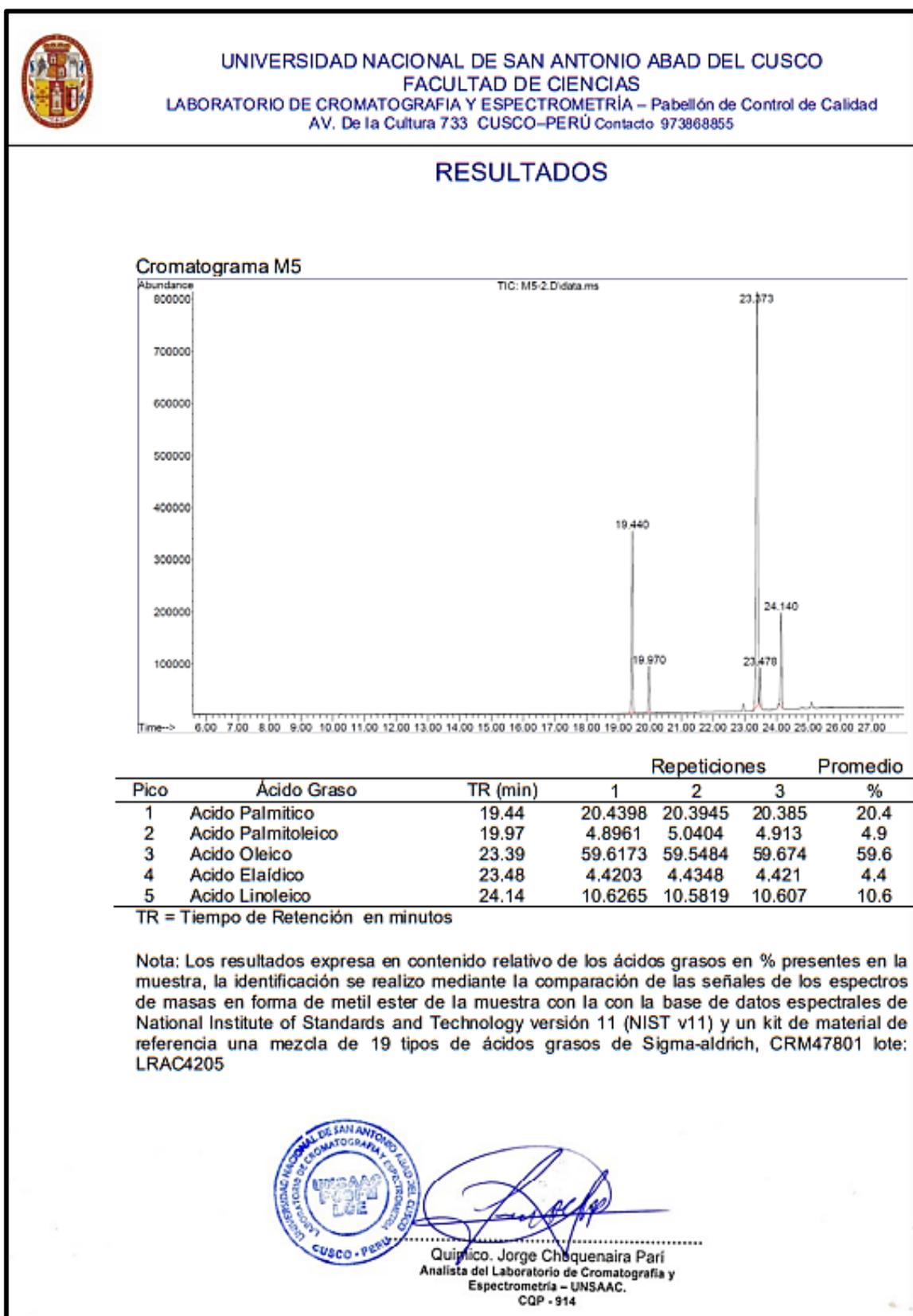


Figura 14 — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 5



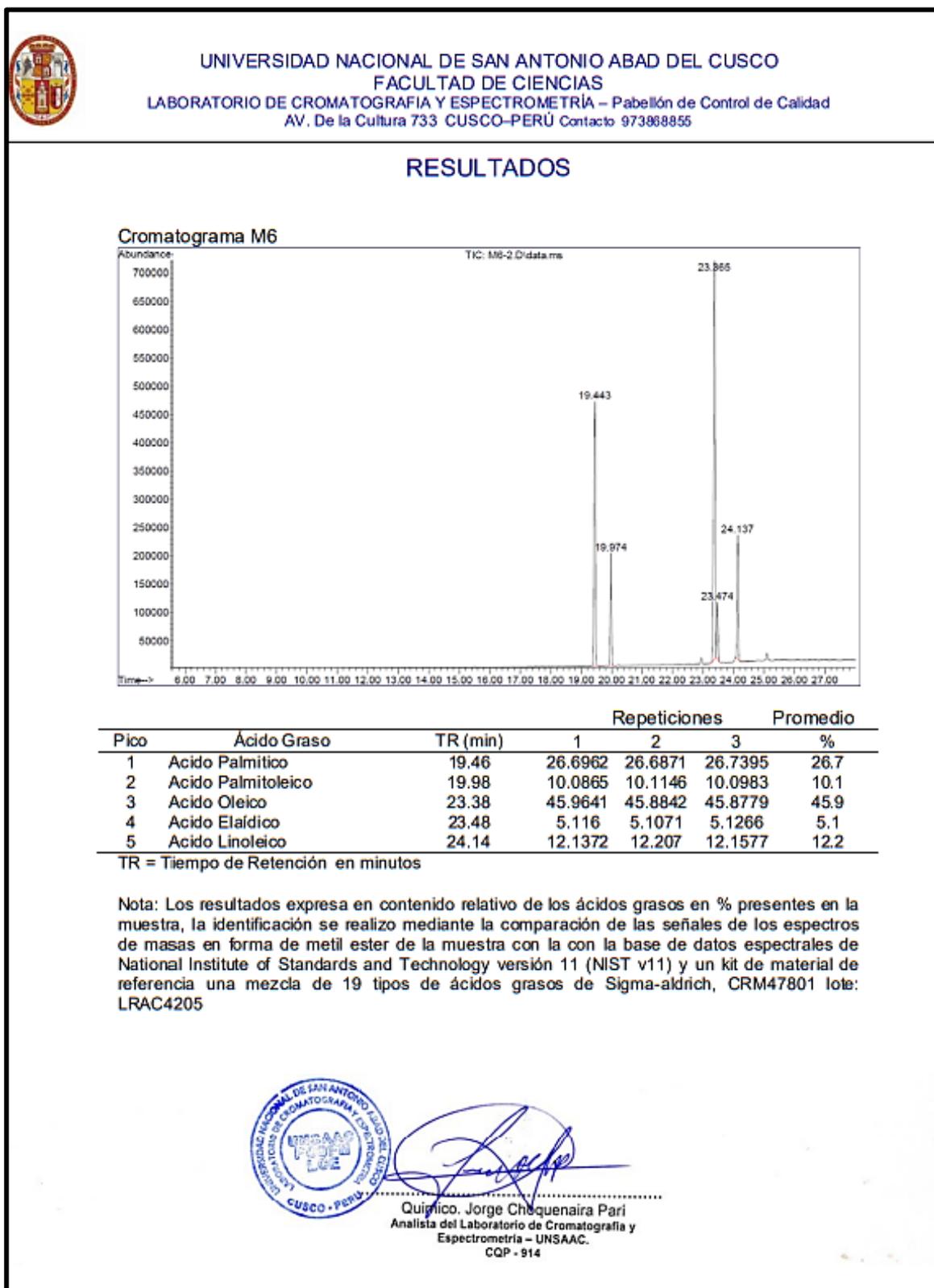


