

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**



**“SUSTENTABILIDAD DEL CULTIVO DE PALTO (*Persea americana*  
Mill.) EN LA PROVINCIA MARISCAL NIETO, MOQUEGUA”**

**Presentada por:**

**EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR**

***DOCTORIS PHILOSOPHIAE* EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**

**Lima – Perú**

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**

**“SUSTENTABILIDAD DEL CULTIVO DE PALTO (*Persea americana*  
Mill.) EN LA PROVINCIA MARISCAL NIETO, MOQUEGUA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR**

*Doctoris Philosophiae (Ph.D.)*

**Presentada por:**

**EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Ph.D. Walter Apaza Tapia  
**PRESIDENTE**

Dr. Alberto Julca Otiniano  
**ASESOR**

Dr. Jorge Jiménez Dávalos  
**MIEMBRO**

Dr. Ricardo Borjas Ventura  
**MIEMBRO**

Ph.D. Carolina Cedano Saavedra  
**MIEMBRO EXTERNO**

A mi única hija Daniela Victoria, por constituir una fuente inagotable de mi perseverancia y de inspiración.

A mi esposa Hayde Ofelia, por su capacidad de tolerancia, comprensión, aliento constante, apoyo incondicional y fuente inagotable de cariño.

A la memoria de mi madre Doraliza Inés y de mi padre Juan, con cariño y gratitud, por todo su amor y confianza permanente, por inculcarme sus valores y sabios consejos en todo momento.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

A la Escuela de Posgrado de la UNALM, Doctorado en Agricultura Sustentable (PDAS).

Al Dr. Alberto Julca Otiniano, por el asesoramiento en la ejecución de la tesis y la elaboración de artículos científicos.

A los miembros del comité consejero Dr. Jorge Jiménez Dávalos y Dr. Ricardo Borjas Ventura por la revisión y consejos.

Al personal de la Escuela de Posgrado de la UNALM y del PDAS, por su apoyo en los trámites académicos y administrativos.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1. EL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA .....	5
2.2. EL CULTIVO DEL PALTO .....	5
2.2.1. El palto en Moquegua .....	8
2.2.2. Requerimientos agroecológicos del palto .....	11
2.3. ENFOQUE Y ANÁLISIS DE SISTEMAS AGROPECUARIOS .....	14
2.4. IMPORTANCIA DEL SUBSISTEMA SUELO.....	16
2.5. CARACTERIZACIÓN Y TIPOLOGÍA DE FINCAS.....	17
2.6. CARACTERIZACIÓN Y TIPOLOGÍA DE FINCAS EN EL PERÚ .....	18
2.7. SUSTENTABILIDAD .....	20
2.8. AGRICULTURA SUSTENTABLE.....	21
2.9. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD .....	22
2.10. LA SUSTENTABILIDAD EN EL PERÚ.....	24
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>26</b>
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN .....	26
3.2. CARACTERIZACIÓN DE FINCAS PRODUCTORAS DEL CULTIVO DE PALTO .....	28
3.3. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN “FINCAS TIPO” PRODUCTORAS DEL CULTIVO DE PALTO .....	30
3.3.1. Dimensión económica.....	31
3.3.2. Dimensión ambiental.....	32
3.3.3. Dimensión sociocultural.....	33
3.4. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DE PALTO EN “FINCAS TIPO”.....	38
3.5. EFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA Y DEL MULCH ORGÁNICO EN EL CULTIVO DE PALTO .....	40
3.5.1. Caracterización de la zona de estudio.....	40
3.5.2. Evaluación del efecto de la materia orgánica en el cultivo de palto.....	42
3.5.3. Evaluación del efecto de la aplicación de mulch orgánico en el cultivo de palto .....	46

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>51</b>
4.1. CARACTERIZACIÓN DE FINCAS PRODUCTORAS DEL CULTIVO DE PALTO .....	51
4.1.1. Características del productor .....	51
4.1.2. Características de la finca .....	55
4.1.3. Características de la producción .....	59
4.2. SUSTENTABILIDAD EN “FINCAS TIPO” PRODUCTORAS DEL CULTIVO DE PALTO .....	67
4.2.1. Sustentabilidad Ambiental .....	67
4.2.2. Sustentabilidad Económica .....	69
4.2.3. Sustentabilidad Sociocultural .....	71
4.2.4. Sustentabilidad General .....	73
4.3. COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DE PALTO EN “FINCAS TIPO” .....	76
4.3.1. Características de los suelos .....	76
4.3.2. Evaluación de enfermedades .....	79
4.3.3. Calibre de frutos .....	79
4.3.4. Rendimiento .....	81
4.4. EFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE PALTO .....	82
4.4.1. Características del suelo .....	82
4.4.2. Aspecto de planta .....	86
4.4.3. Calibre de frutos .....	87
4.4.4. Rendimiento .....	90
4.5. EFECTO DEL MULCH ORGÁNICO EN EL CULTIVO DE PALTO .....	92
4.5.1. Características del suelo .....	92
4.5.2. Malezas .....	97
4.5.3. Calibre de frutos .....	100
4.5.4. Rendimiento .....	103
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>106</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>107</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>108</b>
<b>VIII. ANEXOS .....</b>	<b>125</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b>	Producción, área, rendimiento y precio de palta en el Perú, 2019	9
<b>Cuadro 2.</b>	Cultivos y área cosechada en el año 2018 en la región Moquegua	10
<b>Cuadro 3.</b>	Extensión territorial de la provincia Mariscal Nieto y sus distritos	27
<b>Cuadro 4.</b>	Subindicadores y variables para evaluar la sustentabilidad económica en “fincas tipo” productoras de palto en la provincia Mariscal Nieto	35
<b>Cuadro 5.</b>	Subindicadores y variables para evaluar la sustentabilidad ambiental en “fincas tipo” productoras de palto en la provincia Mariscal Nieto	36
<b>Cuadro 6.</b>	Subindicadores y variables para evaluar la sustentabilidad sociocultural en “fincas tipo” productoras de palto en la provincia Mariscal Nieto	37
<b>Cuadro 7.</b>	Fórmulas para el cálculo de los diferentes índices de sustentabilidad en “fincas tipo” productoras de palto	38
<b>Cuadro 8.</b>	Características de las “fincas tipo” seleccionadas	39
<b>Cuadro 9.</b>	Disposición de calibres y peso (g) de una caja de 4 kg netos	39
<b>Cuadro 10.</b>	Análisis de variancia (ANVA) para el peso de frutos por planta en las “fincas tipo”	40
<b>Cuadro 11.</b>	Tratamientos utilizados en el ensayo de aplicación de estiércol descompuesto en el cultivo de palto, variedad Fuerte	42
<b>Cuadro 12.</b>	Características del campo experimental del cultivo de palto, variedad Fuerte en el ensayo de aplicación de MO	43
<b>Cuadro 13.</b>	Análisis de variancia (ANVA) para el ensayo de aplicación de MO	43
<b>Cuadro 14.</b>	Composición fisicoquímica del estiércol seco de vacuno	44
<b>Cuadro 15.</b>	Composición fisicoquímica del estiércol estabilizado de vacuno	44
<b>Cuadro 16.</b>	Tratamientos utilizados en el ensayo de aplicación de mulch en el cultivo de palto, variedad Fuerte	46
<b>Cuadro 17.</b>	Características del campo experimental del cultivo de palto, variedad Fuerte en el ensayo de aplicación de mulch	47
<b>Cuadro 18.</b>	Composición química de la materia seca de alfalfa, avena y pasto elefante	47

<b>Cuadro 19.</b>	Análisis de variancia (ANVA) para el ensayo de aplicación de mulch	50
<b>Cuadro 20.</b>	Agrupamiento de fincas productoras de palto en la provincia Mariscal Nieto con el Método de Ward y una distancia Euclidiana Cuadrada	64
<b>Cuadro 21.</b>	Sustentabilidad ambiental de las “fincas tipo” del cultivo de palto	68
<b>Cuadro 22.</b>	Sustentabilidad económica de las “fincas tipo” del cultivo de palto	70
<b>Cuadro 23.</b>	Sustentabilidad sociocultural de las “fincas tipo” del cultivo de palto	72
<b>Cuadro 24.</b>	Sustentabilidad general de las “fincas tipo” del cultivo de palto	74
<b>Cuadro 25.</b>	Presencia de enfermedades (%) en las “fincas tipo”	79
<b>Cuadro 26.</b>	Porcentaje de frutos de palta por calibre en las “fincas tipo”	80
<b>Cuadro 27.</b>	Porcentaje de frutos por calibre en los tratamientos de materia orgánica en el cultivo de palto	98
<b>Cuadro 28.</b>	Número de malezas por metro cuadrado, en tres evaluaciones (enero 2019 - agosto 2020), en los diferentes tratamientos de mulch orgánico en el cultivo de palto	100
<b>Cuadro 29.</b>	Porcentaje de frutos por calibre en los tratamientos de mulch en el cultivo de palto	101



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Mapa del Perú (A), región de Moquegua (B) con sus tres provincias y la provincia Mariscal Nieto (C), donde la zona de estudio está marcada con un círculo	26
<b>Figura 2.</b>	Planta y frutos de palto, variedad Fuerte	41
<b>Figura 3.</b>	Preparación del estiércol de vacuno	44
<b>Figura 4.</b>	Aplicación de estiércol en el cultivo de palto	45
<b>Figura 5.</b>	Avena (izquierda), alfalfa (centro) y pasto elefante (derecho), en estado seco	48
<b>Figura 6.</b>	Aplicación del mulch de avena (izquierda), alfalfa (centro) y pasto elefante (derecho) en el cultivo de palto	48
<b>Figura 7.</b>	Sexo (lado izquierdo) y edad de los productores del cultivo de palto (lado derecho).	51
<b>Figura 8.</b>	Nivel de instrucción (lado izquierdo) y personas que viven en el hogar de los productores del cultivo de palto (lado derecho).	52
<b>Figura 9.</b>	Lugar de residencia (lado izquierdo) y tipo organización al cual pertenecen los productores (lado derecho).	52
<b>Figura 10.</b>	Tamaño de la posesión (lado izquierdo) y actividad económica (lado derecho).	53
<b>Figura 11.</b>	Otras actividades económicas que se dedican (lado izquierdo) y capacitación recibida (lado derecho).	54
<b>Figura 12.</b>	Variedad de palto (lado izquierdo) y porta injerto utilizado (lado derecho).	55
<b>Figura 13.</b>	Edad de plantación (lado izquierdo) y densidad utilizada (lado derecho).	56
<b>Figura 14.</b>	Manejo del agua de riego (lado izquierdo) y otros cultivos (lado derecho).	56
<b>Figura 15.</b>	Origen de semilla o plantones utilizados (lado izquierdo) y materialde siembra (lado derecho).	57

<b>Figura 16.</b>	Tipo de agricultura (lado izquierdo) e insumos orgánicos utilizados (lado derecho).	57
<b>Figura 17.</b>	Propiedad de la tierra (lado izquierdo) y servicios básicos (lado derecho).	58
<b>Figura 18.</b>	Rendimiento del cultivo (lado izquierdo) y precios (lado derecho).	59
<b>Figura 19.</b>	Calidad de fruto para comercialización (lado izquierdo) y destino de la producción (lado derecho).	60
<b>Figura 20.</b>	Inversión anual en el cultivo (lado izquierdo) e ingreso mensual (lado derecho).	61
<b>Figura 21.</b>	Ingreso mensual por crianzas (lado izquierdo) y destino de la producción de crianzas (lado derecho).	62
<b>Figura 22.</b>	Agrupamiento de fincas productoras de palta en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua, con el Método de Ward y una distancia Euclidiana Cuadrada	63
<b>Figura 23.</b>	Sustentabilidad ambiental (lado izquierdo) y sus puntos críticos (lado derecho)	69
<b>Figura 24.</b>	Sustentabilidad económica (lado izquierdo) y sus puntos críticos (lado derecho)	71
<b>Figura 25.</b>	Sustentabilidad sociocultural (lado izquierdo) y sus puntos críticos (lado derecho)	73
<b>Figura 26.</b>	Cantidad de fincas productoras de palto (%) que tienen el índice de sustentabilidad general > a 2 (lado izquierdo) y representación de la sustentabilidad general usando los indicadores de las tres dimensiones (lado derecho)	74
<b>Figura 27.</b>	Materia orgánica (%) del suelo en las “fincas tipo”	76
<b>Figura 28.</b>	Densidad aparente (g/cc) del suelo en las “fincas tipo”	77
<b>Figura 29.</b>	pH del suelo en las “fincas tipo”	78
<b>Figura 30.</b>	Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g) del suelo en las “fincas tipo”	78
<b>Figura 31.</b>	Rendimiento por planta (kg/pl) del cultivo de palto en las “fincas tipo”	81
<b>Figura 32.</b>	Efecto de los tratamientos en el contenido de materia orgánica (%) del suelo en el cultivo de palto	83

<b>Figura 33.</b>	Efecto de la materia orgánica sobre la densidad aparente (g/cc) del suelo en el cultivo de palto	84
<b>Figura 34.</b>	Efecto de la materia orgánica sobre el pH del suelo en el cultivo de palto	85
<b>Figura 35.</b>	Efecto de la materia orgánica sobre el CIC (meq/l) del suelo en el cultivo de palto	86
<b>Figura 36.</b>	Aspecto de la planta de palto var. Fuerte con el tratamiento testigo (0 t/ha) (izquierda) y con 30 t/ha de estiércol de vacuno (derecha)	87
<b>Figura 37.</b>	Efecto de la materia orgánica sobre el peso frutos (g/fruto) en el cultivo de palto	89
<b>Figura 38.</b>	Efecto de la materia orgánica en el número de frutos/árbol en el cultivo de palto	90
<b>Figura 39.</b>	Efecto de la aplicación de materia orgánica en el rendimiento (kg/pl) en el cultivo de palto	91
<b>Figura 40.</b>	Efecto de la aplicación de materia orgánica en rendimiento (kg/ha) en el cultivo de palto	91
<b>Figura 41.</b>	Efecto del mulch en el contenido de materia orgánica (%) del suelo en el cultivo de palto	93
<b>Figura 42.</b>	Efecto del mulch sobre la densidad aparente (g/cc) del suelo en el cultivo de palto	95
<b>Figura 43.</b>	Efecto del mulch sobre el pH del suelo en el cultivo de palto	96
<b>Figura 44.</b>	Efecto del mulch sobre el CIC (meq/100g) del suelo en el cultivo de palto	97
<b>Figura 45.</b>	Efecto del mulch sobre el número de malezas por metro cuadrado en el cultivo de palto	99
<b>Figura 46.</b>	Efecto del mulch sobre el peso de frutos (g/fruto) en el cultivo de palto	101
<b>Figura 47.</b>	Efecto del mulch sobre el número de frutos/árbol en el cultivo de palto	102
<b>Figura 48.</b>	Efecto del mulch sobre el rendimiento (kg/pl) en el cultivo de palto	104
<b>Figura 49.</b>	Efecto del mulch sobre el rendimiento (kg/ha) en el cultivo de palto	104

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b>	Encuesta para el productor del cultivo de palto en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua	125
<b>Anexo 2.</b>	Talleres de adaptación de indicadores para el sistema de producción del cultivo de palto, en condiciones de la provincia Mariscal Nieto, Moquegua	127
<b>Anexo 3.</b>	Valores mensuales promedio de temperatura, humedad relativa y heliofanía en Moquegua, periodo de enero del 2019 a mayo del 2020	128
<b>Anexo 4.</b>	Análisis de caracterización del suelo del campo experimental del cultivo de palto, variedad Fuerte	129
<b>Anexo 5.</b>	Análisis del agua de riego	130
<b>Anexo 6.</b>	Análisis de materia orgánica (MO)	131
<b>Anexo 7.</b>	Aplicación de estiércol en el cultivo de palto	132
<b>Anexo 8.</b>	Composición química del tejido vegetal en estado seco de alfalfa, avena y pasto elefante	133
<b>Anexo 9.</b>	El mulch y su aplicación en el cultivo de palto	134
<b>Anexo 10.</b>	Análisis del suelo (caracterización) de las cinco “fincas tipo” según el análisis de conglomerado en el cultivo de palto	136
<b>Anexo 11.</b>	Rendimiento por planta (kg/pl) del cultivo de palto en las “fincas tipo”	138
<b>Anexo 12.</b>	Análisis de variancia y Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del rendimiento por planta (kg/pl) de las “fincas tipo”	139
<b>Anexo 13.</b>	Análisis del suelo (caracterización) de la aplicación de materia orgánica en el cultivo de palto	140
<b>Anexo 14.</b>	Características fisicoquímicas del suelo por efecto de la materia orgánica en el suelo	142
<b>Anexo 15.</b>	Análisis de variancia del porcentaje (%) y Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) de materia orgánica en el suelo entre los tratamientos en el cultivo de palto	143
<b>Anexo 16.</b>	Análisis de variancia y Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) de la densidad aparente del suelo (g/cc) en los tratamientos en el cultivo de palto	144

<b>Anexo 17.</b>	Análisis de variancia del pH del suelo entre los tratamientos de materia orgánica en el cultivo de palto	145
<b>Anexo 18.</b>	Análisis de variancia y Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) entre los tratamientos en el cultivo de palto	146
<b>Anexo 19.</b>	Aspecto de planta en los tratamientos de materia orgánica	147
<b>Anexo 20.</b>	Cosecha de fruto de palto, variedad Fuerte	148
<b>Anexo 21.</b>	Rendimiento del cultivo de palto en los tratamientos de materia orgánica	149
<b>Anexo 22.</b>	Análisis de variancia y Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del número de frutos por árbol entre los tratamientos de materia orgánica en el cultivo de palto	150
<b>Anexo 23.</b>	Análisis de variancia del rendimiento por planta (kg/pl) entre los tratamientos de materia orgánica en el cultivo de palto	151
<b>Anexo 24.</b>	Análisis de variancia del rendimiento por hectárea (kg/ha) entre los tratamientos de materia orgánica en el cultivo de palto	151
<b>Anexo 25.</b>	Análisis del suelo (caracterización) de la aplicación de mulch orgánico en el cultivo de palto	152
<b>Anexo 26.</b>	Características fisicoquímicas del suelo por el efecto del mulch en el suelo	154
<b>Anexo 27.</b>	Análisis de variancia y Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del porcentaje (%) de materia orgánica en el suelo entre los tratamientos de mulch en el cultivo de palto	155
<b>Anexo 28.</b>	Análisis de variancia y Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) de la densidad aparente del suelo (g/cc) en los tratamientos de mulch en el cultivo de palto	156
<b>Anexo 29.</b>	Análisis de variancia y Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del pH del suelo entre los tratamientos de mulch en el cultivo de palto	157
<b>Anexo 30.</b>	Análisis de variancia de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) entre los tratamientos de mulch en el cultivo de palto	158
<b>Anexo 31.</b>	Número de malezas por metro cuadrado, en tres evaluaciones (enero 2019-agosto 2020), en los diferentes tratamientos de mulch orgánico en el cultivo de palto	158

<b>Anexo 32.</b>	Análisis de variancia y Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del número de malezas por metro cuadrado, en los tratamientos de mulch orgánico en el cultivo de palto	159
<b>Anexo 33.</b>	Rendimiento del cultivo de palto en los tratamientos de mulch	160
<b>Anexo 34.</b>	Análisis de variancia y Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del número de frutos por árbol, entre los tratamientos de mulch en el cultivo de palto	161
<b>Anexo 35.</b>	Análisis de variancia y Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del rendimiento por planta (kg/pl) entre los tratamientos de mulch en el cultivo de palto	162
<b>Anexo 36.</b>	Análisis de variancia y Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del rendimiento por hectárea (kg/ha) entre los tratamientos de mulch en el cultivo de palto	163

## RESUMEN

El trabajo denominado sustentabilidad del cultivo de palto (*Persea americana* Mill.) en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua, tuvo como objetivos caracterizar y evaluar la sustentabilidad de las fincas productoras de palto y el comportamiento, y evaluar el efecto de la materia orgánica (MO) y de mulch orgánico en palto, variedad Fuerte. Para la caracterización se realizó una encuesta con preguntas relacionadas con aspectos técnicos y socioeconómicos. La sustentabilidad se determinó bajo la Metodología de Análisis Multicriterio. Para evaluar el efecto de la MO se utilizó el diseño DBCA con 3 tratamientos (0-10-30 t/ha de MO) y 3 repeticiones, con 9 plantas por tratamiento. Para el efecto del mulch, se utilizó el DBCA con 4 tratamientos (sin mulch, mulches de alfalfa, avena y pasto elefante) y 3 repeticiones, con 6 plantas por tratamiento. Se determinó que las fincas de palto son pequeñas, se reporta el cambio de la variedad Fuerte por Hass. El manejo técnico del cultivo es convencional; pero deficiente originando bajos rendimientos. Los huertos en su mayoría son de tipo vergel, también cultivan alfalfa, hortalizas y otros frutales; además de criar animales. Los productores, no han desarrollado mecanismos para llegar directamente al consumidor final. Las fincas se agrupan en 5 grupos. En la sustentabilidad general, los indicadores tuvieron valores mayores en la dimensión sociocultural (ISC=2.67), seguido de la dimensión ambiental (IA=2.58) y la dimensión económica (IK=1.89); donde el 73 % de las fincas de palto no son sustentables. El mayor rendimiento se reportó con Hass (8.1 t/ha). Asimismo, la MO aumentó el rendimiento y el calibre de fruto; donde la mayor cantidad de MO permitió obtener el más alto rendimiento (6.9 t/ha). El mulch orgánico aumento el rendimiento y el calibre de fruto, siendo con el mulch de alfalfa que se obtuvo el mayor rendimiento (7.3 t/ha).

**Palabras clave:** Palto, caracterización, sustentabilidad, materia orgánica, mulch.

## ABSTRACT

The work called sustainability of avocado cultivation (*Persea americana* Mill.) in Mariscal Nieto province, Moquegua, aimed to characterize and evaluate the sustainability of avocado-producing farms and their behavior, and to evaluate the effect of organic matter (OM) and organic mulch in avocado, variety Fuerte. For the characterization, a survey was conducted with questions related to technical and socioeconomic aspects. Sustainability was determined under the Multicriteria Analysis Methodology. To evaluate the effect of OM, the DBCA design was used with 3 treatments (0-10-30 t/ha of OM) and 3 repetitions, with 9 plants per treatment. For the mulch effect, DBCA was used with 4 treatments (without mulch, alfalfa, oat and elephant grass mulches) and 3 repetitions, with 6 plants per treatment. It was determined that the avocado farms are small, the change in variety Fuerte by Hass. The technical management of the crop is conventional; but deficient, causing low yields. The orchards are mostly of the orchard type, they also grow alfalfa, vegetables and other fruit trees; in addition to raising animals. The producers have not developed mechanisms to reach the final consumer directly. The farms are grouped into 5 groups. In general sustainability, the indicators had higher values in the sociocultural dimension (ISC=2.67), followed by the environmental dimension (IA=2.58) and the economic dimension (IK=1.89); where 73 % of avocado farms are not sustainable. The highest yield was reported with Hass (8.1 t/ha). Likewise, OM increased yield and fruit size; where the highest amount of OM allowed to obtain the highest yield (6.9 t/ha). The organic mulch increased the yield and the fruit size, being with the alfalfa mulch that the highest yield was obtained (7.3 t/ha).

**Keywords:** Avocado, characterization, sustainability, organic material, mulch.



## I. INTRODUCCIÓN

El palto (*Persea americana* Mill.) conocido también como aguacate, se originó en México, de donde se extendió hacia América Central, las Antillas y la parte norte de América del Sur. Según el Inca Garcilaso de la Vega, esta especie frutal fue introducida en el Perú al valle del río Urubamba en 1540 por su bisabuelo Túpac Yupanqui, luego de conquistar a la tribu Palta, en el norte de Tumbes, Perú (Franciosi 1992). Es por eso que en el Perú la fruta es conocida como palta, mientras que en la mayoría de los países latinoamericanos se le llama aguacate.

En el Perú se tiene un total de 47 907 hectáreas (ha) (MIDAGRI 2021), con un consumo per cápita de 2.5-3 kg/año (MINAGRI 2020), siendo las principales variedades Fuerte y Hass, de los cuales La Libertad, Lima, Lambayeque, Ica y Junín tienen el 74 % de la producción total y con un rendimiento promedio de 12.5 t/ha (FAO 2021). Moquegua cuenta con 1 100 ha y un rendimiento promedio de 6 869 kg/ha (MIDAGRI 2021). Su cultivo está en expansión, debido a que su fruto ha demostrado poseer valiosísimas propiedades alimenticias, destacándose su alta concentración de vitaminas y minerales (Calabrese 1992; Baíza 2003); destacando este vegetal, con relación a otros, por su fácil preparación y consumo en su estado natural, sin necesidad de cocción, permaneciendo intacta la concentración de vitaminas, minerales y nutrientes que posee (Buendía 2015).

En el Perú, se ha encontrado excelentes condiciones ecológicas para su desarrollo, tanto en la costa, como en algunos valles interandinos, lo que permite obtener cosechas de la misma variedad en diferentes épocas del año, teniendo posibilidades de colocar la fruta en el mercado nacional y extranjero, durante varios meses del año.