Figura 15 — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 6



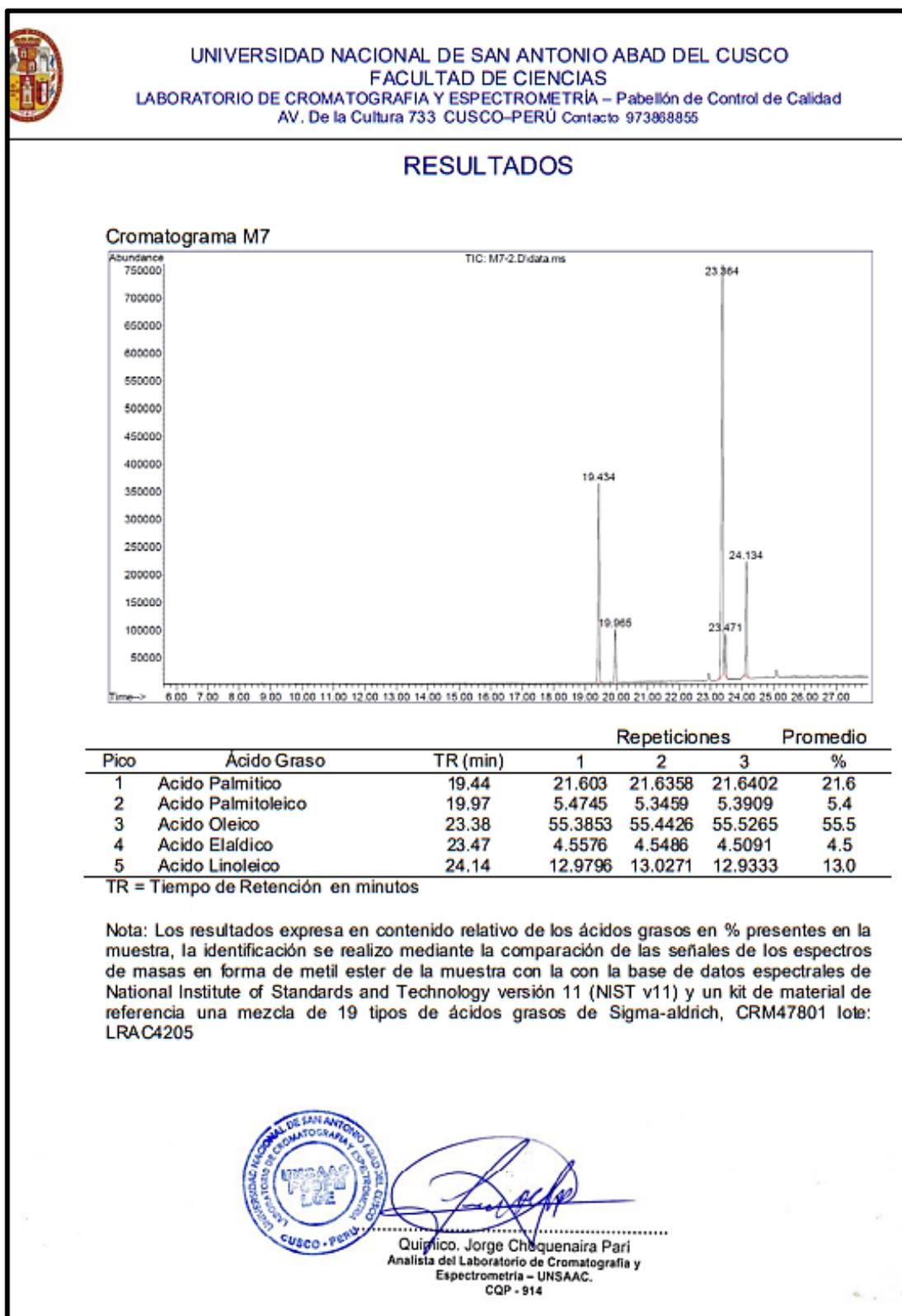


Figura 16 — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 7



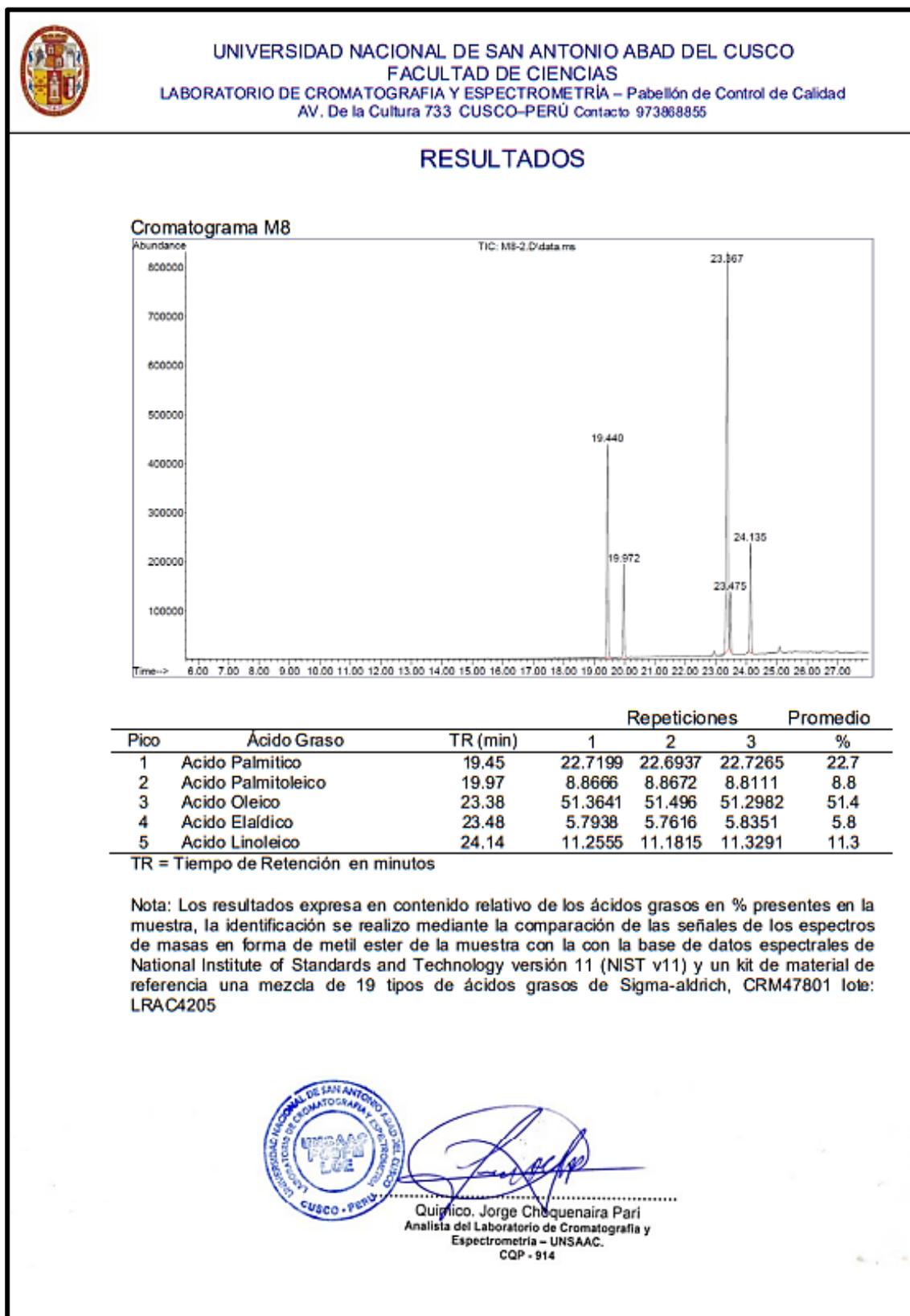


Figura 17 — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 8