El departamento de Moquegua cuenta actualmente con una superficie agrícola cultivada de 17 725.3 ha, la mayor parte bajo riego y repartidas en 13 609 unidades agrícolas (CENAGRO 2012), pertenecientes a 14 205 productores agropecuarios, de los cuales el 66.85 % son pequeños agricultores con unidades menores a 5.0 ha. El principal cultivo frutícola permanente es el palto, destacando las variedades Fuerte y Hass. El cultivo de palto luego

de varios años de decrecimiento, ha tenido una importante recuperación en los últimos años. A nivel nacional, Moquegua se sitúa en octavo lugar en términos de área cultivada, después de La Libertad, Lima, Lambayeque, Ica, Junín, Ancash y Ayacucho (MIDAGRI 2021).

En el departamento Moquegua, el palto se cultiva en las provincias de Mariscal Nieto y General Sánchez Cerro (GRA 2019), tiene gran importancia social y económica; pero tiene diversos problemas que conllevan a tener bajos rendimientos y por lo tanto menores ingresos para los productores. Sin embargo, en los últimos 10 años la superficie productiva de palto se ha incrementado progresivamente de 226 a 1 100 ha, debido al aporte de inversión de proyectos públicos del canon y sobre canon minero, tanto del gobierno regional como de los gobiernos locales. Pero, en rendimiento Moquegua está en los últimos lugares a nivel nacional (MIDAGRI 2021), debido a problemas de un mal manejo del suelo y del recurso hídrico, coadyuvado por el mal drenaje natural de los suelos, que ha derivado en la enfermedad conocida como “podredumbre radicular”, producida por el hongo *Phytophthora cinnamomi* (Huamán *et al.* 2015). También se ha detectado la presencia creciente de muerte regresiva, causada por *Lasioidiplodia theobromae*, cuyos efectos en la productividad son aún más dañinos que la “podredumbre radicular” (Yumpiri 2016).

Además, el bajo nivel tecnológico de los agricultores productores de palto, no permite realizar adecuadamente las labores de manejo de suelos, riegos, control de malezas, abonamiento, podas, tampoco implementan medidas sanitarias para el manejo integrado de plagas y enfermedades. La débil organización de los productores también contribuye a agudizar los problemas. Esta situación sugiere la necesidad de caracterizar y evaluar la sustentabilidad de las fincas productoras de palto, y generar tecnologías para su mejora en el rendimiento dentro del marco de una agricultura sustentable.

La presente investigación tuvo como objetivo general:

- Evaluar la sustentabilidad de las fincas productoras de palto (*Persea americana* Mill.) en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua.

Asimismo, los objetivos específicos fueron:

- Caracterizar a las fincas productoras de palto en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua.

- Evaluar la sustentabilidad en “fincas tipo” productoras de palto en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua.
- Evaluar el comportamiento del cultivo de palto en “fincas tipo” en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua.
- Evaluar el efecto de la materia orgánica en el cultivo de palto variedad Fuerte en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua.
- Evaluar el efecto del mulch orgánico en el cultivo de palto variedad Fuerte en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. EL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA**

El departamento de Moquegua está ubicado en el sur del Perú, entre las coordenadas 15°57' al 17°53' Latitud Sur y 70°00 a 71°23' de Longitud Oeste. Tiene una extensión de 16,174.65 km<sup>2</sup> que representa el 1.26 % del territorio nacional. Tiene dos zonas claramente diferenciadas, la región costa que comprende la provincia de Ilo y parte de la provincia Mariscal Nieto; y la región sierra que abarca la provincia General Sánchez Cerro en su totalidad, y parte de la provincia Mariscal Nieto.

La distribución porcentual es en Costa (34.3 %) y Sierra (65.7 %). Se ubica en el flanco occidental de la Cordillera de los Andes, conforma en su integridad la denominada "Vertiente del Pacífico"; su altitud varía desde 000 hasta los 6 000 msnm, siendo las actividades predominantes la agricultura, ganadería y minería (Gobierno Regional de Moquegua 2004).

Moquegua tiene 1 573 397 ha, siendo 53 553.73 ha la superficie cultivable, 17 725.00 ha la superficie cultivada, 414 901.96 ha la superficie con pastos naturales y 1 104 941.31 ha la superficie no cultivable. Está dividida políticamente en tres provincias: Mariscal Nieto, Ilo y General Sánchez Cerro, y 20 distritos (Dirección Regional Agraria Moquegua 2002). Según los Censos Nacionales del 2017 (XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas) la población de Moquegua es de 174 863 habitantes, de los cuales la población urbana constituye el 81.88 % con 143 178 habitantes y la población rural el 18.12 % con 31 685 habitantes; estas cifras muestran una clara concentración urbana, producida por la migración del campo a la ciudad.

Cada una de las provincias desarrolla una actividad agropecuaria diferente. La provincia Mariscal Nieto es apropiada para el desarrollo agrícola; prospera bien frutales y cultivos transitorios como: maíz amiláceo, papa, trigo, vainita, frijol y cultivos permanentes como:

palto, vid, chirimoyo, manzano, tuna y vergel frutícola. La ganadería es una de las principales actividades en el valle de Moquegua, por la existencia del cultivo de alfalfa, la producción se orienta a vacunos leche y en la parte alta es importante la crianza de vacunos, ovinos, porcinos y camélidos a nivel familiar. En Moquegua es importante la producción de pollos en granjas especializadas (GRA 2019).

Por otro lado, en la provincia General Sánchez Cerro, existen valles interandinos donde los cultivos transitorios preponderantes son: maíz amiláceo, papa, haba, cebada y cultivos permanentes como: palto, vid, y otros frutales. En algunas zonas la agricultura es incipiente debido a la baja tecnología, al clima adverso y sobre todo a la falta de vías de comunicación. Es importante el desarrollo de la ganadería lechera en el distrito de Puquina, alcanzando un promedio de producción de leche hasta 12 litros por vaca/día, entregando a Gloria SA 10 000 kg de leche fresca diarios. En la parte alta es importante la producción de ovinos, porcinos y camélidos a nivel familiar. Los valles de Omate y Quinistaquillas son zonas eminentemente frutícolas (GRA 2019). Por su parte, la provincia de Ilo produce principalmente olivo en aproximadamente 164 ha, logrando una producción promedio anual de 1 050 TM, destinándose la producción al consumo local, nacional y extranjero (Brasil); en el aspecto pecuario, es importante la crianza de porcinos en pequeñas granjas, orientado al consumo local (GRA 2019).

A pesar de las limitaciones expuestas, la actividad agrícola y pecuaria es fundamental dentro de la economía del departamento, la misma que se sustenta principalmente en los cultivos de frutales (palto, vid, olivo, chirimoyo), cultivos de pan llevar (papa, maíz, trigo, hortalizas), y la explotación de especies de vacunos, aves, porcinos y camélidos sudamericanos.

La superficie agrícola en el departamento de Moquegua, representa el 3.4 % del total de tierras, el 96.6 % corresponde a las tierras no aptas para el cultivo como son los pastos naturales, y tierras de protección (CENAGRO 2012).

## **2.2. EL CULTIVO DEL PALTO**

El palto (*Persea americana* Mill.) pertenece a la familia lauraceae, es una especie siempre verde, de clima subtropical y tropical, de porte relativamente alto (Mostacero y Mejía 1993). Es una especie polimorfa y por ello muchos caracteres son muy variables. Las raíces carecen de pelos radicales y tiene un crecimiento superficial según un plano horizontal. La mayor

parte del aparato radical está comprendido en los primeros 50 cm. El palto no tiene por ello necesidad de suelos profundos. Los árboles pueden alcanzar hasta 20 m de altura; de acuerdo a la variedad, el árbol de palto puede presentarse como una planta de poca altura con follaje compacto o frondoso hasta plantas altas, esbeltas o de follaje suelto poco frondoso o compacto. El color, tamaño, textura y forma de las hojas es característica varietal y fluctúa bastante. Las hojas tiernas pueden ser verdes o violáceo, rojizo o bronceado; jóvenes son pubescentes; las hojas adultas son lisas y de color verde oscuro (raza guatemalteca) verde claro (raza Antillana). El tamaño puede variar de 8 a 10 cm hasta 40 cm. La textura de la hoja tierna es sedosa, adulta es correosa, ovalada, lanceolada o elíptica. El ápice o extremo de la hoja es agudo, pero puede ser rombo en unas pocas variedades en las que además la base es cuneiforme. Las flores son un panículo compuesto de racimos. Los botones florales por lo general son terminales, en algunos casos se presentan brotes sub-terminales o axilares. Son muy ramificadas; una panícula tiene un promedio de 200 flores. Las flores tienen más o menos 12 mm de diámetro, totalmente abiertas. El fruto es una baya de gruesa y carnosa pulpa; tiene una sola semilla más o menos grande (depende de las variedades) (Calabrese 1992; Franciosi 1992; Buendía 2015).

Se han reconocido tres razas de palto, la raza mexicana que se adapta a climas fríos, la raza guatemalteca a climas del subtropical, y la raza antillana a temperaturas de 18 a 26°C. Las variedades de palto que mayormente se producen, se han generado por hibridaciones de distintos materiales trasladados desde su centro de origen. Entre ellas tenemos a “Hass”, que es una variedad que proviene de la propagación de una semilla por un agricultor de California (EEUU) apellidado Hass, en la década de los años 20, es un fruto con predominancia de las características de la raza guatemalteca, pero conteniendo también algunas de la raza mejicana (Calabrese 1992), es actualmente la más comercializada en el mundo, su floración corresponde al tipo “A”, el cual tiene su primera apertura como hembra en la mañana y su segunda apertura como macho por la tarde del siguiente día; al contrario del tipo “B”, que tiene su primera apertura como hembra por la tarde y su segunda apertura como macho por la mañana. La planta es medianamente vigorosa, produciendo cosechas comparativamente altas en años alternos. Tiene una menor tolerancia relativa a la concentración de sales. De cáscara algo coriácea, rugosa, color púrpura oscuro al madurar, semilla pequeña y adherida a la cavidad, su fruta se puede mantener en el árbol por algunos meses después de su madurez fisiológica. El grado de conservación y de resistencia al transporte es excelente, el fruto es periforme a ovoide; tanto el fruto como la semilla son relativamente pequeñas, el peso varía

entre 200 a 300 g. La palta “Fuerte” es un híbrido entre las razas mejicana y guatemalteca, obtenido en México; en 1911 fue llevada a California en que puede considerarse que comienza la etapa moderna en el cultivo de palto; fue por muchas décadas una variedad estándar; actualmente se encuentra distribuida en todo el mundo; sin embargo, desde los años 60 está siendo reemplazada paulatinamente por Hass. Su comportamiento en la floración, corresponde es tipo “B”. El árbol muestra buen vigor, a menudo algo compacto y porte medio. Tiene una producción alternada, habiendo años en que las cosechas son muy bajas. Cuando las condiciones para la polinización no son buenas, una gran parte de la cosecha puede consistir en frutos sin semillas, de forma alargada, de 2 a 6 cm de largo (llamados dedos) además cuando la temperatura durante la floración es extrema (muy baja o alta) la polinización y cuajado pueden ser muy pobres. Tiene un regular comportamiento al transporte y almacenamiento para cubrir distancias relativamente grandes. En condiciones de la costa peruana no es una variedad recomendable (al nivel del mar); en la sierra o en la selva alta (de 700 a 1800 msnm) se comporta muy bien, con buenas cosechas, El fruto es piriforme, de tamaño mediano, con 300 g a 400 g de peso en promedio. La cáscara es ligeramente áspera al tacto, medianamente gruesa de color verde y consistencia carnosa (Buendía 2015; MINAGRI 2015; MINAGRI 2020).

El palto es un cultivo cuya introducción en Moquegua data de la década del 50 y que se ha adaptado satisfactoriamente a las condiciones climáticas de la región, pudiéndose obtener óptimos rendimientos de su producción. La mayor parte de la plantación en el departamento son de las variedades “Fuerte” y “Hass”, las mismas que tienen demanda para la exportación. Es una fruta de mucha importancia en la alimentación humana, por su alto contenido de vitaminas y minerales; además sus efectos benéficos en la salud humana contribuyen a la disminución del colesterol y los triglicéridos totales del cuerpo, entre otros (Baíza 2003).

Es de gran importancia socioeconómica, debido a su demanda creciente, que proporciona empleos permanentes y temporales a los participantes en la cadena agro comercial, beneficiando a productores, comercializadores, industrializadores y consumidores (MINAGRI 2019).

La superficie mundial cosechada de palto creció de 78 690 ha en el año 1961 a 726 660 ha en el año 2019 (FAO 2021). En el año 2019, la producción mundial alcanzó los 7 179 667 t, siendo México el principal productor con 2 300 889 t (32 %) y el Perú se ubica en el puesto

tres con 535,911 t (7.5%) (FAO 2021). Las exportaciones en el 2019 representaron alrededor del 36 % de la producción mundial, siendo México el número uno con el 42.9 %, seguido por los Países Bajos con el 15.9 %; y Perú, con el 11.6 %. Pero hay que considerar que los Países Bajos es un país re-exportador (MINAGRI 2020).

### **2.2.1. El palto en Moquegua**

En el Perú se tiene un total de 47 907 ha (MIDAGRI 2021), siendo las principales variedades Fuerte y Hass, de los cuales La Libertad, Lima, Lambayeque, Ica y Junín, tienen el 74 % de la producción total y con un rendimiento promedio de 12.5 t/ha (FAO 2021). Moquegua se sitúa en octavo lugar en términos de área cultivada de palto, después de La Libertad, Lima, Lambayeque, Ica, Junín, Ancash y Ayacucho (**Cuadro 1**).

El departamento de Moquegua tiene actualmente una superficie agrícola cultivada de 17,725.3 ha bajo riego (94.9 por ciento a gravedad) y son conducidas a través de 13,609 unidades agrícolas pertenecientes a 14,205 productores agropecuarios, de los cuales el 91.2 por ciento son pequeños agricultores con unidades agrícolas entre 0.1 y 5.0 ha (CENAGRO 2012).

La actividad agrícola se desarrolla en pequeñas parcelas, es así que la tenencia de tierra en el departamento de Moquegua está distribuida en mayor proporción entre pequeños propietarios con superficies menores a 5 ha (66.85 %), medianos propietarios los cuales poseen superficies menores a 50 ha (32.69 %) y los grandes propietarios con fundos de más de 50 ha (0.46 %) (CENAGRO 2012).

Los cultivos frutícolas permanentes como el palto, tuna, olivo y vid ocupan apenas el 10 por ciento de la superficie cultivada del departamento, tanto que los pastos cultivados como alfalfa ocupan el 53 %, mientras que los cultivos transitorios restantes tienen el 37 por ciento de área (GRA 2019). La actual distribución agrícola indica que no se aprovechan las condiciones naturales y favorables agro climáticas de la región para un mayor desarrollo de los cultivos frutícolas. Las diversas causas que motivan este desaprovechamiento que incide en un inadecuado manejo de las áreas frutícolas e impide el incremento de nuevas áreas en la región; tenemos el bajo nivel tecnológico de los agricultores, la debilidad de las organizaciones formadas de productores, así como el deficiente o inadecuado control y prevención de las plagas y enfermedades.



**Cuadro 1:** Producción, área, rendimiento y precio de palta en el Perú, 2019

<b>Departamento</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Rdto (kg/ha)</b>	<b>Precio (S/ /kg)</b>
Amazonas	1,668	144	11,581	1.48
Ancash	20,180	2,881	7,006	3.30
Apurímac	4,416	663	6,659	2.83
Arequipa	22,731	1,045	21,752	3.83
Ayacucho	16,640	2,351	7,078	3.58
Cajamarca	3,676	610	6,032	2.16
Callao	0	0	0	0.00
Cusco	6,475	803	8,063	2.48
Huancavelica	2,425	315	7,709	2.77
Huánuco	3,547	406	8,747	1.53
Ica	71,591	4,968	14,410	3.84
Junín	44,808	4,078	10,988	0.85
La Libertad	202,727	14,677	13,812	3.39
Lambayeque	29,890	5,155	5,798	4.21
Lima	80,192	6,593	12,162	3.39
Lima Metropolitana	1,499	122	12,276	2.42
Loreto	3,555	334	10,644	0.47
Madre de Dios	608	66	9,284	2.83
Moquegua	7,556	1,100	6,869	5.07
Pasco	2,942	270	10,895	1.10
Piura	5,806	695	8,354	2.37
Puno	2,485	244	10,184	2.45
San Martín	416	48	8,671	0.90
Tacna	212	29	7,310	4.93
Tumbes	0	0	0	0.00
Ucayali	2,056	310	6,637	0.73

Fuente: MIDAGRI (2021).

En el departamento de Moquegua el palto es el principal cultivo frutícola (**Cuadro 2**) con una superficie cultivada de 1 100 ha y con un rendimiento promedio de 6 869 kg/ha (MIDAGRI 2021), destacando las variedades Fuerte y Hass, la mismas que luego de varios años de decrecimiento en su magnitud, ha tenido una importante recuperación en los últimos años; donde el 54 % de la producción se ubica en la provincia de General Sánchez Cerro y el 46 % en la provincia de Mariscal Nieto.

**Cuadro 2:** Cultivos y área cosechada en el año 2018 en la región Moquegua

Lugar	Alfalfa (ha)	Maíz amiláceo (há)	Papa (ha)	Palto (ha)	Olivo (ha)	Fríjol (ha)	Vid (ha)
<b>Región Moquegua</b>	8901	718	635	1100	231	227	417
<b>Provincia Mariscal Nieto</b>	4671	202	221	506		227	314
Distrito Moquegua	1218	7	44	226		133	307
Distrito Samegua	154	5	16	142		94	7
Distrito Torata	704	25	40	123			
Distrito Carumas	955	57	48	1			
Distrito Cuchumbaya	753	53	33	7			
Distrito San Cristóbal	887	55	40	7			
<b>Provincia Sánchez Cerro</b>	4227	516	414	593			88
Distrito Omate	263	28	44	408			53
Distrito Coalaque	723	38	53	88			
Distrito Quinistaquillas	128	11	21	55			35
Distrito Puquina	1736	61	73	2			
Distrito La Capilla	330	25	22	7			
Distrito Ubinas	474	129	79				
Distrito Matalaque	185	40	19	33			
Distrito Chojata	312	68	19				
Distrito Lloque	43	41	11				
Distrito Yunga	15	27	25				
Distrito Ichuña	18	48	48				
<b>Provincia Ilo</b>	<b>3</b>			1	231		15
Distrito Ilo					16		15
Distrito Pacocha	1				30		
Distrito El Algarrobal	2			1	185		

Fuente: GRA (2019).

El palto en Moquegua empieza a incrementar su área desde la década del 60, en donde a través del Ministerio de Agricultura se introdujo variedades de palta como la Fuerte, que por la mayor duración del fruto cosechado y su aceptación en el mercado, originó su incremento y la desaparición de la palta Criolla; sin embargo el palto al igual que otros frutales está expuesto al ataque de diversas plagas y enfermedades que afectan sensiblemente su producción y desalientan a los productores a efectuar mayores ampliaciones de las áreas con cultivos permanentes.

Los bajos rendimientos que se obtienen en las plantaciones de palto en la región Moquegua, tienen como causa principal el deficiente manejo cultural y sanitario del cultivo, debido a que los huertos están plantados en condiciones ambientales desfavorables de suelos. Estos suelos presentan problemas de compactación lo que trae una densidad aparente alta y por

consiguiente una baja capacidad de aire, y en la mayoría de huertos, se riegan en forma excesiva para estas condiciones, lo cual agudiza el problema y en esas condiciones, se produce un incremento de la población y de la acción parasitaria de los hongos del suelo, lo que ha derivado en la enfermedad conocida como podredumbre radicular, producida por el hongo *Phytophthora cinnamomi* (Huamán *et al.* 2015), que afecta los paltos reduciendo su producción y muchos casos la muerte de la planta. Además, el bajo nivel tecnológico de los productores de palto, no permite realizar adecuadamente las labores de manejo de suelos, riegos, control de malezas, abonamiento, podas, así como el desconocimiento de las medidas sanitarias para el manejo integrado de plagas y enfermedades, esto se agrava por la débil organización de productores de palto lo cual contribuye a agudizar los problemas. Dentro de las características favorables, se cuenta con el clima y los suelos fértiles aptos para la actividad frutícola, orientadas hacia la agroexportación, razón por la cual predominan diversos cultivos permanentes como palto, vid, damasco, chirimoya, etc.

### **2.2.2. Requerimientos agroecológicos del palto**

Uno de los principales factores que afecta la producción y calidad de la fruta, sobre todo en condiciones de suelo desfavorables para el desarrollo del palto, es una inadecuada relación entre el agua y el aire en la zona radicular (Ferreira y Selles 2007). Es muy exigente a condiciones generales del medio físico, sobre todo en lo que respecta a la textura; nivel de calcio y a los cloruros, particularmente de sodio y magnesio. También indica que la profundidad del suelo es menos importante porque el sistema radicular es superficial y por tal razón, los perfiles edafológicos de 50-60 cm de profundidad son consideradas suficientes, pero a condición de que no exista una capa impermeable, o poco permeable, porque una acumulación ocasional de agua podría causar un gran daño a las raíces. Por esta razón deben, en principio, descartarse los terrenos poco porosos, considerados “pesados” o “tendencialmente pesados” con partículas finas y posibilidades de encharcamiento, en los que, en ciertos momentos del año, el nivel de oxígeno descienda apreciablemente (Calabrese 1992). Asimismo, el palto es un cultivo muy sensible a la asfixia radicular, en esas condiciones se produce un incremento de la población y de la acción parasitaria de los hongos del suelo (Ferreira y Sellés 2007). Un exceso de agua y encharcamiento resulta grave para la propagación del hongo *Phytophthora cinnamomi* (Ferreira *et al.* 2006). En cuanto a los terrenos adecuados para el palto son los de textura porosa e intermedia o en cualquiera que sea la naturaleza del suelo es necesario que el agua penetre, circule y filtre lo antes posible. El terreno ideal es aquel que está en ligera pendiente, perfectamente dotado de una

red de drenaje del agua y además se debe tener en cuenta la reacción del suelo; se conoce que la banda óptima de oscilación del pH para el cultivo del palto está entre 5.0 y 7.3 (Ferreyra *et al.* 2012). Por tanto, los terrenos adecuados para el aguacate son los de textura porosa e intermedia, en los que las partículas finas (arcilla y limo) no superen cuantitativamente la arena, sino que estén en proporciones aproximadamente iguales. Si la circulación del agua está bien regulada, terrenos con un 50-55 % de partículas finas y un 45-50 % de arena, pueden resultar aceptables para ser utilizados (Ascencios 2012).

Franciosi (1992), indica que el cultivo de palto puede verse limitado, principalmente, por la humedad; es bien conocida la sensibilidad del palto a la humedad excesiva del suelo. Los excesos de agua pueden provocar la asfixia de las raíces, o favorecer el desarrollo de hongos patógenos, particularmente *Phytophthora cinnamomi*, que ocasiona la muerte de las plantas. Por ello, es recomendable que los suelos dedicados al palto sean de texturas medias, mientras que no es aconsejable plantar en aquellos terrenos con subsuelo rocoso o arcilloso, a menos que se les proporcione un drenaje adecuado (Ferreyra 2007). Los suelos arenosos no son recomendables porque el desarrollo y crecimiento de las plantas son muy lentos y ellas nunca llegan a alcanzar un tamaño normal (Espinosa 2007). En cuanto a la salinidad, puede decirse que los cloruros, particularmente de sodio y magnesio causan severas quemaduras en las puntas y bordes de las hojas. Un contenido superior a los 0.2 a 0.4 g de cloruro sódico por litro de agua de riego causa daños considerables en las plantas, sobre todo aquellas que pertenecen a la raza mexicana (Flores 2007). Asimismo, los terrenos con exceso de calcio provocan la aparición de severas deficiencias foliares de elementos menores, principalmente hierro, cinc y manganeso. Es posible corregir parcialmente las deficiencias mediante el uso de quelatos (sobre todo quelatos de fierro incorporados directamente al suelo) pero la solución es costosa y de efecto temporal; el empleo de sulfatos de cinc o manganeso corrige las deficiencias, pero por corto tiempo, debido a la alcalinidad del suelo (Gardiazabal *et al.* 2007). En el palto, el análisis del suelo y del agua disponible para los riegos es de necesidad extrema antes de realizar la plantación, considerando su elevada sensibilidad a estos factores, Cuando se analiza el suelo (análisis de caracterización) los muestreos deben hacerse a 0.30, 0.60 y 0.90 m de profundidad (Gil *et al.* 2009).

Lemus *et al.* (2010), mencionan que un factor muy importante en el suelo es el contenido o porcentaje de sales (especialmente Cl Na). Llegando a la conclusión de que el palto tolera una concentración máxima de 0.6 % de Cl Na. Se recomienda hacer plantaciones en suelos

con menor concentración de sales. El contenido de sales afecta a las plantaciones provocando daños a la planta que va contra el normal desarrollo de ésta y la producción. La alta concentración de sales ocasiona en las hojas maduras o adultas, quemaduras marginales, en casos extremos se presenta también en hojas jóvenes, provocando en muchos casos defoliación, la planta se va debilitando poco a poco pudiendo morir (Ferreyra *et al.* 2012).