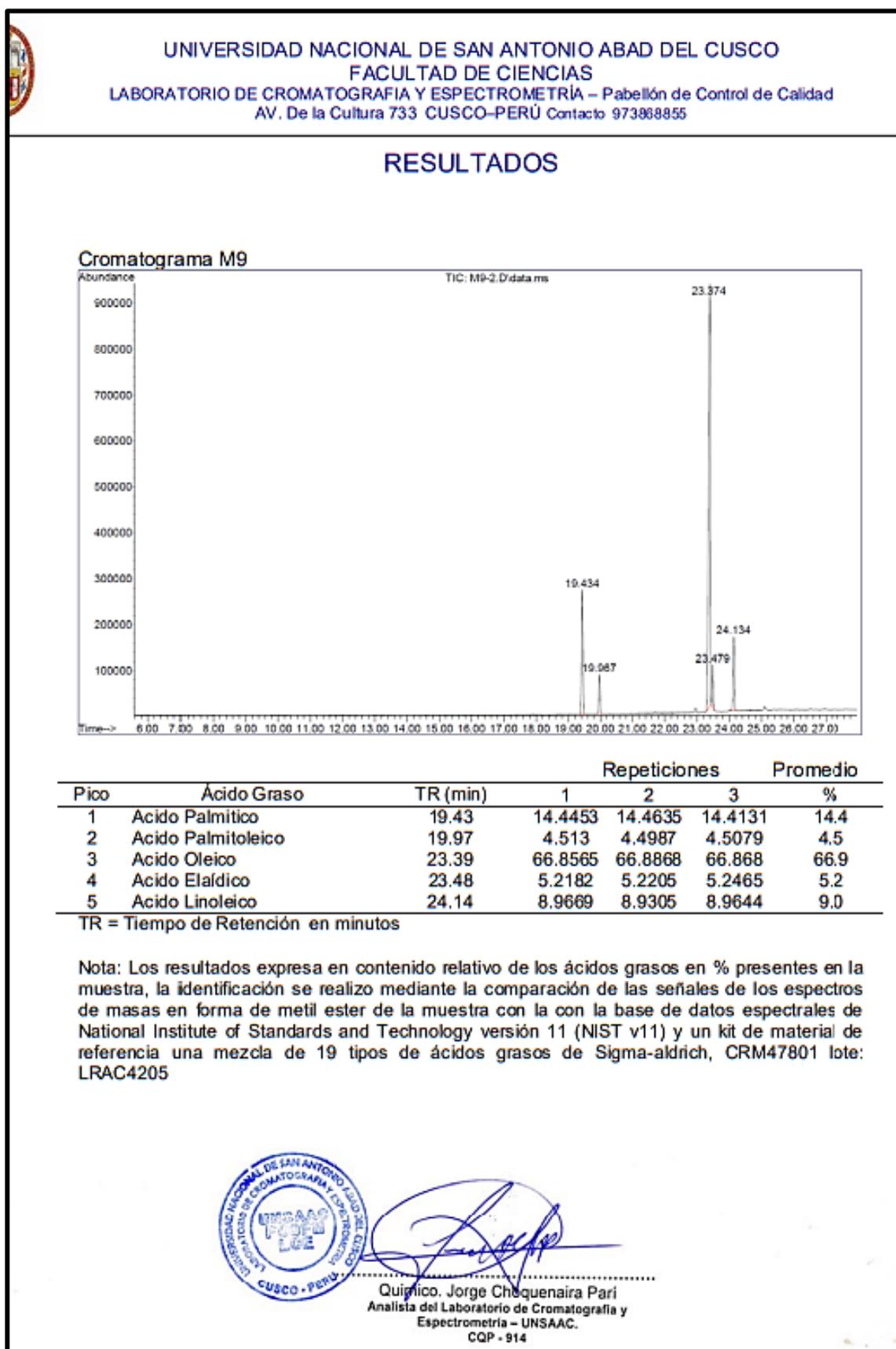


Figura 18 — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 9