Lemus *et al.* (2010) y Calabrese (1992), indicaron que un factor muy importante a considerar antes de establecer un huerto de palto es el recurso hídrico con el que se cuenta. Es importante considerar los requerimientos hídricos de la especie en plena producción que fluctúan entre 8 000 a 10 000 m<sup>3</sup> por ha en la temporada. La cantidad necesaria y la frecuencia de los riegos dependen de la naturaleza del terreno en que está ubicada la plantación y de las condiciones climáticas (Ascencios 2012). Durante los dos o tres primeros años de establecida la plantación, los riegos deberán ser frecuentes (promedio cada 10 días), pero no pesados. En las plantas adultas el riego debe ser en anillo ciego, cuando las plantas entran en producción es necesario controlar bien los riegos ya que puede producirse caída de frutos tiernos, la falta de agua ocasiona probablemente poco daño, pero en la época de floración las flores pueden caer, en riegos por gravedad se puede recomendar riegos con una frecuencia de 15 días utilizando anillos a la altura de la copa (Flores 2007). Durante la floración y cuajado los riegos deben ser aplicados con mucho cuidado, deben ser riegos ligeros cada 20 a 25 días (Ferreyra 2007). Cuando los frutos están en desarrollo puede reanudarse los riegos normales. Es importante recordar que, más fruta se cae por exceso de riego, que por faltas temporales del mismo.

Franciosi (1992), menciona que uno de los factores climáticos más importantes a considerar antes de establecer una plantación de paltos es la temperatura. En algunos lugares las bajas temperaturas limitan la ampliación de las áreas plantadas; las variedades pertenecientes a la raza mexicana resisten muy bien temperaturas cercanas y aún por debajo de 0°C durante el invierno. En cambio, variedades de las otras razas tienen una marcada sensibilidad al frío. Asimismo, indica que entre los factores climáticos que se deben considerar se encuentran la temperatura donde la variedad Fuerte es quizá una de las más afectadas por los cambios de temperatura, sufre daño con temperaturas menores a 1 °C (Donoso *et al.* 2006). También es importante que al momento de la floración las temperaturas sean óptimas. Se ha visto que con temperaturas de 20 a 25 °C durante el día y 10 °C en la noche, se presenta una exitosa fecundación y una buena cuaja. La temperatura media de una zona influye sobre el periodo

de floración a maduración: se acorta este periodo conforme la temperatura se hace mayor. El viento afecta mucho al palto, vientos secos desecan el estigma de la flor, interfieren en la polinización natural y por insectos. También se da caída de frutos (pequeños) y en frutos desarrollados (especialmente los pedúnculos largos) producen lesiones, enfermedad: Antracnosis. Los vientos muy fuertes rompen ramas (Lemus *et al.* 2010). El viento afecta el crecimiento de los paltos principalmente en sus primeros estadios o años al producir doblamiento, problemas en la conducción, deformación estructural, etc. También afectan el proceso de floración y cuajado desecando los estigmas de las flores, también dificulta el trabajo de las abejas. Asimismo, la humedad atmosférica alta (sin lluvia) favorece la polinización y fructificación (Ferreya *et al.* 2012). Especialmente la humedad durante la primavera. En cuanto la humedad relativa, cuando cae por debajo del 50 %, trae como consecuencia un proceso de decaimiento de los líquidos del estigma y la germinación de los granos de polen llega a ser problemática. La mayor luminosidad favorece el cuajado de los frutos y el desarrollo de las plantas (Donoso *et al.* 2006).

### **2.3. ENFOQUE Y ANÁLISIS DE SISTEMAS AGROPECUARIOS**

Un sistema es un arreglo de componentes que funcionan, permanentemente sincronizados, como una unidad. En este caso, el sistema ecológico o, en su forma más comprensible, ecosistema, se define como una unidad que involucra todos los organismos de un área dada, los cuales interactúan con el ambiente físico de tal forma que un flujo de energía nos lleva a definir claramente las estructuras tróficas, la diversidad biótica y los ciclos biológicos que ocurren dentro del sistema (Hart 1979; Verdezoto y Viera 2018).

Los sistemas agropecuarios constituyen la base de la secuencia producción-consumo de cada producto. Por lo tanto, su análisis es necesario para plantear programas de desarrollo agropecuario. Sin embargo, los sistemas son complejos y dependen de factores endógenos y exógenos. Los primeros pueden ser controlados y/o manejados por el productor, mediante el conocimiento técnico existente del área de la región. Los factores exógenos también pueden ser controlados, especialmente los factores económicos de mercado y de política agraria si existe la información sobre ellos. En todo caso, la obtención y análisis de información técnica, económica y social es necesaria para encontrar o ampliar las alternativas de producción-consumo. Estas alternativas, evaluadas con información de mercado, pueden contribuir al desarrollo bio-socio-económico de una zona, microrregión o región (Holle 1990; Verdezoto y Viera 2018).

La solución de problemas agropecuarios por la vía de la investigación puede tomar dos caminos. Uno, el reduccionista y otro, el holístico. El enfoque reduccionista trata de separar el problema del ambiente total, lo analiza, busca la solución y cuando la tiene, la introduce nuevamente al medio original. El enfoque holístico examina el ambiente total donde se encuentra el problema; trata de entender las relaciones entre diferentes áreas, es decir estudia la estructura del sistema y la función del mismo. Ambos enfoques son complementarios, a pesar de que en muchas ocasiones se tratan de contraponer. El reto es definir cuándo se reduce el problema a sus partes y cuando se enfoca holísticamente (Hart 1979).

El enfoque de sistemas en la agricultura, es una manera más de encontrar solución a problemas de alimentación y productividad. Especialmente es aplicable para situaciones de agricultura tradicional y/o marginal, donde la producción biológica se ve fuertemente influenciada por factores del medio ambiente social, cultural, y económico (Holle 1990). El análisis de sistemas agrícolas ha aportado principalmente en la descripción y la ubicación del problema dentro de una o más especialidades involucradas.

El análisis de un sistema consiste en relacionar la estructura con la función en base cualitativa o cuantitativa. Los pasos a seguir son: 1) la identificación del sistema; 2) la construcción del modelo conceptual preliminar; 3) la validación del modelo; 4) la modificación y revalidación del modelo. El objetivo del sistema se mide utilizando tres tipos de criterios: a) productividad; b) eficiencia; y c) variabilidad (Holle 1990). Una vez formalizado un modelo, este se usa para hacer análisis ante diferentes aspectos; y decidir si los problemas involucran componentes, interacciones, o factores independientes. Si se detecta interacción, el estudio o análisis requiere el enfoque de los sistemas (y disciplinas) involucrados, y así no lo hubiera, el estudio puede ser aislado por cada componente (Rockenbach y Hart 1981).

La diferencia entre análisis de un sistema y el enfoque de sistemas. En el primer caso, se estudia la estructura y función describiendo cualitativamente o cuantitativamente relaciones de acuerdo a los objetivos, tales como la alimentación o productividad. En el segundo caso, se describe todo el sistema conceptualmente, se enfoca la atención sobre partes específicas que son de interés para los investigadores del equipo. Se mantiene el modelo conceptual "total" como referencia. En cualquier caso, el trabajo conjunto o multidisciplinario sólo se justifica si las relaciones conceptuales del sistema se mantienen cuando estas se enfrentan con la realidad.

## **2.4. IMPORTANCIA DEL SUBSISTEMA SUELO**

El subsistema suelo como componente de un agro ecosistema interactúa con otros componentes de una región, comunidad o finca, tales como clima, cultivo, población pecuaria, socioeconómica, avance tecnológico, etc., donde el agricultor es el protagonista fundamental en la tarea de producir alimentos para su autoconsumo o el de sus congéneres (Holle 1990; Burbano 2016).

El suelo desde el punto de vista agronómico, se caracteriza por ser un ente dinámico, complejo en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, es tridimensional (ocupa espacio) y es fuente de nutrientes y sostén de las especies vegetales. La estructura del sistema está asociada con las características de los componentes como son: el plasma; constituido por las arcillas, humus, y componentes de tamaño coloidal; y por el esqueleto compuesto por las fracciones mecánicas (arena, arcilla, limo, gravilla, grava y piedra). La interacción de estos componentes le confiere propiedades físicas, químicas y biológicas que lo diferencia de otros suelos. Entre los agentes formadores del suelo tenemos al clima, tiempo, material madre, topografía y organismos vivientes, los cuales originan diferentes tipos de suelos; suelo con sus horizontes genéticos dispuestos en un ordenamiento variable (ONERN 1982; Malagon y Prager 2001).

El arreglo espacial del suelo tiene entradas de nutrientes (abonamiento, agua de lluvia o irrigación, fijación biológica), energía radiante, difusión de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, actividad radicular de las plantas, actividad biológica de animales y microorganismos (Hart 1985). No toda el agua y los nutrientes que ingresan al suelo son transferidos al sistema de cultivos, los flujos van también al sistema de malezas y se pierde gran cantidad de agua por medio del escurrimiento, evaporación, infiltración (Hart 1985; Burbano 2016).

Dentro de las salidas del subsistema suelo tenemos, los nutrientes y el agua extraídos por los cultivos, malezas, microorganismos y todo ello se traduce en la productividad del suelo; lógicamente un suelo fértil no necesariamente es productivo, la productividad estará en función de la acción interactuante de los otros subsistemas como son el clima, cultivos, ganadería, socioeconomía, etc (CATIE 1981; Malagon y Prager 2001; Burbano 2016).



## 2.5. CARACTERIZACIÓN Y TIPOLOGÍA DE FINCAS

Elegido un grupo objetivo este puede estar constituido por uno o más sistemas de producción diferenciales y de amplia variabilidad, entonces es importante caracterizar los sistemas y establecer una tipología de productores que permita definir los factores limitantes de cada uno de ellos para priorizar el análisis y selección de alternativas tecnológicas (Gnanadesikan 1977; Rawlings 1988; Malagon y Prager 2001).

Por lo que consideramos que la caracterización y tipología de productores contribuirán sustancialmente a determinar los componentes e interacciones del sistema que, aunado a la experimentación en campo y modelización realizada, facilitarán la definición, validación y comprobación de alternativas tecnológicas.

Para una mejor planificación y distribución más eficiente de los recursos destinados a mejorar el funcionamiento de los sistemas productivos, es necesaria hacer una caracterización de las fincas, como paso previo para cualquier proyecto posterior (Cabrera *et al.* 2004; Santistevan *et al.* 2014; Marquez *et al.* 2016). La fase de caracterización proporciona la información cuantitativa sobre cada una de las fincas muestreadas. La aplicación de técnicas multivariadas permite la clasificación y tipificación de productores en un área en particular. Esta técnica permite obtener grupos de productores en función de la importancia de variables dentro de productores (Rawlings 1988; Gnanadesikan 1977; Bolaños 1999).

Bolaños (1999), señala que la caracterización no es más que la descripción de las principales características y las múltiples interrelaciones en las organizaciones. Para Malagon y Prager (2001) la caracterización es una etapa determinante para desarrollar el método de investigación en sistemas de producción y consiste en determinar un conjunto de variables que distinguen a una zona o unidad de producción en particular y que la hace diferente a otras.

Balda (2012), citado por Santisteban *et al.* (2014), indica que la caracterización no es más que la descripción de las principales características y las múltiples interrelaciones entre las organizaciones, las mismas que sirven también para definir la línea de base y establecer relaciones entre variables sociales, económicas, ambientales y productivas en un sistema. Para realizar la caracterización de las fincas de producción, el primer paso es seleccionar el

área de estudio, definiendo los componentes del agroecosistema. Luego se levantará información sobre los sistemas de producción a través de encuestas, talleres participativos, taller de expertos y visitas de campo. Con esta información primaria se definen las variables en estudio. Es importante identificar las interacciones de los productores con los mercados, las relaciones económicas, el uso de tecnología y sus procesos de adaptación a los sistemas de producción. En función a los datos obtenidos se clasificarán en los tres componentes de la sustentabilidad como son la dimensión medio ambiental, social y económica (Merma y Julca 2012; Aquino *et al.* 2018; Cáceres y Julca 2018; Anculle 2019).

El análisis de componentes principales es una técnica que utiliza la descomposición de valores singulares a través del fraccionamiento del producto de la matriz de datos ( $X'X$ ), en sus correspondientes raíces y vectores propios. Con esta se producen nuevas variables que son ortogonales entre sí, de tal modo que el primer componente principal explica la mayor cantidad posible de dispersión total de los datos, el segundo componente principal explica la mayor cantidad posible de la dispersión restante y así sucesivamente. Esta técnica se utiliza para eliminar el problema de colinearidad. El análisis de los datos se hace sobre los componentes principales que expliquen la mayor parte de la variabilidad o sobre variables originales que estén relacionadas sobre los componentes principales (Morrison 2003).

El agrupamiento de los datos se puede lograr mediante métodos multivariados, como lo es el análisis de conglomerados “cluster” (Morrison 2003). En este análisis se determina la distancia cuadrada entre los centroides de los grupos y la distancia de cada elemento se realiza de acuerdo a estas distancias. El tipo de agrupamiento depende del método seleccionado. En la mayoría de estudios simulados, se ha generado conglomerados compactos de más o menos el mismo tamaño o dispersión, favoreciendo el método de Ward (Andrade 1985, citado por Tuesta *et al.* 2014).

## **2.6. CARACTERIZACIÓN Y TIPOLOGÍA DE FINCAS EN EL PERÚ**

La finca es un área física de terreno, con linderos perfectamente definidos dentro de las cuales el agricultor ubica su casa-habitación, sus corrales, etc. Lo que se tiene es una pequeña extensión en la que está la casa (generalmente en un lugar elevado al pie de la ladera, protegido del viento y del frío) y luego un número de parcelas individuales, de extensión variada, ubicadas en diferentes zonas ecológicas en las que el comunero realiza su actividad agrícola (Fairlie 1990).

En el Perú se ha realizado varios trabajos de caracterización y tipificación de fincas productoras, con resultados muy diversos según la zona de investigación y el tipo de cultivo. Merma y Julca (2012), en un estudio llevado a cabo en la provincia de La Convención, Cusco, Perú, en la región geográfica de selva alta conocida como Alto Urubamba; tuvo como objetivo evaluar las características prediales; encontrando tres grupos de agricultores de uso de la tierra relacionados según su extensión; asimismo la economía de los agricultores es crítica; en la zona hay problemas ecológicos debido a la intervención antrópica; la producción en la región es diversificada y la presión de uso sobre la tierra es moderada.

Tuesta *et al.* (2014), en un trabajo se realizado con el objetivo de tipificar las fincas cacaoteras en la subcuenca media del río Huayabamba, distrito de Huicungo (San Martín, Perú); en la que consideraron seis componentes (familiar, recursos naturales, actividad agrícola, económico, tecnológico y de gestión, social); encontrando que las fincas cacaoteras están agrupadas en tres tipos con rendimientos diferentes, donde un primer grupo se caracteriza por desarrollar otras actividades paralelas al cultivo del cacao y tienen un sistema de producción convencional; un segundo grupo que reúne básicamente fincas de producción orgánica, donde predominan plantaciones híbridas asociadas, y un tercer grupo donde se encuentran plantaciones monoclonales.

Aquino *et al.* (2018), en un estudio realizado en el valle del Mantaro, Junín, con el objetivo de caracterizar las unidades productoras de tarwi, encontraron tres formas de gestión bien diferenciadas entre sí, correspondiendo a recursos del predio, realidad socio-ambiental y dimensión social; determinando tres tipos de agricultores: en primer lugar las unidades productoras por la extensión de terreno (0.5 - 1 ha), el rendimiento de cultivos diferente al tarwi (6 - 10 t), el área de otros cultivos (0.5 - 1 y 2 - 5 ha), el costo de producción del tarwi (1 000 – 1 250 soles por ha), el área cultivada de tarwi (0.1 - 0.5 ha), y el número de personas que trabajan en su predio (1-2 y 3-4); en segundo lugar, las unidades productoras que solo cultivan con el agua de la lluvia y cuentan con transporte público a diario; y, en tercer lugar, por la actividad familiar (agricultura y ganadería).

Collantes y Rodríguez (2015), en un estudio desarrollado en la provincia de Cañete, Lima, mediante análisis de conglomerados, tipificaron a los productores de mandarina y palta del valle de cañete, encontrando cinco grupos, siendo las variables consideradas el nivel de instrucción del agricultor, servicios disponibles, participación en asociaciones, crianza de

animales, cultivo principal, área cultivada, costo del cultivo principal, rendimiento (t/ha), si exporta y manejo agronómico. Cáceres y Julca (2018), desarrollaron un estudio de caracterización y tipificación de fincas productoras de vid para pisco en Ica, Perú, con base en diez componentes, clasificando a las fincas participantes en dos grupos: el grupo uno, compuesto por dos fincas y el grupo dos, compuesto por 14, coincidiendo para ambos grupos en los componentes familiar, asociatividad, tecnología, gestión, capacitación y problemática que afecta al viñedo y al pisco; asimismo, difiere en ambos grupos en los componentes social, asociatividad, económico, recursos naturales. Apaza *et al.* (2019), en la irrigación Chavimochic (La Libertad) determinaron tres zonas de producción de palto, la zona I que es la más cálida, con la mayor área, la zona II con la mayor diversidad de cultivos y la zona III la más húmeda. Asimismo, caracterizaron cuatro tipos de productores de espárrago, la tipificación estuvo relacionada con el área de espárrago, conexión al mercado, tipo de producción de espárrago y rentabilidad. En los fundos de palto, se determinaron tres tipos, siendo el tamaño del fundo, uso de pesticidas y las certificaciones los aspectos diferenciales.

## **2.7. SUSTENTABILIDAD**

La sustentabilidad se refiere a la durabilidad de los sistemas de producción, a su capacidad para mantenerse en el tiempo. A su vez, se refiere al mantenimiento de la productividad de los recursos empleados, frente a situaciones de choque o tensión, en este caso, se refiere a los recursos naturales renovables, utilizados para la producción agropecuaria y a otros insumos necesarios para la producción (Conway y Barbier 1990). La sustentabilidad depende de las características intrínsecas del sistema de producción, de la naturaleza e intensidad de las tensiones o choques a los que está sujeto el sistema y de los insumos humanos que pueden aportarse para contrarrestar esas tensiones y choques.

La primera definición internacionalmente reconocida, creada por la Asamblea de las Naciones Unidas en 1987, asocia la sostenibilidad al desarrollo y la define como aquel desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades (McKeown 2002).

Reyes (2005), indica que la sostenibilidad no es una metodología sino una filosofía, es una meta que debe construirse de manera participativa mediante la acción cotidiana colectiva y para ello, no hay recetas, sólo caminos por construir. Construir el desarrollo, implica

entonces aprender formas diferentes de usar los recursos naturales y convivir entre seres humanos con diferencias culturales, al aportar no sólo conocimientos, sino a la par, nuevas formas de convivencia entre humanos y de relación con la naturaleza para que las siguientes generaciones también puedan disfrutar de los actuales ecosistemas, es decir, ofrecer una educación para la sostenibilidad: sistémica, compleja y respetuosa del equilibrio ambiental, social, ético y económico.

El concepto de sustentabilidad ha cobrado cada vez importancia. Actualmente se ha convertido en uno de los elementos clave para el manejo de recursos naturales, y está en el centro de la agenda de instituciones gubernamentales, de investigación, organizaciones no gubernamentales y otros grupos relacionados con el manejo de recursos naturales. La discusión sobre el concepto de sustentabilidad y en general sobre “desarrollo sustentable” ha sido muy amplia e incluye desde posiciones puramente retóricas hasta propuestas concretas que buscan hacer operativo este concepto a partir de una crítica fundamental del modelo de desarrollo actual (Astier *et al.* 2008).

## **2.8. AGRICULTURA SUSTENTABLE**

Para *American Society of Agronomy* (1987), una agricultura sustentable a largo plazo promueve la calidad del medio ambiente y los recursos básicos de los cuales depende la agricultura; provee fibras y alimentos necesarios para el ser humano; es económicamente viable y mejora la calidad de vida de los agricultores y la sociedad en su conjunto.

Según Costanza y Daly (1992), la agricultura sustentable, es aquella que permite mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales que lo soportan.

Martínez (2009), indica que la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola se refiere a la capacidad del sistema para mantener su productividad a pesar de las perturbaciones económicas y naturales, externas o internas.

Altieri y Nicholls (2000), afirman que existen muchas definiciones de agricultura sustentable. Sin embargo ciertos objetivos son comunes a la mayoría de las definiciones: Producción estable y eficiente de recursos productivos; seguridad y autosuficiencia

alimentaria; uso de prácticas agroecológicas o tradicionales de manejo; preservación de la cultura local y de la pequeña propiedad; asistencia de los más pobres a través de un proceso de autogestión; un alto nivel de participación de la comunidad en decidir la dirección de su propio desarrollo agrícola y conservación y regeneración de los recursos naturales.

Sarandón (2002), menciona que para que una agricultura sea sustentable se debe cumplir satisfactoria y simultáneamente cuatro requisitos: ser suficientemente productiva; económicamente viable; ecológicamente adecuada (que conserve la base de recursos naturales y que preserve la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global) y ser cultural y socialmente aceptable.

Otros autores señalan que la actividad agropecuaria se apoya en un sistema de producción con la aptitud de mantener su productividad y ser útil a la sociedad a largo plazo, cumpliendo los requisitos de abastecer adecuadamente de alimentos a precios razonables y de ser suficientemente rentable como para competir con la agricultura convencional; además de ecológico para preservar el potencial de los recursos naturales productivos (Moreno 2010).

FAO (2020), define la agricultura sustentable como el manejo y conservación de la base de los recursos naturales y la orientación de cambio tecnológico e institucional, de manera a asegurar la obtención y la satisfacción continua de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras. Tal desarrollo sustentable en la agricultura resulta en la conservación del suelo, del agua y de los recursos genéticos animales y vegetales; además de no degradar el ambiente, ser técnicamente apropiado económicamente viable y socialmente aceptable.

## **2.9. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD**

Para que la investigación agroecológica contribuya a lograr una agricultura más sostenible, debe establecerse un marco para medir y cuantificar la sostenibilidad; asimismo, los agricultores deben ser capaces de evaluar un sistema específico para determinar qué tan lejos está de la sostenibilidad, cuáles de sus aspectos son los menos sostenibles, exactamente cómo está siendo afectada la sostenibilidad, y cómo se puede cambiar para lograr ser sostenible. Una vez que se diseña un sistema con la intención de que sea sostenible, los agricultores deben ser capaces de darle seguimiento para determinar si se ha logrado este funcionamiento (Gliessman 2002).

Uno de los mayores retos que enfrenta la discusión sobre desarrollo sustentable, particularmente la que se refiere a la agricultura sustentable, es diseñar marcos operativos que permitan evaluar de manera tangible la sustentabilidad de diferentes proyectos, tecnologías o agroecosistemas (Maserá *et al.* 1999). Asimismo, evaluar la sustentabilidad se requiere un esfuerzo verdaderamente interdisciplinario e integrador, que aborde el análisis tanto de los procesos ambientales como de los fenómenos de tipo socioeconómico; además requiere también trabajar con marcos multicriterio basados en indicadores cualitativos y cuantitativos. Finalmente hace necesario integrar perspectivas temporales más amplias que las usualmente consideradas en una evaluación convencional (Toledo 1998 citado por Maserá *et al.* 1999). Además, para que el análisis de sostenibilidad sea operativo, es conveniente caracterizar el comportamiento de un número apropiado de indicadores relevantes. Éstos deben ser adecuados a los objetivos y escala de análisis, integrar variables, ser sensibles a un amplio rango de condiciones y a los cambios en el tiempo, poderse medir de manera fácil y confiable, y ser sencillos de entender (Sarandón 2002; Maserá *et al.* 1999).

El estudio del proceso de conversión hacia la sostenibilidad comienza con la identificación de un sitio de producción. Este debería ser una unidad de producción agrícola comercial en funcionamiento, cuyo propietario y operador desea convertirla a un tipo reconocido de manejo alternativo tal como la agricultura orgánica certificada, y requiere participar en el diseño y manejo la unidad durante el proceso de conversión (Swezel *et al.* 1994; Gliessman *et al.* 1996 citados por Gliessman 2002). Este enfoque de primero el productor se considera esencial en la búsqueda de prácticas agrícolas viables, que eventualmente pueden ser adoptadas por otros agricultores (Gliessman 2002).

En la evaluación de la sustentabilidad hay dos posibilidades: una es la evaluación de la sustentabilidad *per se* y la otra es la evaluación comparativa. La elección de una u otra posibilidad depende del objetivo planteado, y tiene importantes consecuencias metodológicas. Asimismo, la complejidad y la multidimensión de la sustentabilidad hacen necesario volcar aspectos de naturaleza compleja en valores claros, objetivos y generales, llamados indicadores; donde el desarrollo y construcción de estos deben ser los adecuados y requiere tener en cuenta una serie de pasos y algunas características que estos deben reunir; además, deberían evaluar o abarcar aspectos: a) ecológicos, b) sociales y culturales y c) económicos (Sarandón 2002).