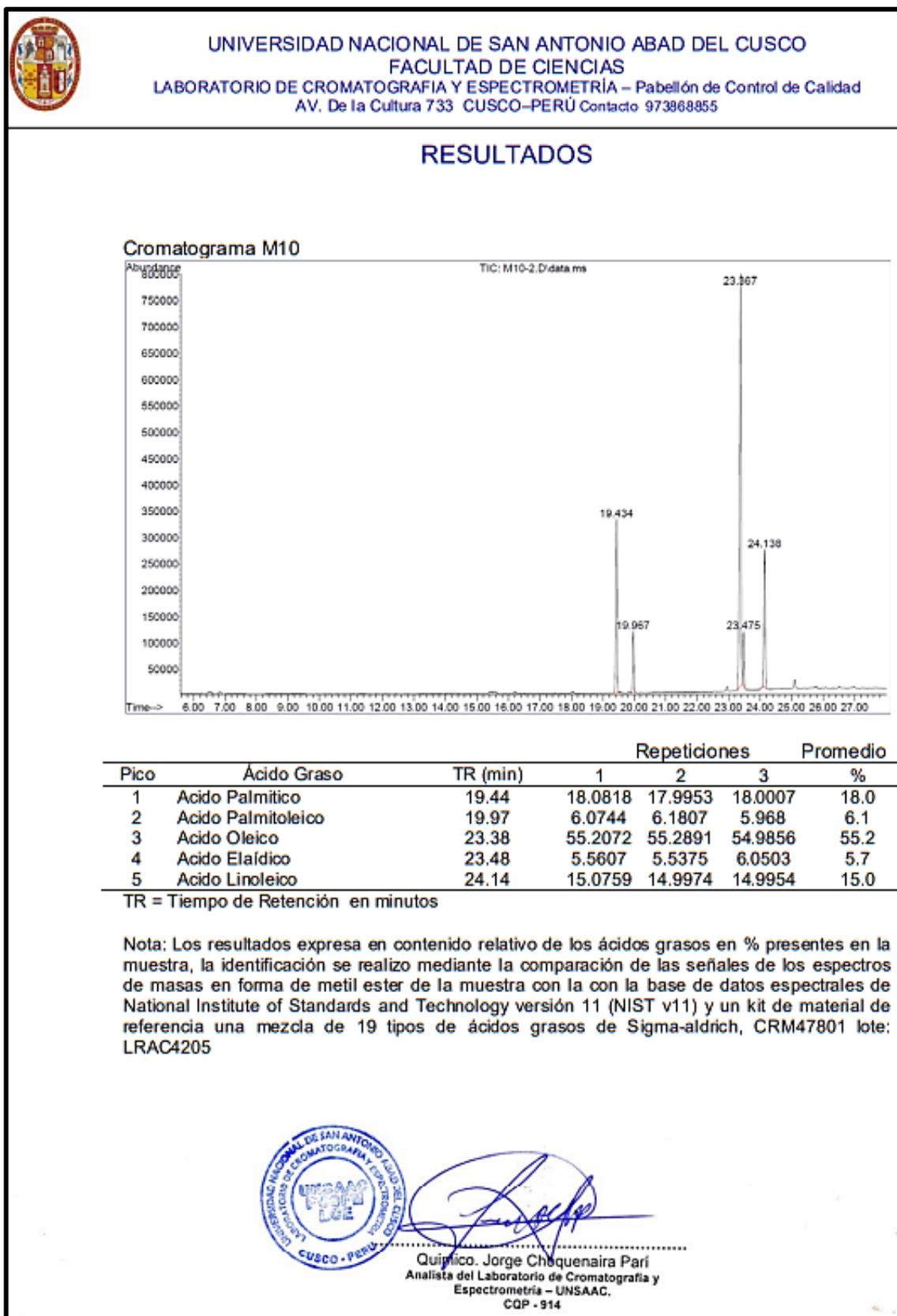


Figura 19 — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 10



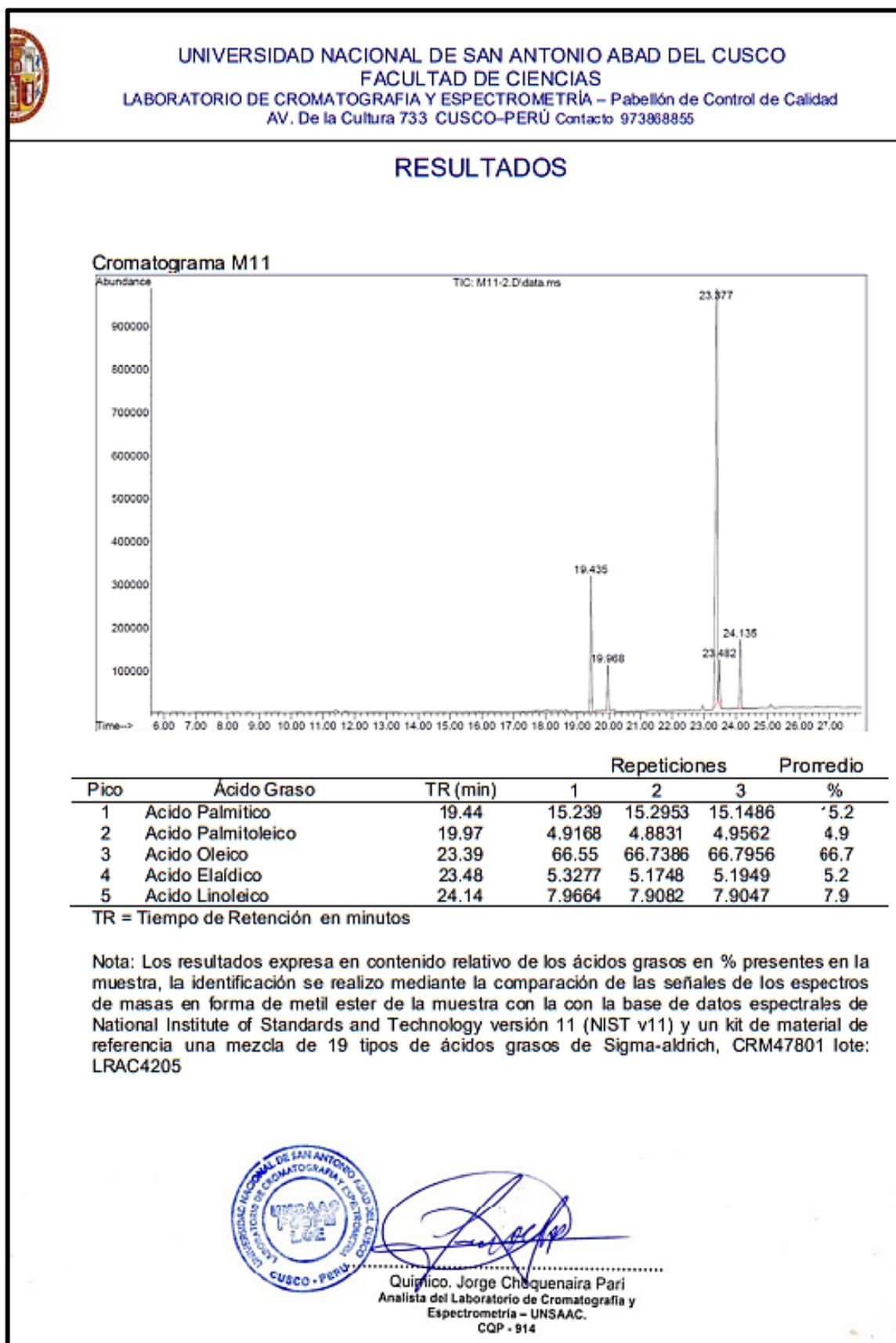


Figura 20 — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 11



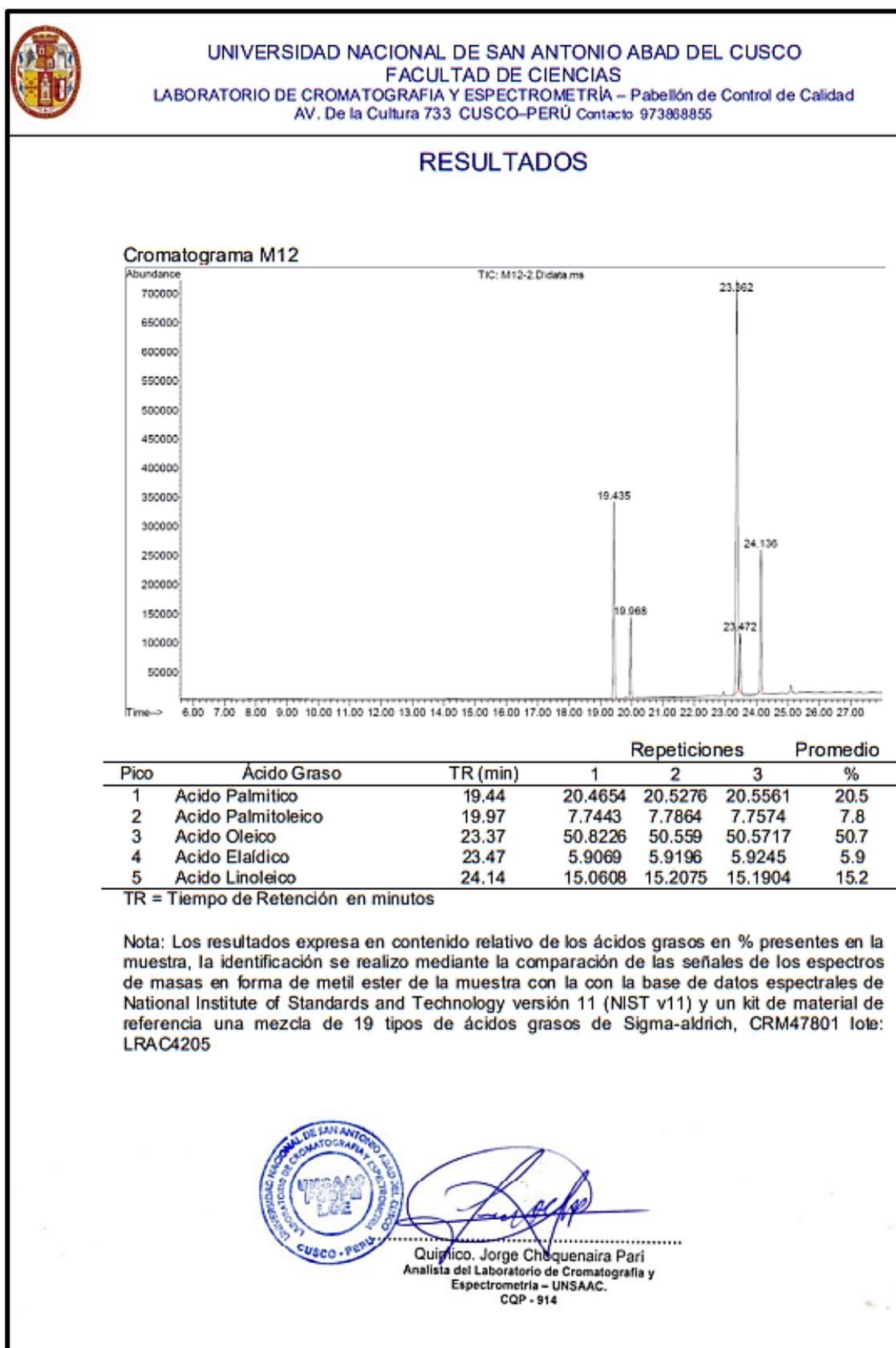


Figura 21 — Análisis de perfil de los ácidos grasos para el tratamiento 12



## ANEXO 8. Evidencias fotografías



Figura 22 — Colecta de muestras del fruto de palta (Fuerte y Hass)