Sarandón y Flores (2009), mencionan que la sustentabilidad es un concepto multidimensional complejo porque incluye el cumplimiento simultáneo de varios objetivos o dimensiones: productivo, ecológico, temporal, económico y sociocultural y tienen un efecto aditivo que genera la sustentabilidad general, estos objetivos son igualmente importantes, de cumplimiento simultáneo, y no son reemplazables los unos con los otros.

Sarandón *et al.* (2006); Sarandón y Flores (2009), desarrollaron una metodología para evaluar la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas. Esta consiste en una serie de pasos que conducen a la obtención de los indicadores económico, ecológico y social, que sirven para calcular el índice general de sustentabilidad, donde todos los datos se obtienen a través de encuestas; por lo que la metodología empleada en el presente trabajo de investigación es una adaptación de la propuesta por dichos autores, la cual considera las tres dimensiones de la sustentabilidad; asimismo, se presenta una lista de subindicadores, variables y fórmulas para calcular el valor de los indicadores ambiental, económico y sociocultural, así como para obtener el índice de sustentabilidad general.

## **2.10. LA SUSTENTABILIDAD EN EL PERÚ**

Pinedo *et al.* (2021), realizaron una revisión sistemática de las metodologías empleadas para evaluar la sustentabilidad económica, ambiental y social de los sistemas de producción agrícola - SPA; encontraron 22 marcos o propuestas metodológicas, asimismo constataron que el 88% de los casos de estudio de sustentabilidad en el Perú, entre los años 2012 al 2020, se empleó la propuesta metodológica de Sarandón y Flores (2009) basada en el análisis “Análisis Multicriterio” y definen los niveles de sustentabilidad con índices; explicado por su bajo costo, fácil definición e interpretación de indicadores y adaptables para evaluar la sustentabilidad de la mayoría de los SPA del Perú. En el Perú se han realizado numerosos trabajos de la evaluación de la sustentabilidad de diferentes tipos de productores en las tres regiones naturales (costa, sierra y selva).

Collantes y Rodríguez (2015), desarrollaron un trabajo de investigación con el objetivo de evaluar la sustentabilidad de agroecosistemas de palto y mandarina en Cañete, Lima. Observaron tendencias en la sustentabilidad general y por dimensión, encontrándose interdependencia entre las mismas. Concluyeron que la adaptación y uso de indicadores es adecuada para detectar puntos críticos en la sustentabilidad de agroecosistemas, establecer causas y proponer soluciones a mediano plazo.



Apaza *et al.* (2019), evaluaron la sustentabilidad de los fundos productores de palto y espárrago en la irrigación Chavimochic (La Libertad); determinaron que los fundos de palto y espárrago fueron sustentables en lo social; en lo económico los fundos de palto fueron más sustentables que los fundos de espárrago; siendo la sustentabilidad ambiental en el factor más importante a ser fortalecido en la irrigación Chavimochic.

Perales *et al.* (2009), realizaron un trabajo de investigación sobre indicadores de sustentabilidad del manejo de suelos en la producción de arveja en el distrito de Manzanares, provincia de Concepción, Junín. Se identificaron dos zonas homogéneas de producción, una con riego y otra en seco. Los sistemas de manejo de suelos en ambas zonas de producción identificadas no fueron sustentables. Los puntos críticos identificados en ambas zonas fueron el manejo de cobertura vegetal, fertilizantes, labranza y rotación de cultivos. Aquino *et al.* (2018), caracterizaron unidades productoras de tarwi en el valle del Mantaro, Junín, en cuatro localidades interandinas. Los resultados obtenidos de la tipificación de los productores rurales del ecosistema andino, determinó que existen tres grupos, correspondiendo a caracteres de recursos del predio, realidad socio ambiental y dimensión social, y que, a su vez tipificaron tres grupos o sistemas de producción.

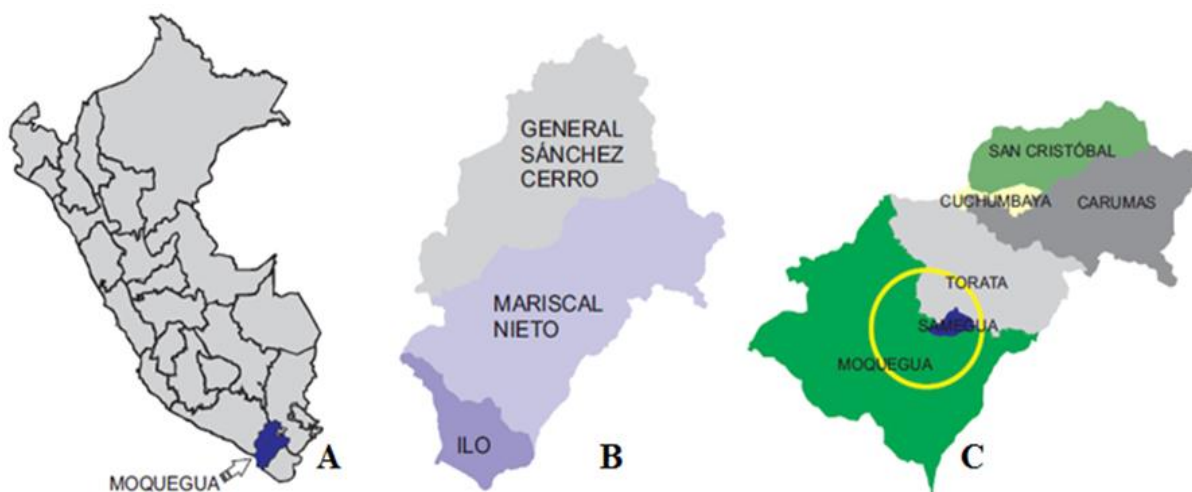
Merma y Julca (2012), realizaron la caracterización y evaluación de la sustentabilidad de fincas en Alto Urubamba, Cusco, determinando que las fincas con café, cacao y frutales como plátano, cítricos, papaya y mango son sustentables, mientras que las de coca y té no. Meza y Julca (2015), evaluaron la sustentabilidad de los sistemas de cultivo con yuca en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco, determinando que la caracterización refiere sistemas de cultivo con yuca diversificados por su manejo asociado con otros cultivos, productivos por el potencial de rendimiento de sus cultivares, y socialmente fortalecidos por las condiciones sociales aceptables, además de la participación de la familia en las actividades agrícolas. Para la sustentabilidad se obtuvo un promedio de 3.64; y los puntos críticos identificados estuvieron relacionados con agroforestería, diversidad de cultivares y el área destinada a la producción de yuca. Márquez *et al.* (2016), evaluaron la sustentabilidad ambiental en fincas cafetaleras después de un proceso de certificación orgánica en la Convención en Cusco, encontrando que el sistema de producción orgánica alcanzó un indicador general ambiental más alto que el que alcanzó el sistema de producción convencional; se determinó que el sistema de producción orgánica alcanzó un mayor indicador de sustentabilidad económica que el que alcanzó el sistema de producción convencional.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El cultivo de palto en el departamento de Moquegua, se ubica en las provincias de Mariscal Nieto y General Sánchez Cerro, éstas concentran el total del área cultivada (1 100 ha), distribuidos entre los 1400 a 2500 msnm y un total de 758 productores (GRA 2019).

El trabajo de investigación tuvo una duración de aproximadamente dos años (enero 2019 - enero 2021) y se realizó en la provincia Mariscal Nieto (**Figura 1**), ubicada entre las coordenadas 15° 57' a 17° 53' de LS y 70° 00 a 71° 23' de LO y una extensión territorial de 7 369.19 km<sup>2</sup> y con una superficie cultivada de 7 217.41 ha que representa el 41.5 % regional (**Cuadro 3**).



**Figura 1:** Mapa del Perú (A), región de Moquegua (B) con sus tres provincias y la provincia Mariscal Nieto (C), donde la zona de estudio está marcada con un círculo

Políticamente la provincia Mariscal Nieto está conformada por seis distritos: Moquegua, Samegua, Torata, Carumas, Cuchumbaya y San Cristóbal, tres de los cuales son los principales productores de palta (Moquegua, Torata y Samegua), entre estos distritos se tiene un total de 506 ha, con 428 productores (Cuadro 3). Los cultivos predominantes son alfalfa (73.36 %), orégano (8.73 %), palto (6.42 %), vid (4.38 %), tuna (3.95 %) y papa (3.12 %).

**Cuadro 3:** Extensión territorial y superficie cultivada de la provincia Mariscal Nieto y sus distritos

<b>Provincia / Distrito</b>	<b>Superficie (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Superficie cultivada (ha)</b>	<b>(%)</b>	<b>Cultivo de palto (ha)</b>
Mariscal Nieto	7 369.19	7 217.41	41.5	506.0
Moquegua	3 380.98	1 984.54	11.4	226.0
Torata	1 720.71	1 495.01	8.6	123.0
Carumas	468.68	1 218.2	7.0	1.0
Cuchumbaya	168.02	814.4	4.7	7.0
Samegua	69.27	454.64	2.6	142.0
San Cristóbal	1 561.53	1 250.62	7.2	7.0

Fuente: GRA (2019).

La provincia Mariscal Nieto presenta dos unidades geográficas costa intermedia y sierra. La costa intermedia que abarca una superficie de aproximadamente el 60 % de la superficie total provincial cuyos distritos son: Moquegua, Samegua, y parte de Torata y se caracteriza por abarcar un piso altitudinal intermedio que va desde los 800 a 2 000 msnm con clima semicálido muy seco (desértico o árido subtropical); se distingue por ser un clima con precipitación promedio anual de 150 mm y temperaturas medias anuales de 18° a 19° C, mostrando las temperaturas más elevadas del departamento. Las condiciones de aridez de ésta gran franja costera; es decir, de desierto extremo, han motivado que la agricultura que se desarrolla en los valles aluviales que atraviesan transversalmente esta región, se efectúe exclusivamente bajo la modalidad de riego. Pero, a su vez, las características térmicas favorables de este tipo climático han permitido la fijación de un cuadro de cultivos amplio y diversificado. La sierra tiene una extensión superficial de aproximadamente el 40 % de la superficie total provincial, que incluye a los distritos de Torata, Carumas, Cuchumbaya y San Cristobal; asimismo, presenta una topografía bastante accidentada con bruscas elevaciones en la parte occidental, abarca desde las 2 000 msnm hasta alturas que sobrepasan los 5 000 msnm, existen valles interandinos para la producción agrícola y crianza de ganado, mientras que en las zonas altoandinas se tiene pastos naturales y crianza de ganado lanar y auquénidos; con clima templado subhúmedo (estepa y valles interandinos bajos), este tipo climático, conocido también como “clima de montaña baja” es el que predomina en el distrito de Torata, corresponde principalmente a los valles interandinos bajos e intermedios, situados entre los 1 800 y 3 200 msnm.

Las temperaturas sobrepasan los 18 °C y la precipitación anual se encuentra por debajo de los 500 mm, aunque en las partes más elevadas, húmedas y orientales, pueden alcanzar y aún sobrepasar los 1 200 mm de precipitación. Las condiciones de pluviosidad indicadas plantean la necesidad del riego permanente o suplementario para la producción económica de los cultivos. Las condiciones térmicas permiten sostener cultivos como frutales de hueso, palto, vid, cereales y tuberosas, en los sectores más elevados. Las zonas más húmedas permiten la existencia de una agricultura en condiciones de secano.

Una vez determinado el lugar de ejecución se procedió a realizar la investigación considerando las siguientes etapas:

- Caracterización de las fincas productoras de cultivo de palto
- Evaluación de la sustentabilidad en “fincas tipo” productoras del cultivo de palto
- Evaluación del comportamiento del cultivo de palto en “fincas tipo”
- Evaluación de efecto de la materia orgánica en el cultivo de palto
- Evaluación de efecto del mulch orgánico en el cultivo de palto

### **3.2. CARACTERIZACIÓN DE FINCAS PRODUCTORAS DEL CULTIVO DE PALTO**

El objetivo fue de caracterizar a las fincas productoras del cultivo de palto en la provincia de Mariscal Nieto de la región Moquegua. La caracterización se realizó, a través de encuestas (**Anexo 1**), en los tres distritos con mayor extensión de producción de palto (Cuadro 3) de la provincia de Mariscal Nieto, como son Moquegua, Samegua y Torata; en estos distritos se tiene un total de 506 ha, con 428 productores (Gobierno Regional de Moquegua 2004; GRA 2019). La muestra de trabajo se determinó con la aplicación de la fórmula propuesta por (Sheaffer *et al.* 1987), la misma que fue de 92 productores de palto.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{(N-1) \cdot E^2 + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

$$n = 92$$

n = tamaño de muestra

N = tamaño de la población

Z = nivel de confianza (1.96)

E = error de muestreo estimado, considerado para la investigación en 10.19 por ciento

p = q = 0,5 (para variables dicotómicas con varianza igual a p\*q)

La elaboración, estructuración y validación de la encuesta, se realizó mediante una consulta y consenso de propietarios y/o conductores de fincas de palto, técnicos y profesionales relacionados a la producción del palto y funcionarios de organismos públicos: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MIDAGRI, Autoridad Nacional el Agua - ANA y representantes de organizaciones de productores: Comisión de Regantes de la Junta de Usuarios del Distrito de Moquegua y Comité de Productores y Comercializadores de Palto - COPROCOM, Asociación de productores de palta - PALTAMOQ, Asociación de productores de palta - MISKIHASS; posteriormente se sometió a un panel de expertos que estuvo conformado por docentes de la Universidad José Carlos Mariátegui - UJCM y profesionales del MIDAGRI.

La encuesta, incluyó preguntas relacionadas con aspectos técnicos y socio-económicos de la finca y tuvieron las siguientes variables según cada componente (**Anexo 1**):

- i. Características del productor: Donde se evaluó el sexo, edad, nivel de instrucción, personas que viven en el hogar, lugar de residencia, afiliación a una organización, desarrollo de otra actividad económica, origen de ingresos mensuales, si recibe capacitación agrícola, de quien recibe la capacitación, temas que se recibió la capacitación, y en qué temas le gustaría recibir capacitación.
- ii. Características de la finca: Principales cultivares utilizados, tipo de patrón, edad de las plantaciones, densidad de plantación, sistema de riego de cultivo principal, otros cultivos en la finca, origen de los plántones o semilla, que tipo de semilla utiliza, tipo de agricultura, fuente de abono orgánico, título de propiedad, servicios básicos que cuenta, servicios básicos en el pueblo y, servicio de telefonía.
- iii. Características de la producción: Rendimiento del cultivo de palto, precio de venta, criterios para determinar la calidad del fruto, lugares de comercialización, inversión anual por hectárea, ingreso mensual por cultivo de palto, ingreso mensual por crianza de animales y, comercialización de animales.

Antes de la aplicar las encuestas, se dio una charla a los productores para explicar los objetivos del trabajo, con la finalidad de involucrarlos y formen parte de la investigación.

Los resultados fueron ordenados y sistematizados en una hoja de cálculo del software Excel 2010, para su representación en cuadros y figuras. Posteriormente la información ya sistematizada fue procesada en el programa SPSS v22, para realizar el análisis de conglomerado jerárquico (cluster analysis) por el método de Ward a una distancia euclidiana cuadrada de 900 (Andrade 1985 citado por Tuesta *et al.* 2014), para determinar cuántos tipos de fincas existen de acuerdo a su semejanza entre ellas. El resultado del análisis cluster se expresa en forma gráfica mediante un diagrama de árbol o dendrograma.

### **3.3. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN “FINCAS TIPO” PRODUCTORAS DEL CULTIVO DE PALTO**

El objetivo fue evaluar la sustentabilidad en “fincas tipo” productoras del cultivo de palto en la provincia de Mariscal Nieto, Moquegua. Para la evaluación de la sustentabilidad se seleccionó aleatoriamente una “finca tipo” por cada grupo de fincas (cinco fincas), resultado del análisis de conglomerados de la caracterización de las fincas productoras del cultivo de palto en la provincia de Mariscal Nieto, Moquegua (objetivo específico 1). Asimismo, para el levantamiento de la información se contó con el apoyo de productores representativos de cada zona, quienes, mediante acompañamientos en los recorridos por las fincas, se ejecutaron las encuestas elaboradas de sustentabilidad.

El análisis de la sustentabilidad de las “fincas tipo” productoras del cultivo de palto en la provincia Mariscal Nieto, fue realizado mediante la metodología multicriterio propuesta por Sarandón *et al.* (2006) y, Sarandón y Flores (2009), en donde se han considerado las dimensiones ambiental, económica y sociocultural; asimismo, los indicadores utilizados fueron adaptados para el sistema de producción del cultivo de palto, en condiciones de la zona de estudio. Trabajos de investigación usando “fincas tipo”, han sido realizados por Tuesta *et al.* (2014), Collantes y Rodríguez (2015) y Santistevan *et al.* (2017).

Para la comparación de las fincas y facilitar el análisis de las múltiples dimensiones de la sustentabilidad, los datos fueron estandarizados, mediante su transformación a una escala, para cada indicador, de 0 a 4, siendo 4 el mayor valor de sustentabilidad y 0 el más bajo valor. Asimismo, para la construcción de los indicadores se realizaron talleres y se contó con el apoyo de propietarios y/o conductores de fincas de palto, técnicos y profesionales relacionados a la producción del palto y funcionarios de organismos públicos: MIDAGRI, ANA y representantes de organizaciones de productores: Comisión de Regantes de la Junta

de Usuarios del Distrito de Moquegua y Comité de Productores y Comercializadores de Palto- COPROCOM, Asociación de productores de palta - PALTAMOQ, Asociación de productores de palta - MISKIHASS; posteriormente se sometió a un panel de expertos que estuvo conformado por docentes de la UJCM y profesionales del MIDAGRI (**Anexo 2**).

La ponderación de cada indicador refleja la importancia del mismo en la sustentabilidad; por lo que la aplicación del marco conceptual y la metodología para la construcción de indicadores adecuados a los objetivos buscados, permitió obtener una serie de indicadores estandarizados y ponderados para las tres dimensiones a analizar, tanto en la dimensión económica, ambiental y sociocultural.

### **3.3.1. Dimensión económica**

Para realizar la evaluación y determinar si las fincas son económicamente sustentables, se seleccionó un conjunto de subindicadores y variables que se presentan en detalle en el **Cuadro 4**, y que considera los siguientes aspectos:

#### **a. Rentabilidad de la finca**

Para la rentabilidad se tomó en cuenta el costo/beneficio y se consideró fundamental para su sustentabilidad, a través de cuatro variables: A1- *Rendimiento*. Un sistema es sustentable si la producción de palta es suficiente para cubrir los costos de producción y los gastos de necesidades primarias de la familia. La variable que se tomó en cuenta fue el rendimiento. A2- *Calidad física de la palta*. Un sistema es sustentable si la calidad de la palta producida es alta, el mismo que puede ser comercializado, por ende, con un valor económico comparado al del mercado nacional. La variable que se consideró fue porcentaje de fruto con valor comercial. A3- *Incidencia de enfermedades*. El sistema es sustentable cuando las infestaciones e incidencias de enfermedades son bajas y no superan el nivel de daño económico. Las bajas tasas de enfermedades se producen en sistemas diversos y con adecuados manejos culturales en los cultivos. La variable considerada fue la incidencia promedio de la principal enfermedad del cultivo del palto (*Phytophthora cinnamomi*). A4.- *Densidad de plantación por hectárea*: el sistema es sustentable si se tiene una adecuada densidad de plantación.

**b. Ingreso neto mensual**

El ingreso neto mensual se tomó en cuenta el costo de la canasta básica. El sistema es sustentable si puede satisfacer las necesidades económicas del grupo familiar. Estos ingresos fueron evaluados en soles (S/) por mes, donde se consideró los ingresos agrícolas y no agrícolas de cada familia.

**c. Riesgo económico**

Un sistema es sustentable si minimiza el riesgo económico, ampliando las posibilidades de ingreso. Se consideró lo siguiente: *C1- Diversificación de la producción*. Un sistema es sustentable si el productor produce y comercializa más de un producto agrícola, ya que, si sufriera alguna pérdida o daño del mismo, podría compensarlo con los demás productos que vende. *C2- Dependencia de insumos externos*. Un sistema con alta dependencia de insumos no es sustentable en el tiempo. *C3- Número de vías de comercialización*. Un sistema es sustentable si cuenta con varias vías de comercialización para el producto principal.

La rentabilidad de la finca es la principal fuente de ingreso para la familia, por ello se le otorgó una valoración doble, con respecto al resto. El valor de indicador económico (IK) fue calculado con la ecuación del Cuadro 7.

**3.3.2. Dimensión ambiental**

Para realizar la evaluación y determinar si las fincas son ambientalmente sustentables, se seleccionó un conjunto de subindicadores y variables que se presentan en detalle en el **Cuadro 5**, y que considera los siguientes aspectos:

**a. Conservación de la vida de suelo**

Un sistema es sustentable si las prácticas mantienen o mejoran la vida en el suelo. Para construir este indicador se tuvieron en cuenta dos variables: *A1- Manejo de la cobertura vegetal*. La misma provee al suelo de una protección contra los agentes climáticos y disminuye el riesgo de erosión. *A2- Diversificación de cultivos (Biodiversidad espacial)*. *A3- Manejo del agua*. Relacionado al sistema de riego que utilizan en el cultivo de palto.



#### **b. Riesgo de erosión**

Un sistema es sustentable si logra minimizar o evitar la pérdida de suelo debido a la erosión (en este caso, hídrica). Se tuvieron en cuenta dos variables: *B1- Pendiente predominante* y *B2- Conservación del suelo*. El sistema sustentable es aquel que conserva la cantidad y calidad de sus suelos.

#### **c. Manejo de la biodiversidad**

La biodiversidad es importante para la regulación del sistema ya que, entre otras funciones, proporciona hábitat y nichos ecológicos para los enemigos naturales. La diversidad vegetal es la base de la diversidad heterotrófica (Swift *et al.* 2012). El efecto del sistema de manejo de la finca sobre la biodiversidad, se evaluó a través de las siguientes variables: *C1- Diversificación de la producción*. Relacionado al número de cultivos que se explotan en la finca. *C1- Área de zonas de conservación*. Las zonas de conservación incluyen arbustos, pastizales, orillas de ríos y riachuelos, zonas de amortiguamiento, donde no se realice labores agrícolas y por el contrario estén adecuadamente delimitadas y conservadas.

El indicador que mide el grado de cumplimiento de la dimensión ambiental (IA), se calculó con la ecuación del Cuadro 7.

### **3.3.3. Dimensión sociocultural**

Para realizar la evaluación y determinar si las fincas son socioculturalmente sustentables, se seleccionó un conjunto de subindicadores y variables que se presentan en detalle en el **Cuadro 6**, y que considera los siguientes aspectos:

#### **a. Satisfacción de las necesidades básicas**

Un sistema sustentable es aquél en el cual, los agricultores tienen aseguradas sus necesidades básicas que comprenden educación, salud, vivienda y servicios básicos. Estuvo compuesto por las siguientes variables: *A1- Vivienda*. *A2- Acceso a la educación*. *A3- Acceso a salud y cobertura sanitaria*. Se refiere a la distancia en kilómetros desde la finca al centro médico más cercano donde se pueda atender emergencias médicas y se gestione el traslado a centros más complejos, y *A4- Servicios básicos*.

**b. Integración social**

Se evaluó la relación con otros miembros de la comunidad, nivel de participación en las organizaciones de su ámbito de acción, considerando la actitud de liderazgo.

**c. Conocimiento tecnológico y conciencia ecológica**

El conocimiento tecnológico y la conciencia ecológica son fundamentales para tomar decisiones adecuadas respecto a la conservación de los recursos y mantener o mejorar los sistemas productivos.

Dentro de este objetivo, se consideró de mayor peso a los indicadores de satisfacción de necesidades básicas; asimismo, el valor de indicador (ISC) fue calculado con la ecuación del Cuadro 7.