Figura 23 — Colecta del fruto de la palta de la variedad “Hass”



**Figura 24 — Colecta del fruto de la palta de la variedad “Fuerte”**



**Figura 25 — Frutos de palta de la variedad “Fuerte” y “Hass” cosechados en tres localidades de la región Apurímac**



**Figura 26 — Muestras de palta “Fuerte” en estado de madurez “Verde” provenientes de la localidad de Pampatama**



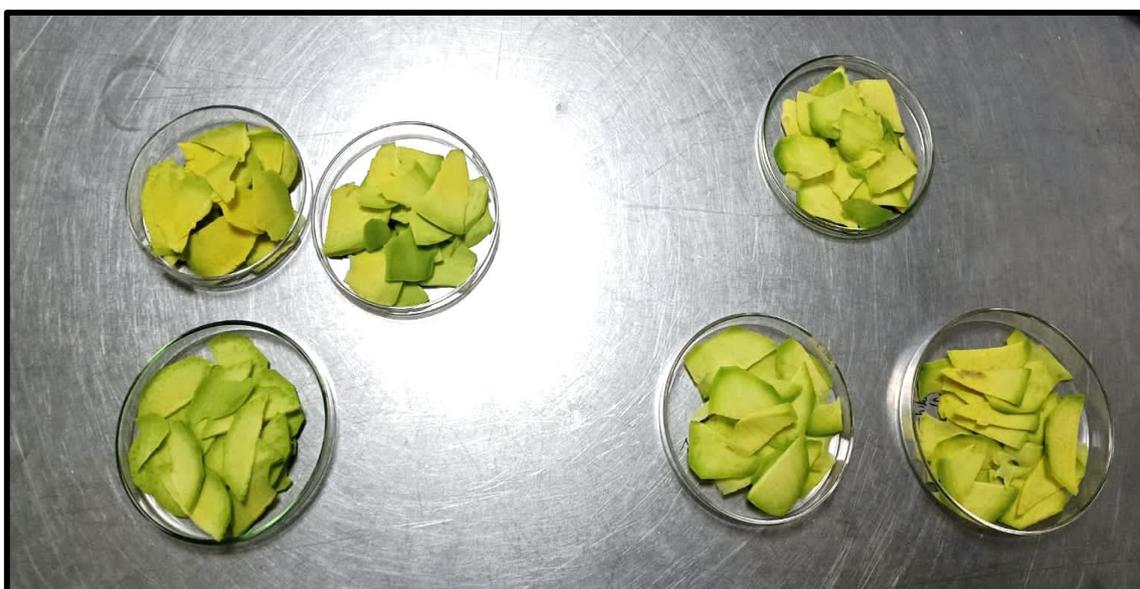
**Figura 27 — Muestras de palta “Hass” en estado de madurez “Verde” provenientes de la localidad de Pampatama**



**Figura 28 — Muestras de palta “Fuerte ” en estado de madurez “Maduro”  
provenientes de la localidad de Pampatama**



**Figura 29 — Muestras de palta “Hass” en estado de madurez “Maduro”  
provenientes de la localidad de Pampatama**



**Figura 30 — Laminado de muestras de palta “Fuerte” y “Hass” en estado de madurez “Verde” de la localidad de Pampatama**



**Figura 31 — Secado de muestras de palta “Fuerte” y “Hass” en estado de madurez “Verde” de la localidad de Pampatama**



**Figura 32 — Traslado de las muestras secas del fruto de la palta “Fuerte” y “Hass” de la estufa a la campana desecadora.**



**Figura 33 — Muestras secas de palta “Fuerte ” en estado “Maduro” de la localidad de Pampatama**



**Figura 34 — Acondicionamiento de papel filtro para la extracción de aceite**



**Figura 35 — Muestras colocadas en el extractor de aceite para su extracción**



**Figura 36 — Muestras de aceite extraído de Palta “Fuerte ” en estado de madurez “Verde” de la localidad de Pampatama**



**Figura 37 — Laboratorio de Cromatografía y espectrofotometría de Gases (Equipo Cromatógrafo de gases) – UNSAAC**