**Cuadro 4:** Subindicadores y variables para evaluar la sustentabilidad económica en “fincas tipo” productoras de palto en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua

	Subindicadores	Variables	Valor	Descripción	Factor de ponderación
<b>Dimensión económica</b>	<b>Rentabilidad de la finca (A)</b>	<b>Rendimiento (A1)</b>	0	< 4 t/ha	<b>2</b>
			1	4 a 6 t/ha	
			2	7 a 9 t/ha	
			3	9 a 11 t/ha	
			4	> 12 t/ha	
		<b>Calidad física de la palta (A2)</b>	0	< 39% de frutos comerciales	<b>2</b>
			1	40 a 49% de frutos comerciales	
			2	50 a 59% de frutos comerciales	
			3	60 a 79% de frutos comerciales	
			4	> 80% de frutos comerciales	
		<b>Incidencia de <i>Phytophthora cinnamomi</i> (A3)</b>	0	> 15%	<b>2</b>
			1	13 a 15 %	
			2	11 a 12 %	
			3	6 a 10%	
			4	< 5%	
		<b>Densidad de plantación (A4)</b>	0	< de 250 pl/ha	<b>2</b>
			1	251 a 350 pl/ha	
			2	351 a 450 pl/ha	
			3	451 a 550 pl/ha	
			4	> 551 pl/ha	
<b>Ingreso neto mensual (B)</b>	<b>Ingreso neto/mes (B1)</b>	0	< S/ 649	<b>1</b>	
		1	S/ 650 a 749		
		2	S/ 750 a 849		
		3	S/ 850 a 949		
		4	> S/ 950		
<b>Riesgo económico (C)</b>	<b>Diversificación de la producción (C1)</b>	0	1 producto	<b>1</b>	
		1	2 productos		
		2	3 productos		
		3	4 productos		
		4	> 4 productos		
	<b>Dependencia de insumos externos (C2)</b>	0	81 a 100% externos	<b>1</b>	
		1	61 a 80% externos		
		2	41 a 60% externos		
		3	21 a 40% externos		
		4	0 a 20% externos		
	<b>Número de vías de comercialización (C3)</b>	0	1 vía de comercialización	<b>1</b>	
		1	2 vías de comercialización		
		2	2 a 3 vías de comercialización.		
3		3 a 4 vías de comercialización			
4		> 4 vías de comercialización			

Fuente: Adaptado de Sarandón *et al.* (2006); Sarandón y Flores (2009).

**Cuadro 5:** Subindicadores y variables para evaluar la sustentabilidad ambiental en “fincas tipo” productoras de palto en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua

	<b>Subindicadores</b>	<b>Variables</b>	<b>Valor</b>	<b>Detalle del cultivo</b>	<b>Factor de ponderación</b>	
<b>Dimensión ambiental</b>	Conservación de la vida de suelo (A)	% de la cobertura vegetal (A1)	0	< 25%	1	
			1	25% - 50%		
			2	50% - 75%		
			3	75% -99%		
			4	100%		
		Diversificación de cultivos (A2)	0	Monocultivo	1	
			1	Poca diversificación. Sin asociación.		
			2	Diversificación media		
			3	Alta diversificación		
		Manejo del agua (A3)	Manejo del agua (A3)	0	Riego a gravedad en pozas	2
				1	Riego a gravedad en surcos	
				2	Riego a goteo y surcos	
				3	Riego a goteo en anillo	
				4	Riego a goteo en camellón	
		Riesgo de erosión (B)	% de Pendiente (B1)	0	> 45%	1
	1			31% - 45%		
	2			16% - 30%		
	3			6% - 15%		
	4			0% - 5%		
	Conservación del suelo (B2)		Conservación del suelo (B2)	0	Hileras de plantas paralelas a la pendiente	2
1				Hileras en tres bolillos orientadas a la pendiente.		
2				Barreras muertas		
3				Barreras vivas y muertas		
Manejo de la biodiversidad (C)	Diversificación de la producción (C1)	0	1 cultivo	1		
		1	2 cultivos			
		2	3 cultivos			
		3	4 cultivos			
		4	> 4 cultivos			
	Área de zonas conservación (C2)	Área de zonas conservación (C2)	0	No tiene	1	
			1	0.1 a 0.2 ha		
			2	0.2 a 0.3 ha		
			3	0.3 a 0.4 ha		
		4	> 0.4 ha			

Fuente: Adaptado de Sarandón *et al.* (2006); Sarandón y Flores (2009).

**Cuadro 6:** Subindicadores y variables para evaluar la sustentabilidad sociocultural en “fincas tipo” productoras de palto en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua

	Subindicadores	Variables	Valor	Detalle del cultivo	Factor de ponderación
<b>Dimensión sociocultural</b>	Satisfacción de las necesidades básicas (A)	Vivienda (A1)	0	No posee casa	2
			1	Casa madera y triplay	
			2	Casa caña, barro y adobe	
			3	Casa de adobe	
			4	Casa de ladrillo	
		Acceso a educación (A2)	0	Si acceso	2
			1	Acceso a primaria	
			2	Acceso primaria y secundaria con restricciones	
			3	Acceso a secundaria	
			4	Educación superior y capacitación	
		Acceso a salud y cobertura sanitaria (A3)	0	> a 6 km	2
			1	De 5,1 a 6 km	
			2	De 4,1 a 5 km	
			3	de 1 a 3 km	
			4	< 1 km	
		Servicios básicos (A4)	0	Sin agua y agua	2
			1	Con luz y sin agua	
			2	Con luz y agua entubada	
			3	Con agua y luz	
			4	Con agua, luz y teléfono	
Integración social (B)	Integración social (B1)	0	Nula	1	
		1	Baja		
		2	Media		
		3	Alta		
		4	Muy alta		
Conocimiento tecnológico y conciencia ecológica (C)	Conocimiento tecnológico y conciencia ecológica (C1)	0	Nula	1	
		1	Baja		
		2	Media		
		3	Alta		
		4	Muy alta		

FUENTE: Adaptado de Sarandón *et al.* (2006); Sarandón y Flores (2009).

### 3.3.4 Análisis de Sustentabilidad General

Con los datos de los indicadores económicos (IK), ambientales (IA) y socioculturales (ISC), se calculó el índice de sustentabilidad general (ISG) de las fincas, valorando a las tres dimensiones por igual (**Cuadro 7**), de acuerdo al marco conceptual definido previamente. Asimismo, se definió un valor umbral o mínimo que debía alcanzar el ISG para considerar una finca como sustentable: igual o mayor que el valor medio de la escala, es decir, 2.

Además, se consideró que ninguna de las tres dimensiones debe tener un valor menor a 2 (Sarandón 2006). Finalmente, con los valores obtenidos de los indicadores de la sustentabilidad en las tres dimensiones (económicos, ambientales y socioculturales) y la sustentabilidad general, y con los resultados de la tipificación (agrupamiento de fincas) desarrollado en el objetivo específico 1, se calculó la cantidad (%) de fincas que son sustentables y no sustentables, por cada dimensión, y de la sustentabilidad general.

**Cuadro 7:** Fórmulas para el cálculo de los diferentes índices de sustentabilidad en “fincas tipo” productoras de palto

<b>Indicador</b>	<b>Fórmulas</b>
Sustentabilidad ambiental (IA)	$IA = \frac{(A1 + A2 + 2A3)/4 + (B1 + 2B2)/3 + (C1 + C2)/2}{3}$
Sustentabilidad económica (IK)	$IK = \frac{2((A1 + A2 + A3 + A4)/4) + B + (C1 + C2 + C3)/3}{4}$
Sustentabilidad sociocultural (ISC)	$ISC = \frac{2((A1 + A2 + A3 + A4) /4) + B + C}{4}$
Sustentabilidad general (ISG)	$ISG = \frac{(IK + IA + ISC)}{3}$

### 3.4. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DE PALTO EN “FINCAS TIPO”

El objetivo fue evaluar el comportamiento del cultivo de palto en “fincas tipo” en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua.

#### a. Selección de “fincas tipo”

Para determinar el comportamiento en el cultivo de palto, se seleccionaron aleatoriamente una “finca tipo”, entre 6 y 10 años de edad, por cada grupo de fincas (cinco fincas) (**Cuadro 8**), según los resultados del análisis de conglomerados de la caracterización de las fincas productoras del cultivo de palto en la provincia de Mariscal Nieto, Moquegua (Objetivo específico 1).

**Cuadro 8:** Características de las “fincas tipo” seleccionadas

“Finca Tipo”	Variedad	Lugar	Área (ha)	Densidad (pl/ha)
I	Fuerte	Torata	0.96	250
II	Hass	Ocolla - Los Ángeles	1.00	450
III	Fuerte	Samegua	0.70	180
IV	Hass	San Antonio	0.50	210
V	Fuerte	El Rayo - Los Ángeles	2.00	480

**b. Evaluaciones**

En las fincas seleccionadas, con la autorización del propietario, se marcaron al azar 50 plantas en las que se hizo un seguimiento durante una temporada (un año) para observar el comportamiento del cultivo, y se evaluó lo siguiente:

1. Análisis de suelo para determinar las características físicas y químicas del suelo (% de materia orgánica; densidad aparente; pH; CIC)
2. Evaluación de la presencia de enfermedades, para cual se realizaron cuatro evaluaciones y los resultados se expresan en porcentaje (%)
3. Evaluación del calibre de frutos: Se evaluó el peso de frutos, para la cual se utilizó la Norma Técnica Peruana 011.018.2005 (**Cuadro 9**)
4. Rendimiento de fruto por planta/ha

**Cuadro 9:** Disposición de calibres y peso (g) de una caja de 4 kg netos

Código del calibre	Peso (g)
2	> 1220
4	781 - 1220
6	576 - 780
8	461 - 575
10	366 - 460
12	306 - 365
14	266 - 305
16	236 - 265
18	211 - 235
20	191 - 210
22	171 - 190
24	156 - 170
26	146 - 155
28	136 - 145
30	125 - 135

Fuente: Norma Técnica Peruana 011.018.2005.

### c. **Diseño experimental**

Para el análisis de los resultados del peso de frutos por planta, se utilizó el Diseño Completamente Aleatorio (DCA) con 5 tratamientos (cinco “fincas tipo”) y 10 repeticiones (plantas por finca), cuyo modelo aditivo lineal (MAL) y el análisis de variancia (ANVA) (**Cuadro 10**) fue el siguiente:

#### **Modelo Aditivo Lineal (MAL):**

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Unidad experimental que recibe el tratamiento  $i$  y está en el bloque  $j$

$\mu$  = Es el efecto de la media

$T_i$  = Es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$e_{ij}$  = Es el efecto de la unidad experimental en el  $j$ -ésimo bloque que está sujeto al  $i$ -ésimo tratamiento (error experimental)

**Cuadro 10:** Análisis de variancia (ANVA) para el peso de frutos por planta en las “fincas tipo”

<b>Fuentes de variación (FV)</b>	<b>Grados de libertad (GL)</b>
Tratamientos	4
Error experimental	45
Total	49

Con los datos correspondientes, se realizó el análisis de varianza (ANVA) y para las comparaciones de los promedios de los tratamientos (“fincas tipo”) se utilizó la Prueba de significación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

## **3.5. EFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA Y DEL MULCH ORGÁNICO EN EL CULTIVO DE PALTO**

### **3.5.1. Caracterización de la zona de estudio**

#### **a. Ubicación**

Para la evaluación del efecto de la materia orgánica y del mulch en el cultivo de palto, se realizaron dos ensayos, en un huerto de palto ubicado en el sector de Santa Rosa; km 2, Valle de Moquegua, distrito de Moquegua; siendo las coordenadas geográficas, según SENAMHI, Moquegua, entre: 17° 11' 39" de latitud y 70° 57' 48" de longitud oeste del



meridiano de Greenwich, y la coordenada UTM Datum WGS 84, este 291015.16, norte 8097137.72, y la altitud es de 1210 msnm.

#### b. Características de la finca

La finca denominada “Fundo Yaravico”, de propiedad de la Ing. Hayde Ofelia Cruz Quintanilla tiene un área de 8.47 ha, dentro de la cual se tiene instalado una parcela de palto de un área de 0.8 ha, con la var. Fuerte (**Figura 2**) y con patrón Duke 7, edad de siete años, densidad de plantación de 5x5, bajo riego a gravedad, con una frecuencia de riego de 11 días.



**Figura 2:** Planta y frutos de palto, var. Fuerte

#### c. Clima

El clima es semicálido seco (desértico o árido subtropical), con temperaturas que van desde los 8.99 °C en el mes de agosto hasta los 29.13 °C en el mes de marzo, con un promedio anual de 19.48 °C; asimismo la humedad relativa fue de 64.65 % de promedio durante el año. Con respecto a la precipitación es mínima, solo se presentó en los meses de diciembre a marzo con un promedio anual de 2.00 mm y, con relación a las horas sol por día (heliofanía) se tuvo un promedio anual de 8.81 horas/día (**Anexo 3**).

#### d. Suelo

Para la caracterización fisicoquímica del área de estudio, se tomó una muestra representativa del campo experimental, lo cual resultó tener una clase textural de franco arenoso, suelo moderadamente salino, mediamente pobre en materia orgánica y pH

neutro, principalmente (**Anexo 4**). Fitzpatrick (1996), señala que la mayoría de los suelos contienen 1.6 % de materia orgánica (MO), pero en suelos muy áridos el porcentaje puede bajar a menos de 1 %. Para Gros y Domínguez (1992), el nivel deseable de materia orgánica en suelos arcillosos medios es de 2 %, pudiendo descender a 1.65 % en suelos pesados y un 2.5 % en suelos arenosos.

**e. Agua**

Según el análisis físico químico del agua, la salinidad es baja, con un pH de 6.88 siendo neutro (normal) y una CE de 0.57 dS/m, y el contenido de sodio es bajo (**Anexo 5**).

**3.5.2. Evaluación del efecto de la materia orgánica en el cultivo de palto**

El objetivo fue evaluar el efecto de la materia orgánica en el cultivo de palto variedad Fuerte en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua.

**a. Campo experimental**

Se estudiaron tres (3) tratamientos de aplicación de materia orgánica: estiércol estabilizado de vacuno a dosis alta (30 t/ha) y baja (10 t/ha), más un testigo (0 t/ha) (**Cuadros 11 y 12**).

**Cuadro 11:** Tratamientos utilizados en el ensayo de aplicación de estiércol en el cultivo de palto, variedad Fuerte

N°	Tratamiento	Tipo de enmienda
1	T0	Testigo (0 t/ha)
2	T1	Estiércol dosis baja (10 t/ha)
3	T2	Estiércol dosis alta (30 t/ha)

**b. Diseño experimental**

En el ensayo se utilizó el Diseño de Bloques Completos Aleatorios - DBCA, con tres repeticiones; debido a que según Calzada (1964), recomienda 2 o 3 repeticiones cuando el terreno presenta poca variabilidad, cuyo modelo aditivo lineal - MAL y el análisis de variancia - ANVA (**Cuadro 13**) fue el siguiente:

**Modelo Aditivo Lineal (MAL):**

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Unidad experimental que recibe el tratamiento  $i$  y está en el bloque  $j$

$\mu$  = Es el efecto de la media

$T_i$  = Es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$B_j$  = Es el efecto del  $j$ -ésimo bloque

$e_{ij}$  = Es el efecto de la unidad experimental en el  $j$ -ésimo bloque que está sujeto al  $i$ -

ésimo tratamiento (error experimental)

**Cuadro 12:** Características del campo experimental del cultivo de palto, variedad Fuerte, en el ensayo de aplicación de MO

	<b>Descripción</b>	<b>Medida</b>
Parcela o unidad experimental	Número de plantas	9
	Número de filas	3
	Distanciamiento entre plantas	5 x 5
	Área total de parcela	225 m <sup>2</sup>
Bloque	Número de bloques	3
	Número de tratamientos por bloque	3
	Número de plantas por bloque	27
	Área total del bloque	675 m <sup>2</sup>
Área experimental	Área total experimental	2,025 m <sup>2</sup>
	Número total de plantas	81

**Cuadro 13:** Análisis de variancia (ANVA) para el ensayo de aplicación de MO

<b>Fuentes de variación (FV)</b>	<b>Grados de libertad (GL)</b>
Tratamientos	2
Bloques	2
Error experimental	4
Total	8

### c. Preparación del estiércol

Las características del estiércol fresco seco de vacuno, se presentan en el **Cuadro 14**, su descomposición duró dos meses (**Cuadro 15 y Anexo 6**), para ello, fue colocado en forma de hilera a una altura aproximada de un metro, bajo la sombra de árboles, luego fue humedecido en forma homogénea, para posteriormente hacer el volteado, con ayuda de una lampa, cada 15 días, manteniendo la humedad correspondiente (**Figura 3**).

**Cuadro 14:** Composición fisicoquímica del estiércol seco de vacuno

MO	Hd	pH	CE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na
%	%	(1:1)	dS/m	%	%	%	%	%	%
58.78	15.79	9.47	35.5	1.78	1.36	3.96	4.8	1.72	0.56

MO: Materia orgánica, Hd: Humedad, CE: Conductividad eléctrica

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF) de la UNALM (2020).

**Cuadro 15:** Composición fisicoquímica del estiércol estabilizado de vacuno

MO	Hd	pH	CE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na
%	%	(1:1)	dS/m	%	%	%	%	%	%
54.42	63.44	8.15	8.99	2.39	1.88	2.6	5.82	1.5	0.27

MO: Materia orgánica, Hd: Humedad, CE: Conductividad eléctrica

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF) de la UNALM (2020).



**Figura 3:** Preparación del estiércol de vacuno

#### **d. Aplicación del estiércol**

Primeramente, se abrió un hoyo en forma circular a la altura de la copa de cada árbol, a una profundidad de aproximadamente de 10 a 15 cm. Posteriormente, se aplicó el estiércol descompuesto, según los tratamientos establecidos, para finalmente cubrir (enterrar el hoyo) (**Figura 4 y Anexo 7**).



**Figura 4:** Aplicación de estiércol en el cultivo de palto

#### **e. Manejo agronómico del ensayo**

El manejo agronómico del ensayo estuvo a cargo del dueño(a) de la finca, con riegos a gravedad cada 11 días, control de malezas manual, fertilización y control fitosanitario.

#### **f. Evaluaciones**

Para las evaluaciones de las variables se tomaron cinco árboles de la parte central de cada parcela. Las muestras de suelo de cada tratamiento fueron tomadas al final del ensayo y fueron extraídas a una profundidad de aproximadamente 30 cm, a una distancia no menor de 50 cm del tronco y dentro del ámbito de influencia de la copa de los árboles. El ensayo tuvo una duración de 15 meses y se evaluó las siguientes variables:

1. Características físicas y químicas del suelo (% de materia orgánica; densidad aparente; pH; CIC).

2. Aspecto de planta (características externas de la planta)
3. Calibre de frutos: Se evaluó el peso de frutos, para la cual se utilizó la Norma Técnica Peruana 011.018.2005 (Cuadro 9); y el número de frutos por planta
4. Rendimiento (kg) de fruto por planta y hectárea

Con los datos correspondientes se realizaron los ANVA de cada variable, y cuando resultó significativo el ANVA, se realizaron las comparaciones de los promedios de los tratamientos utilizando la Prueba de significación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

### 3.5.3. Evaluación del efecto de la aplicación de mulch orgánico en el cultivo de palto

Se tuvo como objetivo evaluar el efecto del mulch orgánico en el cultivo de palto variedad Fuerte en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua

#### a. Campo experimental

Se estudiaron cuatro (4) tratamientos de aplicación de mulch de alfalfa, avena, pasto elefante más un testigo (**Cuadros 16 y 17**).

**Cuadro 16:** Tratamientos utilizados en el ensayo de aplicación de mulch en el cultivo de palto, variedad Fuerte

N°	Tratamiento	Tipo de enmienda
1	T0	Testigo (sin mulch)
2	T1	Alfalfa + estiércol (12 t/ha : 10 t/ha)
3	T2	Avena + estiércol (12 t/ha : 10 t/ha)
4	T3	Pasto elefante + estiércol (12 t/ha : 10 t/ha)

**Cuadro 17:** Características del campo experimental del cultivo de palto, variedad Fuerte, en el ensayo de aplicación de mulch

Descripción		Medida
Parcela o unidad experimental	Número de plantas	6
	Número de filas	2
	Distanciamiento entre plantas	5 x 5
	Área total de parcela	150 m <sup>2</sup>
Bloque	Número de bloques	3
	Número de tratamientos por bloque	4
	Número de plantas por bloque	24
	Área total del bloque	600 m <sup>2</sup>
Área experimental	Área total experimental	1800 m <sup>2</sup>
	Número total de plantas	72

**b. El mulch**

Alfalfa (*Medicago sativa* L.), avena (*Avena sativa* L.) y pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). Se utilizaron en estado seco (**Figura 5**), cuyas características se presentan en el **Cuadro 18** y **Anexo 8**.

**Cuadro 18:** Composición química de la materia seca de alfalfa, avena y pasto elefante

Especie	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Zn	Cu	Mn	Fe	B
	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Alfalfa	2.35	0.10	1.99	1.82	0.19	0.30	0.11	28.00	5.00	230.00	1010.00	127.00
Avena	2.04	0.10	1.91	0.28	0.11	0.20	0.54	22.00	2.00	260.00	477.00	29.00
P. elefante	1.90	0.25	2.47	0.30	0.09	0.13	0.06	21.00	3.00	372.00	1674.00	18.00

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF) de la UNALM (2020).





**Figura 5:** Avena (A), alfalfa (B) y pasto elefante (C), en estado seco

**Estiércol.** Las características del estiércol fresco seco de vacuno, se presentaron en el Cuadro 14, su descomposición duró 2 meses (Cuadro 15 y Anexo 6). Para ello, fue colocada en forma de hilera a una altura aproximada de un metro, bajo la sombra de árboles, luego fue humedecido en forma homogénea, para posteriormente hacer el volteado, con ayuda de una lampa, cada 15 días, manteniendo la humedad correspondiente (Figura 5).

**c. Aplicación del mulch con el estiércol**

Primeramente, alrededor del tronco hasta la altura de la copa del árbol, se procedió a rociar el estiércol de vacuno (10 t/ha); luego sobre el estiércol de vacuno se extendió el mulch (12 t/ha) de la avena, alfalfa y de pasto elefante, en una capa de aproximadamente de 5-10 cm de espesor (**Figura 6 y Anexo 9**).



**Figura 6:** Aplicación del mulch de avena (A), alfalfa (B) y pasto elefante (C), en el cultivo de palto



**d. Manejo agronómico del ensayo**

Previo al inicio del ensayo, se eliminó manualmente con ayuda de una lampa, las malezas presentes; asimismo, el abono, manejo fitosanitario y el riego se realizaron en dosis iguales para todos los tratamientos conforme a las necesidades del cultivo y estuvo a cargo del dueño(a) de la finca.

**e. Evaluaciones**

Para las evaluaciones de las variables se tomaron cuatro árboles de la parte central de cada parcela. Las muestras de suelo de cada tratamiento fueron tomadas al final del ensayo y fueron extraídas a una profundidad de aproximadamente 30 cm, a una distancia no menor de 50 cm del tronco y dentro del ámbito de influencia de la copa de los árboles. Asimismo, se realizaron tres evaluaciones para las malezas, dentro del ámbito de influencia de la copa de los árboles, con una frecuencia de seis meses contados desde el inicio del ensayo. El ensayo tuvo una duración de 20 meses y se evaluó las siguientes variables:

1. Características físicas y químicas del suelo (% de materia orgánica; densidad aparente; pH; CIC).
2. Presencia de malezas: Se determinó el número de malezas en un cuadrante de un metro cuadrado
3. Calibre de frutos: Se evaluó el peso de frutos, para la cual se utilizó la Norma Técnica Peruana 011.018.2005 (Cuadro 9); y el número de frutos por planta
4. Rendimiento (kg) por planta y hectárea

**f. Diseño experimental**

En el ensayo se utilizó el Diseño de Bloques Completos Aleatorios - DBCA, con tres repeticiones; debido a que según Calzada (1964) recomienda 2 o 3 repeticiones cuando el terreno presenta poca variabilidad, cuyo modelo aditivo lineal - MAL y el análisis de variancia - ANVA (**Cuadro 19**) fue el siguiente:

**Modelo Aditivo Lineal (MAL):**

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Unidad experimental que recibe el tratamiento  $i$  y está en el bloque  $j$ .

$\mu$  = Es el efecto de la media.

$T_i$  = Es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$B_j$  = Es el efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$e_{ij}$  = Es el efecto de la unidad experimental en el  $j$ -ésimo bloque que está sujeto al  $i$ -ésimo tratamiento (error experimental).

**Cuadro 19:** Análisis de variancia (ANVA) para el ensayo de aplicación del mulch

<b>Fuentes de variación (FV)</b>	<b>Grados de libertad (GL)</b>
Tratamientos	3
Bloques	2
Error experimental	6
Total	11

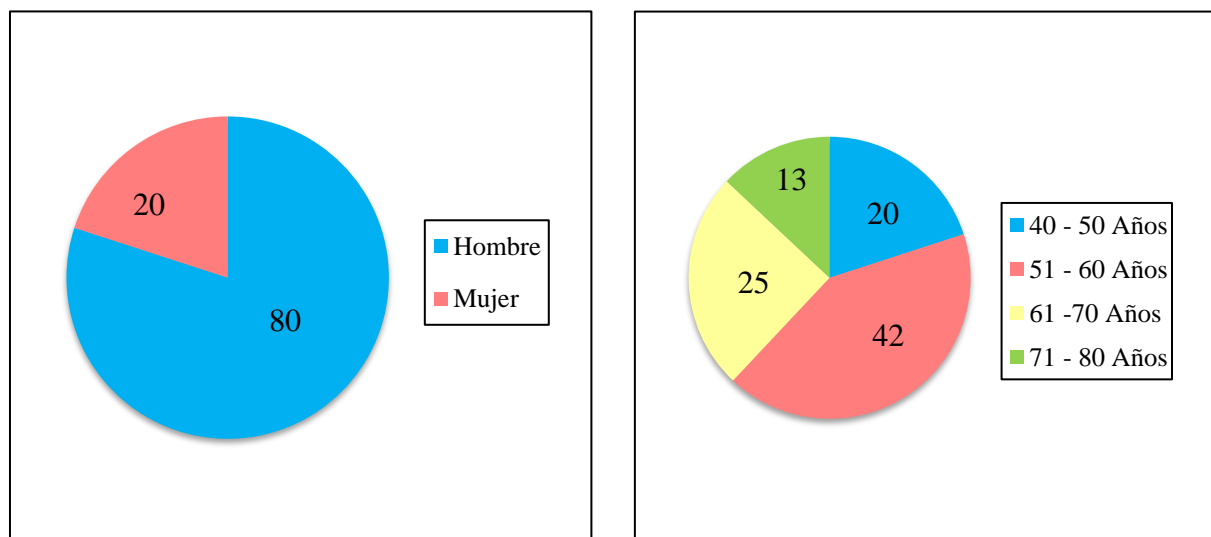
Asimismo, cuando resultó significativo el ANVA, se realizó las comparaciones de los promedios de los tratamientos utilizando la Prueba de significación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y de esta forma se determinó el orden de mérito, entre los tratamientos estudiados.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CARACTERIZACIÓN DE FINCAS PRODUCTORAS DEL CULTIVO DE PALTO

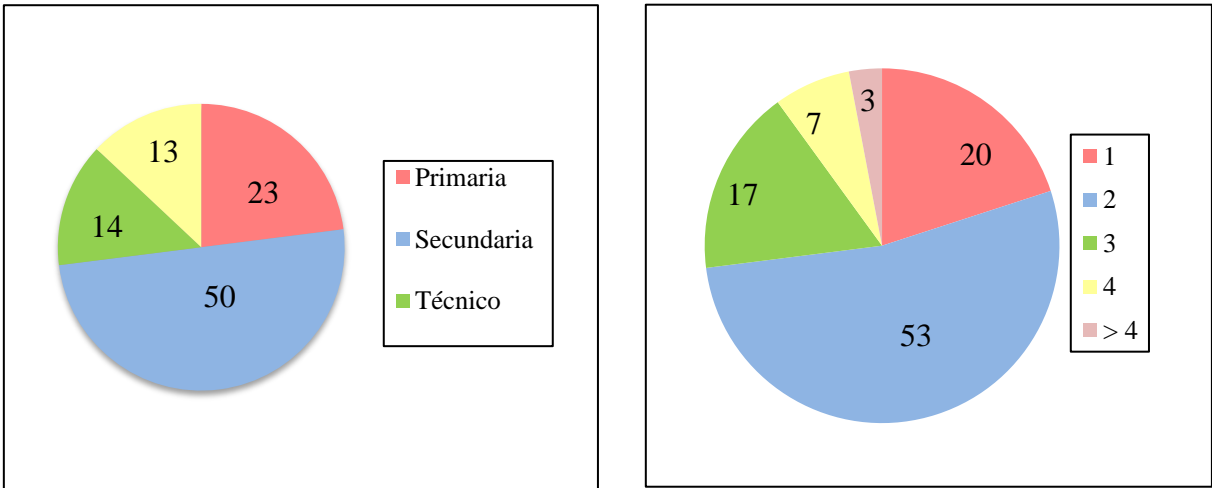
#### 4.1.1. Características del productor

La **Figura 7**, muestra que la persona responsable de la finca es mayormente del sexo masculino (80 %), la misma que, mayormente tiene una edad comprendida entre los 40 a 60 años (62 %), seguido de un grupo cuya edad está entre los 61 y 70 años (25 %) y se completa con los agricultores que tienen entre 71 y 80 años (13 %).



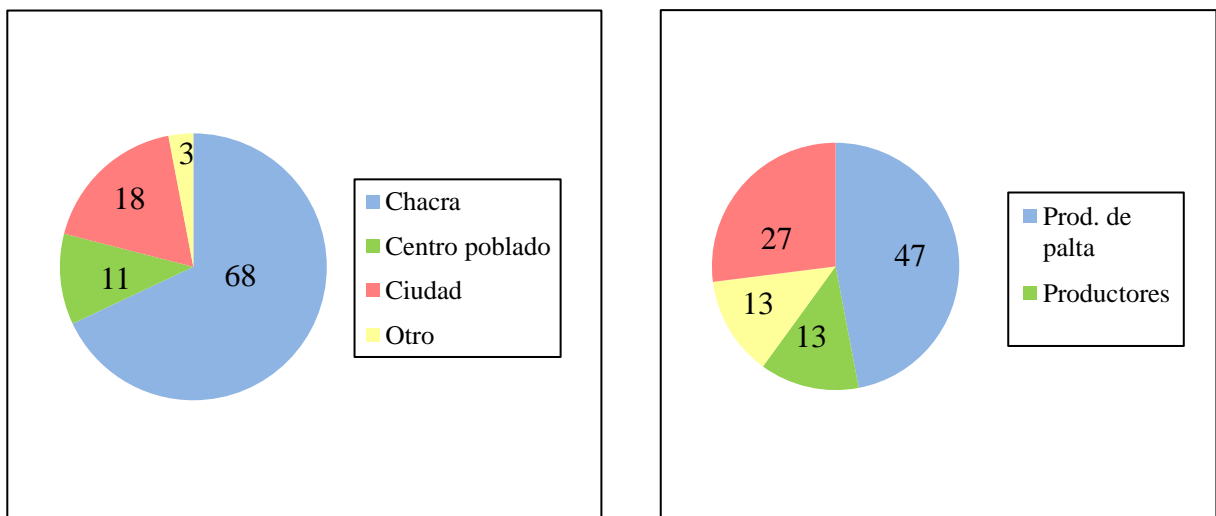
**Figura 7:** Sexo (lado izquierdo) y edad de los productores del cultivo de palto en Moquegua (lado derecho). Los datos están en porcentajes

El nivel de instrucción de los productores es muy variado; la mitad (50 %) tienen educación secundaria, seguido de educación primaria (23 %) y hay un grupo importante con estudios superiores que van desde el nivel técnico hasta el universitario (27 %). En cuanto a las personas que viven en el hogar, hay un predominio (53 %) de dos integrantes, mayormente los esposos; con uno (20 %); con tres (17 %), siendo el tercero o más integrantes menores de edad o personal de apoyo en las labores agrícolas; con cuatro integrantes (7 %), y más de cuatro (3 %) (**Figura 8**).



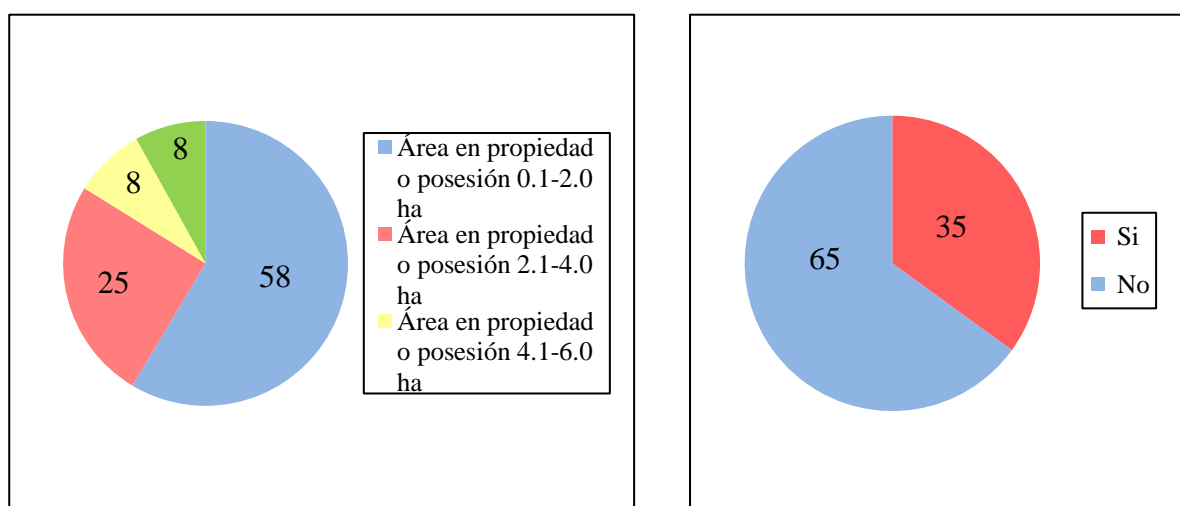
**Figura 8:** Nivel de instrucción (lado izquierdo) y personas que viven en el hogar de los productores del cultivo de palto (lado derecho). Los datos están en porcentajes

En cuanto al lugar de residencia, es mayormente en la finca (68 %), luego un segundo grupo (18 %) reside en la ciudad, un tercer grupo en centros poblados (11 %) y finalmente un pequeño grupo (3 %) en otros lugares. El tipo organización al cual pertenecen los productores de palta es diverso, destacando en primer lugar la organización de palteros (47 %), luego se tiene (27 %) de productores que no pertenecen o no están organizados, en tercer lugar (13%) pertenecen a organización de productores múltiples y finalmente (13 %) pertenecen a otras organizaciones (**Figura 9**).



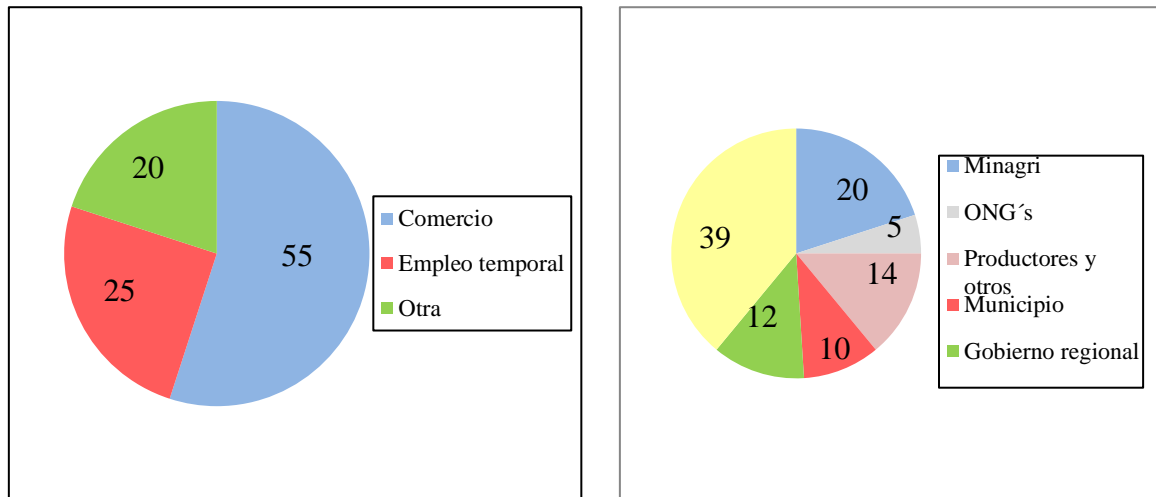
**Figura 9:** Lugar de residencia (lado izquierdo) y tipo organización al cual pertenecen los productores (lado derecho). Los datos están en porcentajes

En lo referente al tamaño de la posesión de las tierras agrícolas, mayormente (58 %) tienen en posesión entre 0.1 y 2.0 ha, en segundo lugar (25 %) entre 2.1 y 4.0 ha, un tercer grupo (8 %) y un reducido grupo (8 %) entre 4.1 y 6.0 ha. Según el CENAGRO (2012), entre el año 1994 y el 2012 hubo un incremento del tamaño de la unidad agropecuaria en Moquegua de 0.1 a 5.0 ha, incrementándose del 81.6 al 91.2 %, respectivamente. También, hay un predominio de la actividad económica, donde (65 %) se dedican exclusivamente a la actividad agropecuaria y (35 %) tienen además de la actividad agropecuaria, otra actividad económica (**Figura 10**).



**Figura 10:** Tamaño de la posesión (lado izquierdo) y actividad económica (lado derecho). Los datos están en porcentajes

Dentro de las otras actividades económicas que se dedican los productores, mayormente es el comercio (55 %), seguidamente (25 %) en empleos eventuales y en último lugar (20 %) se dedican a otras actividades. Además, los ingresos mensuales que perciben los productores son principalmente de la agricultura (82 %), en segundo lugar, se tiene la actividad comercial (11 %), seguidamente la crianza de animales (4 %) y un (3 %) de otras actividades. Con relación a capacitación, un 61% indicó que, si recibió, la misma que provino del MINAGRI (20 %), de los propios productores y otros (14 %), del Gobierno Regional (12 %), del municipio (10 %), y de los Organismos Nacionales No Gubernamentales (ONG) (5 %). Un 39 % de productores, mencionó que no recibió ninguna capacitación (**Figura 11**).



**Figura 11:** Otras actividades económicas que se dedican (lado izquierdo) y capacitación recibida (lado derecho). Los datos están en porcentajes

Los temas en los que los productores recibieron capacitación, siendo mayormente en manejo de plagas y enfermedades (34 %), en segundo lugar (24 %) en fertilización, en tercer lugar (18 %) en comercio, en cuarto lugar (13 %) en cosecha y poscosecha y finalmente (11 %) en abonos orgánicos, almácigos y otros, respectivamente. Asimismo, en lo referente a los temas en que los agricultores desearían ser capacitados, es coincidente en promedio con los temas de capacitación recibidos.

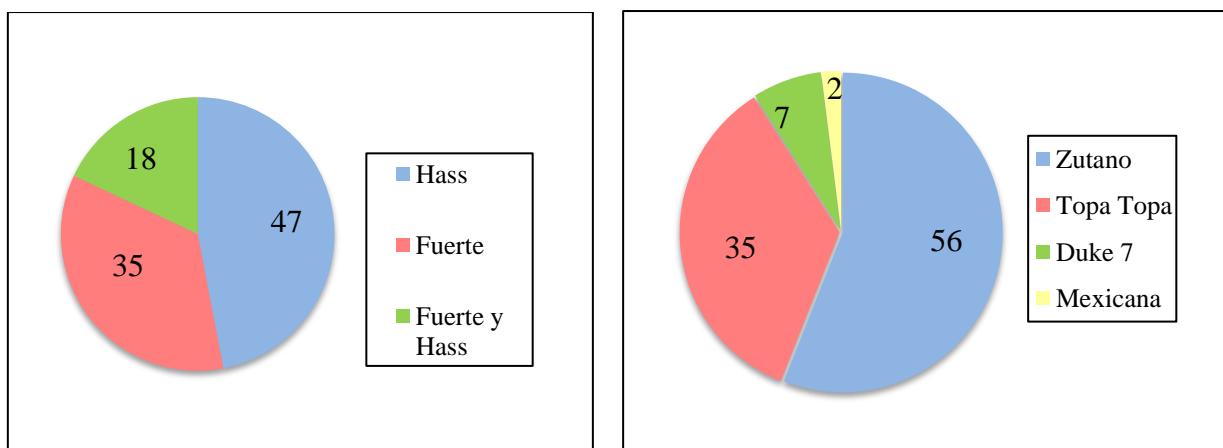
Collantes y Rodríguez (2015), en una investigación sobre la sustentabilidad de los agroecosistemas de palto y mandarina en el valle de Cañete (Lima), encontraron que el 87.5 % de agricultores son del género masculino, tiene nivel de instrucción mayormente técnico, el número de personas por vivienda tuvo una moda de cuatro, el 8 % son pequeños agricultores y el 42 % son agricultores medianos (21-50 ha); como ingresos alternativos determinaron que el 4 % de los agricultores participan en el comercio y 10 % desarrollan otras actividades; sobre los cultivos, la mayoría de fincas tienen como cultivo principal el mandarino seguido del palto.

Apaza *et al.* (2019), en la evaluación de la sustentabilidad de los fundos productores de palto y espárrago en la irrigación Chavimochic (La Libertad), observaron que el área total de palto es de 8 615 ha, la cual principalmente está concentrada en siete empresas que tienen cerca del 70 % de área del cultivo de palto. La mayoría de empresas pequeñas y medianas han ido desapareciendo con el tiempo. El género con mayor participación es el género masculino

con 61 %. En los fundos el 39 % del personal empleado es de género femenino. Las edades predominantes están entre 26 a 40 años para ambos géneros, mostrando una alta población relativamente joven. Las familias de los trabajadores de los fundos en un 44 % está integrado por 3 a 4 miembros seguida de un 34 % que tienen entre 1 a 2 miembros. El nivel académico de los gerentes y jefes de fundo es 67 % con maestría y 33 % son ingenieros. El nivel de los jefes de parcela, el 50 % son técnicos y 34 % poseen algún título profesional. El nivel de trabajadores especializados el 61 % es técnico y en el nivel de obreros, el 71 % tiene secundaria completa.

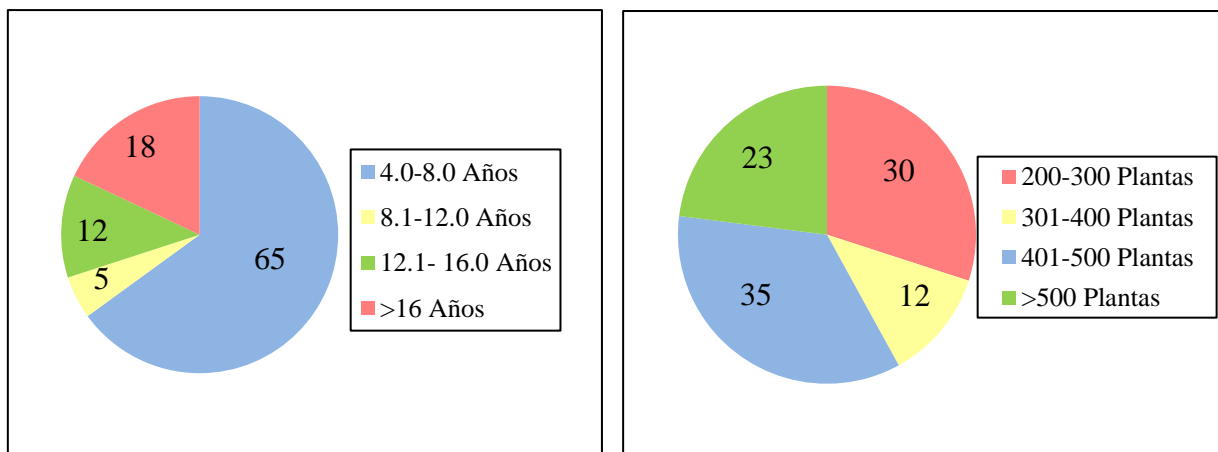
#### 4.1.2. Características de la finca

Según se muestra en la **Figura 12**, en la provincia Mariscal Nieto, la variedad de palto que se cultiva mayormente es Hass (47 %), le sigue Fuerte (35 %), y ambas variedades (16 %). En cuanto a los porta injertos (patrones), la variedad Zutano es la más utilizada (56 %), seguida de Topa Topa (35 %), Duke7 (7 %) y la Mexicana (2 %).



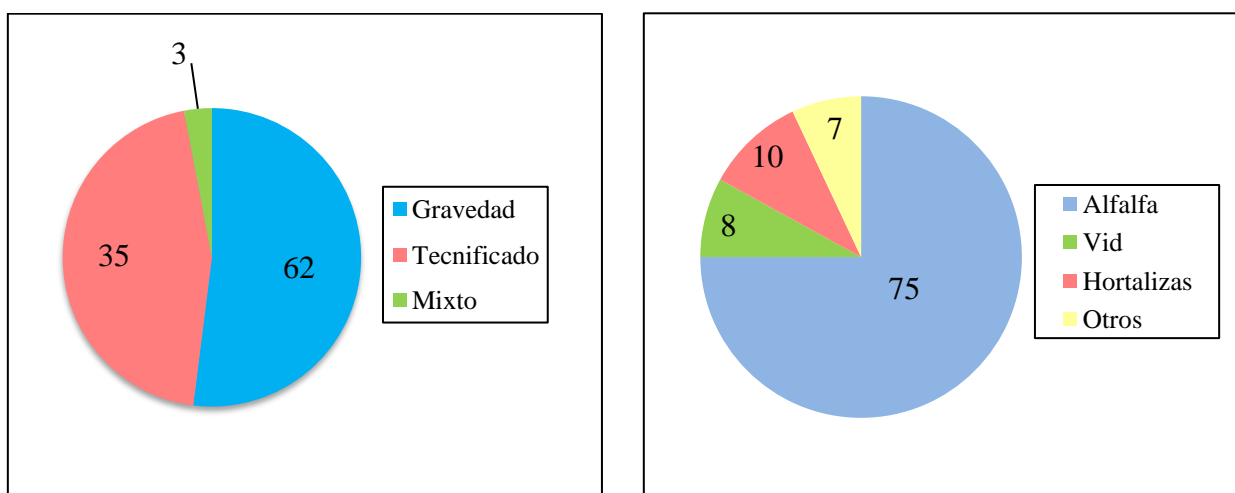
**Figura 12:** Variedad de palto (lado izquierdo) y porta injerto utilizado (lado derecho). Los datos están en porcentajes

La edad de las plantaciones, fluctúa mayormente entre 4 y 8 años (65 %), seguida de las mayores a 16 años (18 %), otro grupo entre 12 y 16 años (12 %) y finalmente las que tienen, entre 8.1 y 12 años (5 %). La densidad de plantación (N° plantas/ha) es variable, la mayor parte usa una densidad de entre 401 y 500 plantas/ha (35 %), otro grupo tiene entre 200 a 300 plantas/ha (30 %), seguido de los que tiene más de 500 plantas/ha (23 %) y los que tienen una densidad entre 301 a 400 plantas/ha (12 %) (**Figura 13**).



**Figura 13:** Edad de plantación (lado izquierdo) y densidad utilizada (lado derecho). Los datos están en porcentajes

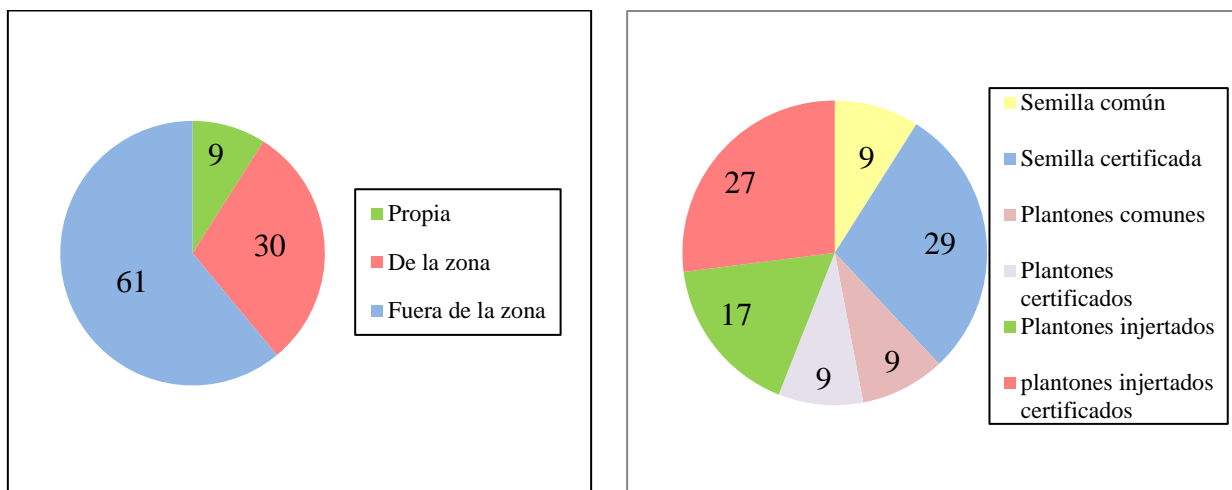
En cuanto al manejo del agua de riego, el 62 % de los productores de palto riega por gravedad, un 35 % utiliza riego tecnificado y solo un pequeño grupo (3 %) utiliza ambos sistemas de riego. Según CENAGRO (2012) en Moquegua el 94.9 % de productores utiliza riego a gravedad y solo un 5.1 % utiliza riego tecnificado, destacando mayormente el riego por goteo. Dentro de otros cultivos, destacan la alfalfa (75 %), seguida de las hortalizas (10 %), la vid (8 %) y otros cultivos (7 %). Según la GRA (2019) el 67.2 % de el área cosechada en el departamento de Moquegua fue del cultivo de alfalfa (**Figura 14**).



**Figura 14:** Manejo del agua de riego (lado izquierdo) y otros cultivos (lado derecho). Los datos están en porcentajes

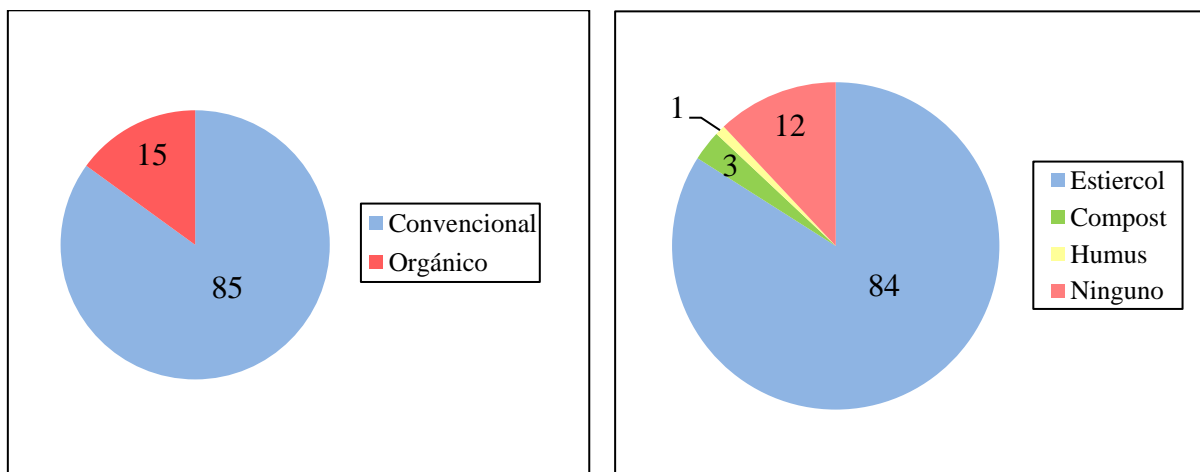


La semilla o plántones que utilizan (61 %) se trae de otros lugares, aunque también de la misma zona (30 %), hay un grupo pequeño que utiliza su propia semilla o plántones (9 %). Del material de siembra, que utiliza para el desarrollo de sus cultivos el 27 % son plántones injertados certificados, el 17 % plántones injertados comunes, el 9 % plántones certificados (patrones) y el 9 % plántones comunes (patrones). En cuanto a la semilla, el 29% utiliza semilla certificada y el 9 % semilla común (**Figura 15**).



**Figura 15:** Origen de semilla o plántones utilizados (lado izquierdo) y material de siembra (lado derecho). Los datos están en porcentajes

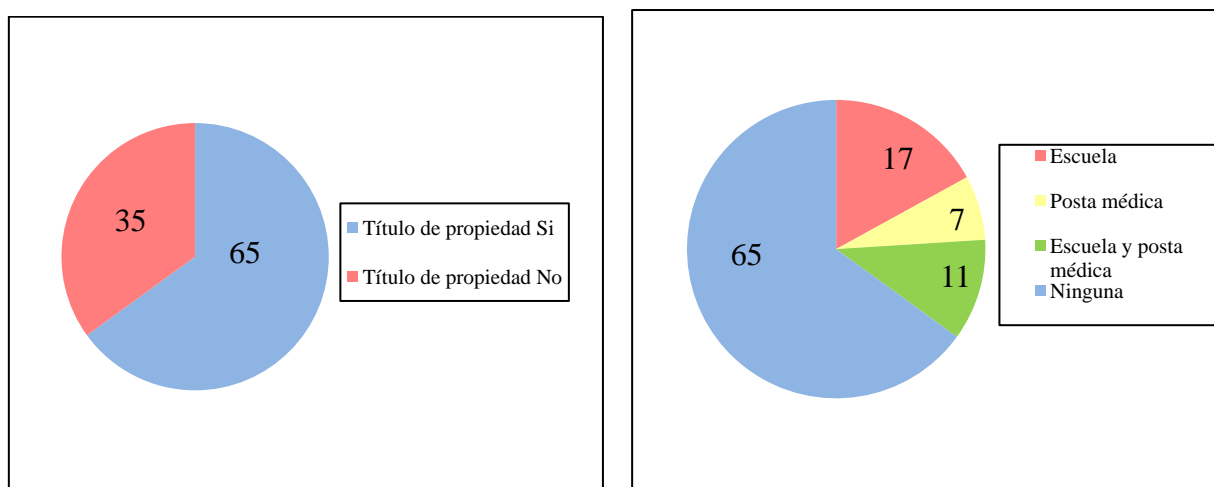
En lo referente al tipo de agricultura que desarrollan los productores, es mayormente convencional (85 %) y tan solo 15 % es del tipo orgánico o ecológico. De los insumos de tipo orgánico que aplican destaca el estiércol (84 %), no aplica ningún insumo orgánico (12 %) y utilizan compost y humus (4 %), respectivamente (**Figura 16**).



**Figura 16:** Tipo de agricultura (lado izquierdo) e insumos orgánicos utilizados (lado derecho). Los datos están en porcentajes

El CENAGRO (2012), indica que en el departamento de Moquegua el 79.9 % de productores aplica guano, estiércol u otro abono orgánico y un 20.1 % no aplica.

Con relación a la propiedad de la tierra el 65 % tiene título de propiedad debidamente registrado en la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos - SUNARP y el 35 % no tiene título de propiedad. En cuanto a servicios básicos de escuela y posta médica, la mayoría (65 %) no cuenta con ningún servicio en la zona, el 17 % tiene servicio de escuela pública, el 7 % cuenta con posta médica y el 11 % con servicios de escuela y posta médica. Asimismo, el 65 % tiene servicio de agua potable y luz; sin embargo, el 10 % tiene sólo luz, el 9 % agua potable y 16 % no tiene servicio de agua potable ni luz (**Figura 17**). En cuanto a vías de comunicación todos tienen vías y servicios de acceso hacia la ciudad, el 91 % tiene telefonía y tan sólo el 9 % no tiene telefonía.



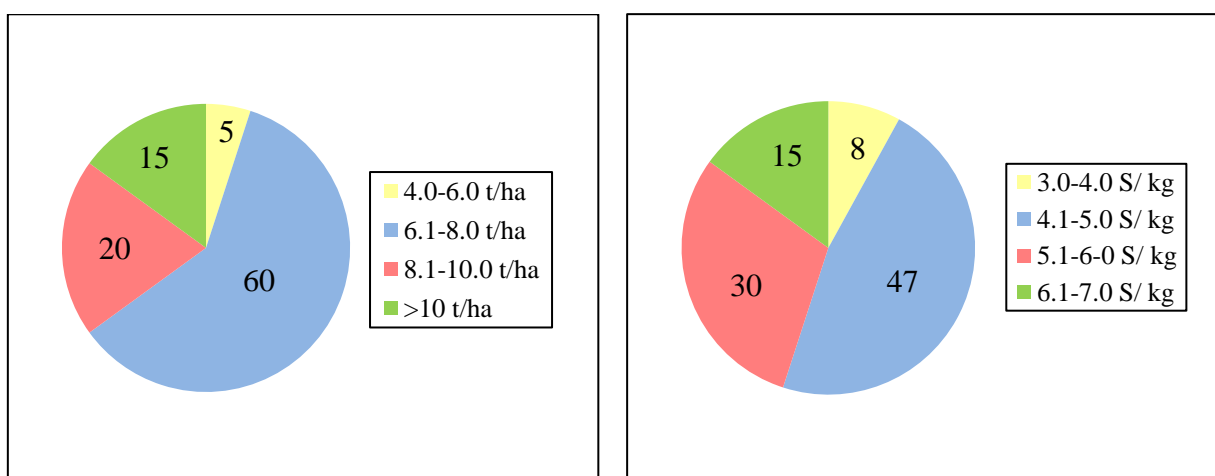
**Figura 17:** Propiedad de la tierra (lado izquierdo) y servicios básicos (lado derecho). Los datos están en porcentajes

Collantes y Rodríguez (2015), en una investigación sobre la sustentabilidad de los agroecosistemas de palto y mandarina en el valle de Cañete (Lima), determinaron que la mayoría cuenta con todos los servicios básicos y el 91.67 % de las fincas están tituladas. Gran parte de las plantaciones de palto están en proceso de instalación y renovación, por ser un cultivo sensible a suelos salinos, los rendimientos son limitados en casos de no contar con patrones tolerantes a sales como Zutano, predomina el monocultivo (58 %) y el manejo convencional con Buenas Prácticas Agrícolas (95.83 %). En lo referido al riego, el 79 % utilizan riego por gravedad, 11 % riego por goteo y 10 % riego por micro aspersión.

Apaza *et al.* (2019), en la evaluación de la sustentabilidad de los fundos productores de palto y espárrago en la irrigación Chavimochic (La Libertad), observaron que todos tienen acceso a la salud, con servicios de salud del seguro social. En lo que respecta a servicios, en el lugar donde viven el 75 % de trabajadores cuenta con agua, luz y desagüe. El palto (38 %), arándanos (20.2 %) y el espárrago blanco (16.4 %) son los tres principales cultivos. El área cultivada total se ha incrementado hasta llegar a 22 599 ha y el 100 % es cultivada con riego presurizado y dedicado a cultivos de exportación. El cultivo del palto ha crecido principalmente con la variedad Hass y las empresas han sustituido el espárrago por palto y recientemente arándanos.

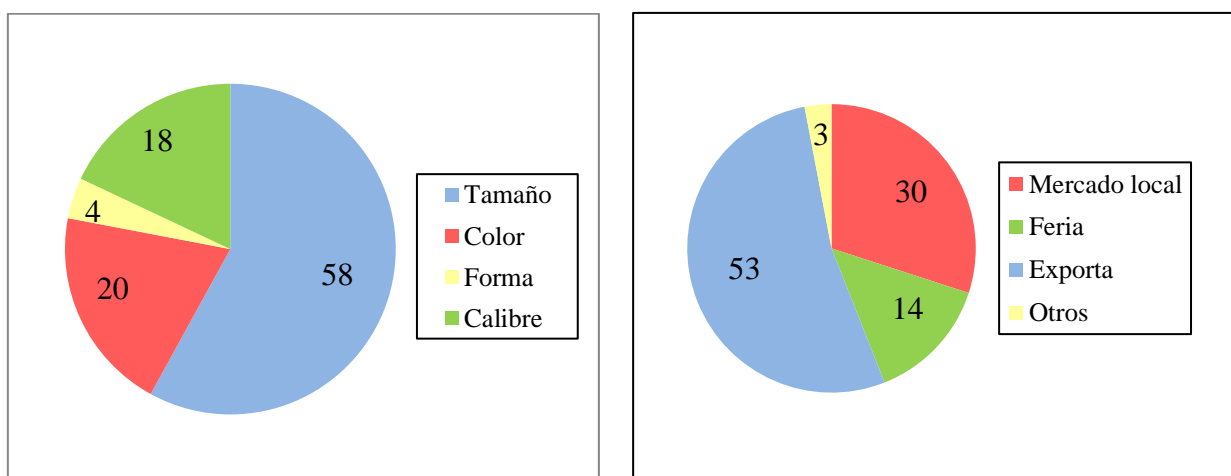
#### 4.1.3. Características de la producción

Según la **Figura 18**, el rendimiento promedio del cultivo de palto, mayormente está entre 6.1 a 8.0 t/ha (60 %), un segundo grupo produce entre 8.1 a 10 t/ha (20 %), un tercer grupo produce más de 10 t/ha (15 %) y el grupo más pequeño produce entre 4.0 a 6.0 t/ha (5 %). Según el Gerencia Regional de Agricultura Moquegua (2019), el departamento de Moquegua tiene un rendimiento promedio de palta de 6 505 kg/ha. El precio más alto (S/ 6.1 a 7.0/kg) lo alcanza un grupo de productores (15 %), en el otro extremo está el 8 % que vendió entre S/ 3.0 a 4.0/kg, lo siguen los que vendieron S/ 5.1 a 6.0/kg (30 %) y S/ 4.1 a 5.0/kg (47 %). El precio en la ciudad de Moquegua de la palta Fuerte, fue de S/ 5.07 /kg (MIDAGRI 2021).



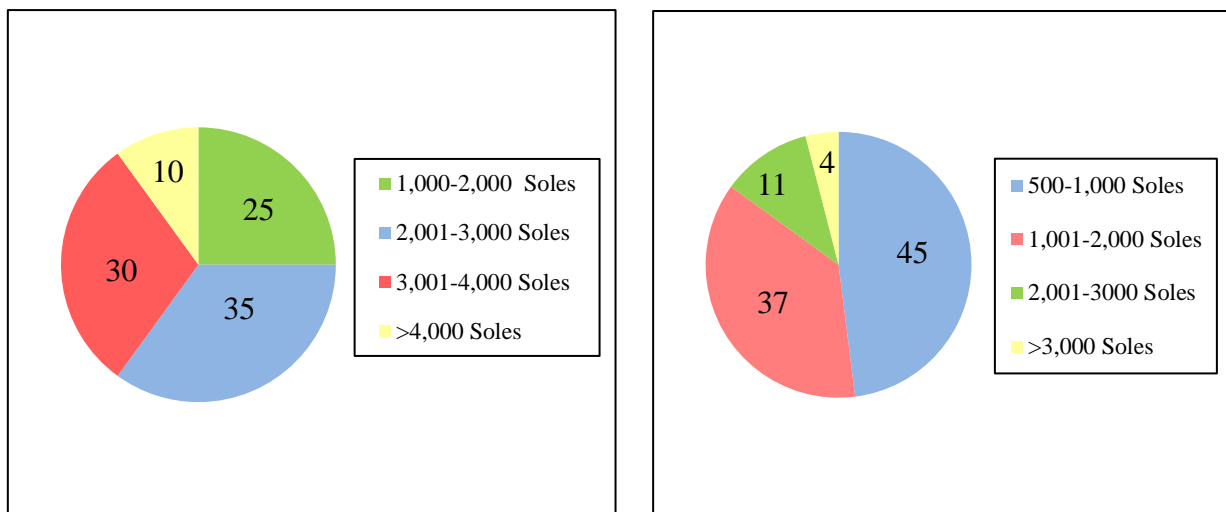
**Figura 18:** Rendimiento del cultivo (lado izquierdo) y precios (lado derecho). Los datos están en porcentajes

La calidad del fruto para su comercialización es por el tamaño (58 %), por el color (20 %), calibre (18 %) y por la forma (4 %). Los lugares donde se realiza la comercialización son variados, no existe un sistema de comercialización establecido y falta mecanismos de organización para negociar con los compradores. La mayor parte (53 %) lo exporta a través de intermediarios o acopiadores y en la finca, un grupo lo vende al mercado local (30 %), el 14 % lo comercializa directamente en las ferias y un reducido grupo (3 %) bajo otras modalidades (**Figura 19**).



**Figura 19:** Calidad de fruto para comercialización (lado izquierdo) y destino de la producción (lado derecho). Los datos están en porcentajes

La inversión anual de los productores en el cultivo del palto es muy variada, el 10 % invierte más de S/ 4 000/ha, al otro extremo (25 %) invierte S/ 1 000 a 2 000/ha, un 35 % invierte S/ 2 001 a 3 000/ha y el 30 % invierte S/ 3 001 a 4 000/ha. La inversión es orientada mayormente al manejo del riego, control de malezas y cosecha. El ingreso mensual de los productores en Moquegua esta mayormente entre los S/ 500 a 1 000 (45 %), el segundo grupo es de S/ 1,001 a 2 000 (37 %), les sigue aquellos que tienen ingresos de S/ 2 001 a 3 000 (11 %) y hay un grupo (4 %) que tiene ingresos mayores a S/ 3 000 (**Figura 20**).

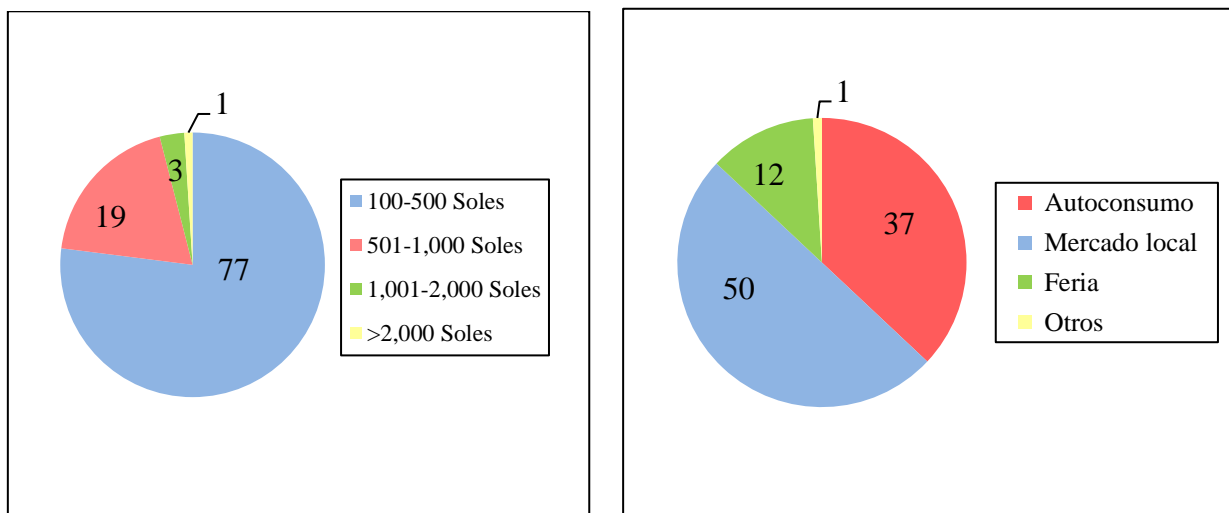


**Figura 20:** Inversión anual en el cultivo (lado izquierdo) e ingreso mensual (lado derecho).  
Los datos están en porcentajes

El ingreso mensual por crianza de animales es mayoritariamente bajo (77 %) entre S/ 100 a 500, en segundo lugar, hay un grupo (19 %) que tiene ingresos entre S/ 501 a 1 000, otro grupo minoritario (3 %) con ingresos S/ 1 001 y 2 000 y finalmente un grupo muy pequeño (1 %) con ingresos mayor a 2 000 soles. La crianza de animales está destinada mayormente a la venta en el mercado local (50 %), para autoconsumo (37 %), la comercialización en ferias (12 %) y otros (1 %). Según el MINAGRI (2016), en el Perú más del 40 % del Valor Bruto de la Producción (VBP) no tiene al mercado como destino, un porcentaje muy alto de la producción es destinado al autoconsumo, sobre todos en las pequeñas chacras del interior del país. Asimismo, la GRA (2019) refiere que la crianza de animales mayormente esta orientada a vacunos, cuyes, aves ovinos y porcinos. Los ingresos por la crianza de animales es mayormente por la producción de leche que en promedio se tiene 29 594 unidades y bajo ordeño 5 295 unidades, con un producción de leche 7.93 kg/día a un precio promedio de S/ 1.49/kg (**Figura 21**).

Collantes y Rodríguez (2015), en una investigación sobre sustentabilidad de los agroecosistemas de palto y mandarina en el valle de Cañete (Lima), determinaron que el costo de producción para el cultivo principal varió entre S/ 7 000/ha y S/ 36 000/ha, con un promedio de S/17 120/ha. Los costos productivos del cultivo secundario variaron entre S/ 7000/ha y S/ 30 000/ha, con un promedio de S/ 5 700/ha. El rendimiento en palto varió entre 5 t/ha y 22 t/ha, con un promedio 13.74 t/ha. El 96 % de los encuestados consideró el tamaño de fruto como el atributo principal. Respecto a los mercados de destino, el 81 % de los

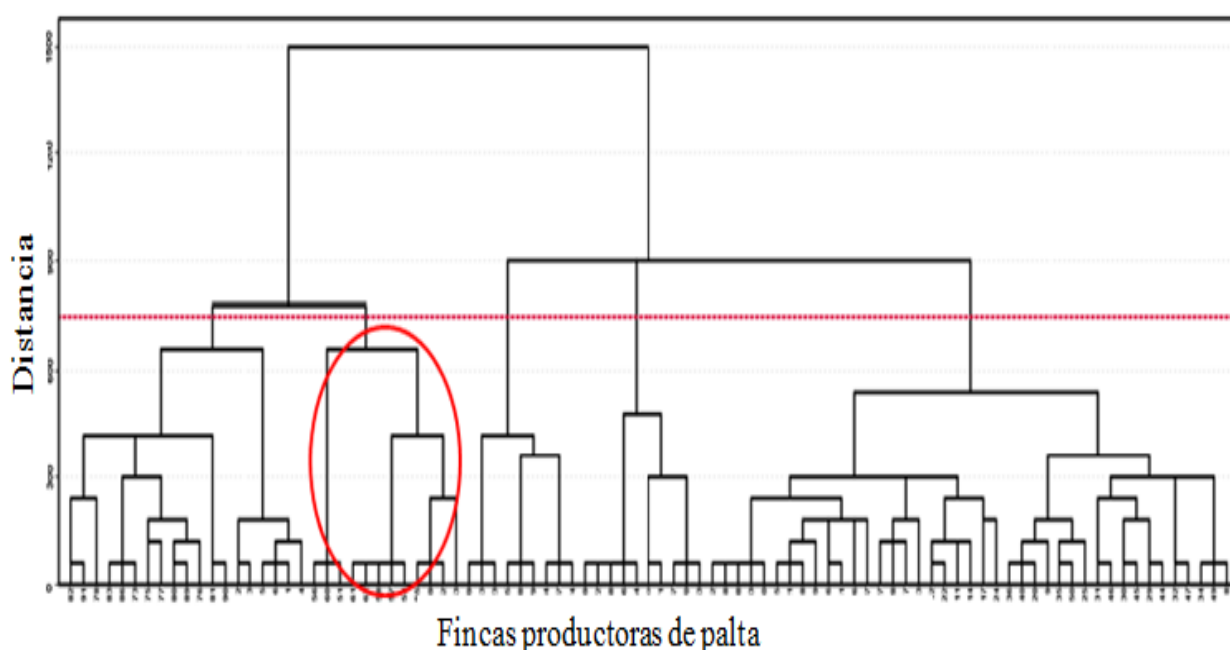
agricultores exportan parte de sus cosechas; mientras que un 17 % lo vende en chacra y sólo el 2 % lo comercializa en el mercado local. En cuanto al precio de venta de la fruta, fue variable, siendo el valor mínimo registrado de S/ 0.80/kg y el máximo hasta S/ 5.0/kg, con un promedio de S/ 2.27/kg y una moda de S/ 2.00/kg. La utilidad en las fincas con palto como cultivo principal, la mayor ganancia fue de S/ 54 400/ha.



**Figura 21:** Ingreso mensual por crianzas (lado izquierdo) y destino de la producción de crianzas (lado derecho). Los datos están en porcentajes

Apaza *et al.* (2019), en la evaluación de la sustentabilidad de los fundos productores de palto y espárrago en la irrigación Chavimochic (La Libertad), determinaron que la comercialización de palta de las empresas pequeñas y medianas lo realizan a través de terceros y las empresas grandes exportan directamente y acceden a diferentes mercados y tienen el mayor número de certificaciones de calidad. Los fundos más grandes tienen mayores ingresos netos, esto debido principalmente a sus mayores retornos por su conexión con el mercado externo; sin embargo, en los fundos de palto si bien hay una ligera tendencia a mayor área de producción e ingreso neto, pero los fundos de menor área logran mayores ingresos. En todos los casos la rentabilidad del palto es mayor que la del espárrago. Las empresas productoras de palto, a diferencia de las de espárrago, no han diversificado sus cultivos, es por ello que la gran mayoría solo tienen al palto como cultivo en producción.

El análisis de conglomerado por el método de Ward y con una distancia Euclidiana cuadrada de 900 agrupó a las fincas en cinco grupos (**Figura 22**). El primer grupo (I) lo conforman 25 fincas, el segundo (II) 11 fincas, el tercero (III) 8 fincas, el cuarto (IV) 6 y el quinto (V) lo conforman 42 fincas (**Cuadro 20**). El grupo II, conformado por 11 fincas (de rojo en la figura 22), está conformado por productores de palta organizados y no organizados; tienen además del cultivo de palto, otra actividad económica; conducen huertos de Hass y Fuerte, con edades entre 5 a 15 años, con densidades (300-500 pl/ha); obtienen lo más altos rendimientos (>8 t/ha), venden al mercado local y exportan directamente; son los que realizan la mayor inversión anual (>S/ 3,000), logran los mayores ingresos mensuales (>S/ 3,000) y tienen ingresos por la comercialización de cranzas.



**Figura 22:** Agrupamiento de fincas productoras de palta en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua, con el Método de Ward y una distancia Euclidiana Cuadrada

El agrupamiento de fincas es importante porque las acciones futuras podrían realizarse para cada grupo y ya no de manera individualizada (Criollo *et al.* 2016 citados por Anzules *et al.* 2018), dado que los grupos se forman por similitud entre los elementos que lo componen y se podría asumir que aquellas fincas que se agrupan, solos presentan diferencias significativas con el resto (Castro *et al.* 2012 citados por Anzules *et al.* 2018).

**Cuadro 20:** Grupos de fincas productoras de palto en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua

<b>Grupo</b>	<b>Fincas</b>	<b>Tipo de fincas</b>	<b>Característica</b>
I	53, 63, 82, 91, 70, 78, 79, 83, 86, 72, 73, 74, 75, 77, 80, 89, 76, 81, 90, 2, 3, 5, 6, 1, 4	Productores de palta no organizados, no tienen otra actividad económica, conducen huertos de Fuerte y Hass, con edades entre 4 y 15 años, con bajas densidades (< 300 pl/ha), con bajos rendimientos (< 6 t/ha), venden en chacra y al mercado local a través de terceros, con baja inversión anual (< S/ 2 000) y con bajos ingresos mensuales (< S/ 1 000) y no tienen ingresos por crianzas.	25 fincas (27.17 %)
II	56, 60, 51, 61, 62, 58, 57, 54, 55, 59, 52	Productores de palta organizados y no organizados, tienen otra actividad económica, conducen huertos de Hass y Fuerte, con edades entre 5 a 15 años, con densidades (300-500 pl/ha), con altos rendimientos (> 8 t/ha), venden al mercado local y exportan directamente, con inversión anual (> S/ 3 000) y con ingresos mensuales (> S/ 3,000) y tienen ingresos por crianzas.	11 fincas (11.96 %)
III	39, 43, 23, 85, 88, 71, 84, 87	Productores de palta con algunos organizados, no tienen otra actividad económica, conducen huertos de Fuerte, con edades entre 8 a 16 años, con densidades (150-500 pl/ha), con bajos rendimientos (4 a 6 t/ha), venden en la chacra y exportan a través de terceros (S/ 2 000 a 3 000) y con bajos ingresos mensuales (< S/ 2 000) y tienen ingresos por crianzas.	8 fincas (8.70 %)
IV	69, 68, 66, 64, 65, 67	Productores de palta organizados, no tienen otra actividad económica, conducen huertos de Hass, con edades entre 4 a 7 años, con bajas densidades (150-300 pl/ha), con bajos rendimientos (6 a 8 t/ha), venden al mercado local y exportan a través de terceros, con inversión anual (S/ 2 000 a 3 000) y con bajos ingresos mensuales (S/ 1 000 a 2 000) y tienen ingresos por crianzas.	6 fincas (6.52 %)
V	42, 48, 38, 33, 10, 15, 21, 18, 19, 16, 41, 26, 37, 27, 28, 7, 13, 12, 22, 11, 14, 17, 24, 36, 40, 20, 9, 35, 50, 25, 31, 46, 30, 49, 29, 44, 32, 45, 34, 47, 8, 92	Productores de palta organizados y no organizados, tienen otra actividad económica, conducen huertos de Fuerte, Hass o Hass y Fuerte, con edades entre 4 a 15 años, con densidades (300-500 pl/ha), con rendimientos medios (< 8 t/ha), venden en la chacra, mercado local o exportan directamente o a veces a través de terceros, con inversión anual (< S/ 3 000) y con ingresos mensuales (S/ 1 000 a 2 000) y tienen ingresos por crianzas.	42 fincas (45.65 %)



En general, los resultados son parecidos o similares a lo reportado por los organismos oficiales del estado. MINAG (2002); CENAGRO (2012) reportan que el productor en la costa peruana pertenece mayormente al sexo masculino y la mayoría tiene solamente educación primaria y secundaria, tal como se mostraron en las Figuras 7 y 8, a pesar de los notables avances en términos de educación en el país, los niveles en el sector rural aún se mantienen muy por debajo del resto de la población. Ello genera poca capacidad de los productores para la innovación tecnológica. También, se indica que hay migración de los jóvenes hacia las ciudades, quedando en el campo sólo los padres y menores, e incluso hay campos de cultivo que han quedado abandonados. Muchos productores por motivos de falta de mano de obra y seguridad en sus fincas tienen su residencia en el campo tal como lo mostró la Figura 9.

Asimismo, el MINAG (2002) indica que el en año 1994, solo el 35 % de los productores agropecuarios declararon pertenecer a alguna organización, con el presente estudio se reporta que el 47 % de productores de palto están organizados (Figura 9). El capital institucional de los productores organizados es importante para ordenar y organizar la producción, y para evitar consecuencias indeseables, tales como la sobreproducción y caída de precios (MINAGRI 2019). La asociatividad constituye una oportunidad para el desarrollo de la agricultura, ya que los productores pueden organizarse para mejorar tanto la producción como la comercialización del producto y conseguir precios bajos para la compra de los insumos y agroquímicos (Molero *et al.* 2007 citados por Cáceres y Julca 2018).

Hay una marcada reducción del tamaño de las unidades agropecuarias y dispersión de las parcelas, esto se convierte en un gran obstáculo a la rentabilidad (Figura 10). Según el CENAGRO (1994) más del 70 % de las unidades agropecuarias cuenta con una extensión menor a cinco ha y ocupa menos del 6 % del total de la superficie agrícola nacional y según el CENAGRO (2012) hubo un incremento en la variación porcentual del 26.9 %. La reducida extensión de las parcelas genera obstáculos de cultivos de exportación, por lo que, como una alternativa de poder generar mayores ingresos, los productores dedican parte de su tiempo al desarrollo de otras actividades económicas, como la crianza de animales, el comercio y empleo temporal en los municipios (Figura 11). Para Proaño y Lacroix (2014), citados por Anzules *et al.* (2018), indican que la agricultura, a pesar de ser la actividad principal, se complementa con otras actividades económicas como cría de ganado, artesanías, caza y pesca, y también con trabajos fuera de la finca, a tiempo parcial, estacional e intermitente,

que les permiten obtener otros ingresos y atenúan situaciones críticas en condiciones adversas (Bayona y Muñoz 2009 citados por Anzules *et al.* 2018). Asimismo, La diversificación de las fincas ha sido, para la mayoría de pequeños productores, la opción que les permite obtener otros ingresos que ayuden a mejorar su economía y atenuar las situaciones críticas que por épocas atraviesan algunas actividades productivas (Vargas-Jarquín y Sánchez-Benavides 2015 citados por Aquino *et al.* 2018).

El mayor número de fincas donde se cultiva la var. Hass (Figura 12), se explica porque en los últimos años hay una tendencia en usar esta variedad, en reemplazo de Fuerte, debido a las expectativas que tiene el producto por exportar y también usar densidades mayores a 500 plantas/ha (Figura 13), con riego presurizado (goteo) (Figura 14); sin embargo, el manejo es convencional y poca inversión (Figura 20), trayendo como consecuencia una baja productividad y rentabilidad (Figura 18). Según Vélez (2015), si el productor no es económicamente sostenible, la industria en su conjunto está amenazada. Asimismo, el bajo nivel tecnológico de los productores, no permite realizar adecuadamente las labores culturales como, manejo de los suelos, riegos, abonamiento, podas; así como el desconocimiento de las medidas sanitarias para el manejo de enfermedades.

En los últimos diecinueve años (2001-2019), en el Perú, hay un increíble crecimiento, de manera que en el 2019 se ha registrado un nivel record de exportación, de la variedad Hass, en valor y volumen, constituyéndose por primera vez en el segundo más importante producto de agro exportación, con US\$ 755 019 000 millones de dólares (FAO 2021). Sin embargo, en Moquegua el cultivo que más destaca en área es la alfalfa (Figura 14). A pesar de los bajos rendimientos, se exporta palta al vecino país de Chile. Según la GRA (2019), en el año 2017 se exportaron 263.83 t de las variedades Fuerte y Hass, en la misma proporción. La comercialización es a través de intermediarios (Figura 19), donde ésta falta de relación con el mercado es causa y consecuencia del bajo poder de negociación con el que cuentan los productores (MINAGRI 2019).

En la costa del Perú se tiene a la Libertad, Lima, Lambayeque e Ica como las principales regiones productoras, se cultiva mayormente Hass con un rendimiento de 12.5 t/ha, con un predominio de mediana o alta agricultura (Collantes y Rodríguez 2015). Las condiciones de suelo y clima son favorables para el cultivo a gran escala, alta densidad (4x7, 4x6), sistemas de producción de alta tecnología, portainjertos y plantones certificados, capital intensivo,

sistema de riego tecnificado, asesoramiento especializado, alta dependencia de insumos externos, predominio de monocultivo con alta productividad, poca biodiversidad, comercialización directa ya que se cuenta en su mayoría con plantas de manejo de postcosecha, etc., es decir una agricultura convencional, en agroecosistemas jóvenes, destinada a la exportación (Apaza *et al.* 2019).

En la sierra peruana se tiene a Arequipa, Junín, Ayacucho y Cusco como las principales regiones productoras. El clima está relacionado con la altitud, la latitud y la cercanía a la costa desértica o la selva húmeda; los cultivos se realizan en pisos cálidos de 1 000 a 2 000 msnm, con temperaturas medias de 17 a 19 °C; en su mayoría se cultiva la variedad Fuerte (75 %), con riego a gravedad, con tecnología baja o media en pequeña o mediana agricultura; sin embargo la zona tiene un importante activo: un calendario de producción diferido, debido a la temperaturas que son mas bajas que la zona costera (MINAGRI 2015 y 2020)

#### **4.2. SUSTENTABILIDAD EN “FINCAS TIPO” PRODUCTORAS DEL CULTIVO DE PALTO**

De los datos recabados en campo mediante encuestas y entrevistas tanto a las fincas productoras de palta como a expertos del área, se pudo elaborar el análisis de sustentabilidad en las tres dimensiones consideradas en el enfoque multicriterio (económico, ambiental y sociocultural, en cada “finca tipo” (cinco tipos), asimismo se determinó la sustentabilidad general, según las fórmulas del Cuadro 7.

##### **4.2.1. Sustentabilidad Ambiental**

En el **Cuadro 21**, se presentan los indicadores y el índice sustentabilidad ambiental (IA), para cada “finca tipo”, donde se observa que solo dos “fincas tipo” (II y III), fueron las únicas en obtener un IA superior a dos, pese a que los indicadores A2 (% de cobertura vegetal) y C2 (Áreas de zonas de conservación) obtuvieron valores de uno, destacando los indicadores A2 (Diversificación de cultivos) y C1 (Diversificación de la producción).

**Cuadro 21:** Sustentabilidad ambiental de las “fincas tipo” del cultivo de palto en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua

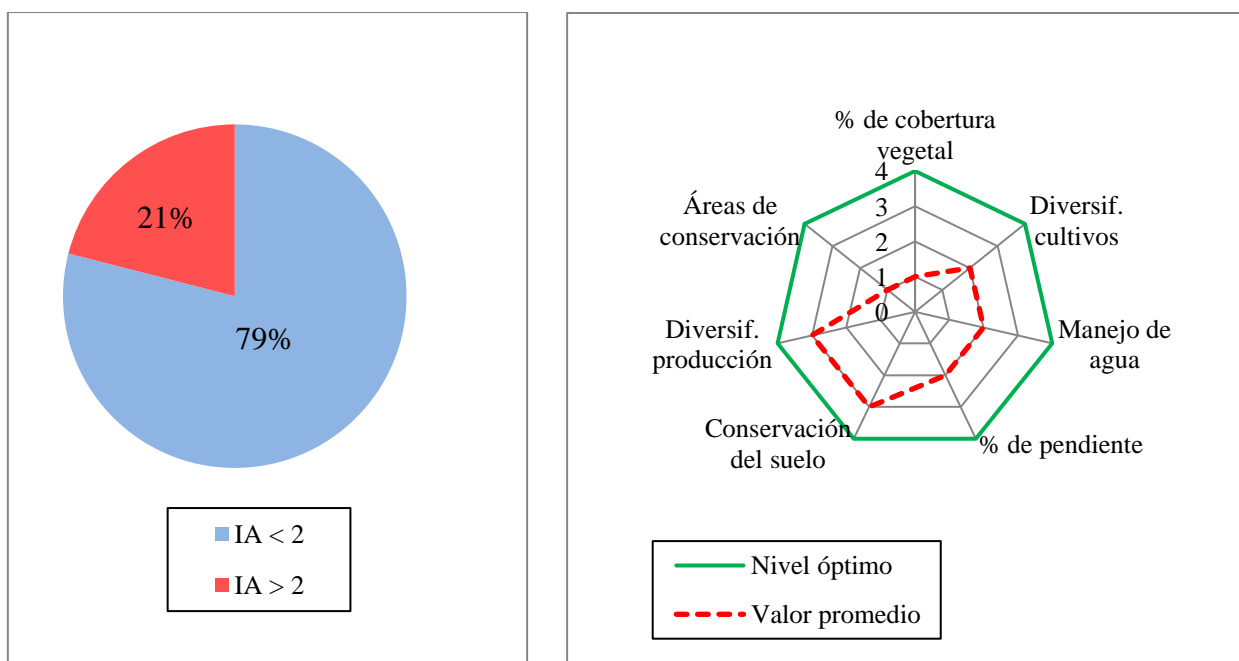
Indicador	“Fincas tipo”				
	I	II	III	IV	V
A. Conservación de la vida de suelo					
A1. % de la cobertura vegetal	1	1	1	1	2
A2. Diversificación de cultivos	2	3	3	2	2
A3. Manejo del agua	0	2	2	2	1
B. Riesgo de erosión					
B1. % de Pendiente	2	2	2	2	1
B2. Conservación del suelo	2	2	2	1	1
C. Manejo de la biodiversidad					
C1. Diversificación producción	3	2	3	2	3
C2. Áreas de zonas conservación	1	1	1	1	2
Indicadores de sustentabilidad ambiental (IA)	1.92	2.17	2.33	1.75	1.83

Collantes y Rodríguez (2015), en un trabajo de investigación sobre la sustentabilidad de los agroecosistemas de palto y mandarina en el valle de Cañete (Lima), agruparon a las fincas productoras de palta en cinco tipos, de los cuales los tipos 3 y 5 obtuvieron valores mayores a dos, destacando los indicadores B1 (Porcentaje de la pendiente) y B3 (Conservación del suelo). También Apaza *et al.* (2019), evaluaron la sustentabilidad de los fundos productores de palto y espárrago en la irrigación Chavimochic (La Libertad), agruparon a las fincas productoras de palta en tres tipos, de los cuales el grupo III obtuvo un valor mayor a dos, destacando los indicadores métodos para cálculo de riego y el uso control biológico.

En general, con los resultados del Cuadro 21 y los porcentajes de cada grupo de “fincas tipo” (Cuadro 20), se obtuvo que el 79 % de las fincas evaluadas no son ambientalmente sustentables. Esto se explica por la pobre conservación del suelo, como consecuencia de un bajo porcentaje de cobertura vegetal y muy pocas áreas de conservación. Además, se tiene una baja asociación de cultivos, riego presurizado inadecuado y el alto riesgo de erosión del suelo porque no existe un manejo sostenible del suelo.

Surgen dos puntos críticos, uno referido al manejo de la biodiversidad, donde es casi nula las zonas de conservación biológica en los predios. También en lo que se refiere a la conservación de la vida del suelo, con un bajo contenido de materia orgánica y casi nula

cobertura vegetal (**Figura 23**). Collantes y Rodríguez (2015), determinaron como punto crítico en el valle de Cañete, en las fincas de palto, a las áreas de zonas de conservación. Apaza *et al.* (2019), consideran como puntos críticos en los fundos de palto en la irrigación Chavimochic a la cobertura vegetal y el uso de la materia orgánica.



**Figura 23:** Sustentabilidad ambiental (lado izquierdo) y sus puntos críticos (lado derecho)

Según Altieri (1999), en ecosistemas naturales, la cubierta vegetal de un bosque o una pradera natural previene la erosión del suelo, reaprovisiona de agua al suelo y controla las inundaciones mejorando la infiltración y reduciendo la escorrentía del agua. Es importante recordar que la sustentabilidad ambiental aplicada a la agricultura, está referida a la capacidad de garantizar la continuidad de la productividad agraria mediante el uso de prácticas que favorezcan el uso adecuado de los recursos naturales (Gómez-Limón y Arriaza 2011).

#### 4.2.2. Sustentabilidad Económica

En el **Cuadro 22**, se presentan los indicadores y el índice sustentabilidad económica (IK), para cada “finca tipo” (grupo) evaluada, donde se observa que de los cinco grupos, solo dos (“fincas tipo” II y IV), fueron las únicas en obtener un IK superior a dos, pese a que la “finca tipo” IV los indicadores A1 (productividad), C1 (diversificación de la producción) y C3 (N° de vías de comercialización) obtuvieron valores de uno; sin embargo, destacaron para la “finca tipo” II los indicadores A4 (incidencia de enfermedades) y el B1 (ingresos neto/mes).

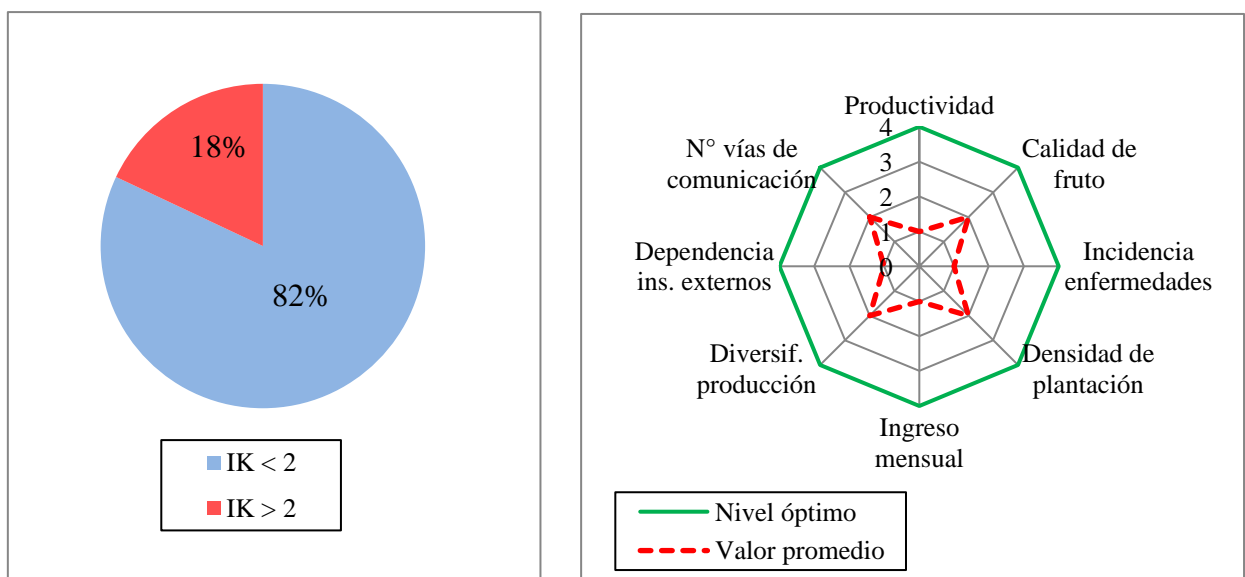
**Cuadro 22:** Sustentabilidad económica de las “fincas tipo” del cultivo de palto en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua

Indicador	“Fincas tipo”				
	I	II	III	IV	V
A. Rentabilidad de la finca					
A1. Productividad	1	2	2	1	1
A2. Calidad de fruta	1	2	1	2	1
A3. Incidencia de enfermedades	1	3	1	2	1
A4. Densidad de plantación	1	2	1	2	2
B. Ingreso neto mensual					
B1. Ingreso neto/mes	1	3	1	2	2
C. Riesgo económico					
C1. Diversificación de producción	0	2	2	1	2
C2. Dependencia de insumos externos	1	2	1	2	1
C3. Número de vías de comercialización	1	2	1	1	1
Indicadores de sustentabilidad económica (IK)	1.22	3.06	1.61	2.28	1.94

Collantes y Rodríguez (2015), en un trabajo de investigación sobre la sustentabilidad de los agroecosistemas de palto y mandarina en el valle de Cañete (Lima), agruparon a las fincas productoras de palta en cinco tipos, de los cuales solo el grupo 3 obtuvo un valor mayor a dos, destacando los indicadores ingreso neto mensual y diversificación para la venta. Asimismo, Apaza *et al.* (2019), evaluaron la sustentabilidad de los fundos productores de palto y espárrago en la irrigación Chavimochic (La Libertad) agruparon a las fincas productoras de palta en tres tipos, de los cuales los tres grupos obtuvieron valores mayores a 2, destacando el indicador ingreso neto por campaña.

Según los resultados obtenidos en el Cuadro 22 y con los porcentajes de cada grupo de “fincas tipo” (Cuadro 20), se obtuvo que el 82 % de las fincas evaluadas no son económicamente sustentables, lo que se explica por los ingresos mensuales precarios, fuerte incidencia de enfermedades y alta dependencia de insumos externos. La baja densidad de plantas por hectárea no ayuda a mejorar los niveles de rendimiento. El riesgo económico en general es alto debido a una pobre diversificación de la producción y tener menos de tres canales de comercialización.

Asimismo, se determinó cuatros aspectos críticos en el sistema de producción, estos son los bajos rendimientos, la alta incidencia de enfermedades, alta dependencia de insumos externos y bajos ingresos mensuales. Todos estos aspectos, atentan contra la rentabilidad de las fincas (**Figura 24**). Según Vélez (2015), si el productor no es económicamente sostenible, la industria en su conjunto está amenazada. Collantes y Rodríguez (2015), subrayan como puntos críticos en el valle de Cañete a la calidad de exportación y diversificación para la venta. Apaza *et al.* (2019), por su parte, encuentran como puntos críticos en las fincas de palto en la irrigación Chavimochic a la diversificación para la venta y dependencia de productos externos.



**Figura 24:** Sustentabilidad económica (lado izquierdo) y sus puntos críticos (lado derecho)

#### 4.2.3. Sustentabilidad Sociocultural

En el **Cuadro 23**, se presentan los indicadores y el índice sustentabilidad sociocultural (ISC), para cada “finca tipo” (grupo) evaluada, donde se observa que de los cinco grupos, tres “fincas tipo” (II, III y IV) obtuvieron un ISC superior a dos, pese a que la “finca tipo” III en los indicadores B1 y C1 (integración social y, conocimiento tecnológico y conciencia ecológica) y la “finca tipo” IV en el indicadores C1, obtuvieron valores de uno; destacando en la “finca tipo” II el indicador A2 (educación); además en las “fincas tipo” II, III y IV sobresalió el indicador A4 (servicios básicos).

**Cuadro 23:** Sustentabilidad sociocultural de las “fincas tipo” del cultivo de palto en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua

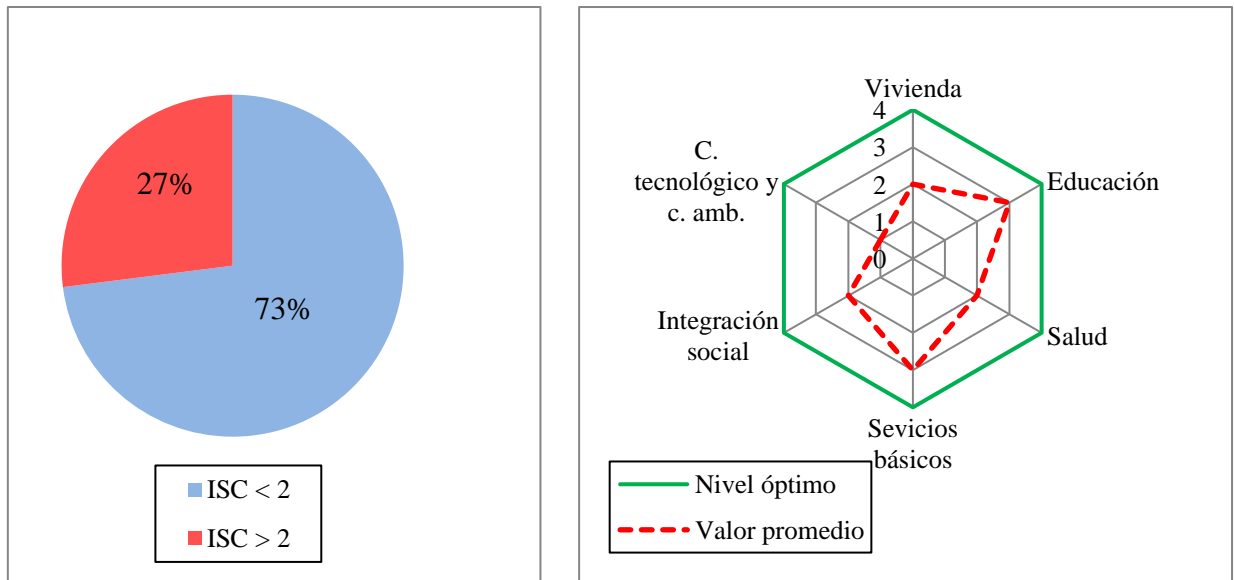
Indicador	“Fincas tipo”				
	I	II	III	IV	V
A. Satisfacción de las necesidades básicas					
A1. Vivienda	2	2	2	2	2
A2. Acceso a educación	1	3	2	2	3
A3. Acceso a salud y cobertura sanitaria	2	2	2	2	1
A4. Servicios básicos	2	3	3	3	2
B. Integración social					
B1. Integración social	0	2	1	2	1
C. Conocimiento tecnológico y conciencia ecológica					
C1. Conocimiento tecnológico y conciencia ecológica	1	2	1	1	1
Indicadores de sustentabilidad sociocultural (ISC)	1.50	3.00	2.17	2.50	2.00

Collantes y Rodríguez (2015), realizaron un trabajo de investigación sobre la sustentabilidad de los agroecosistemas de palto y mandarina en el valle de Cañete (Lima), agrupó a las fincas productoras de palta en cinco tipos, dando como resultado que todas las fincas evaluadas resultaron ser socialmente sustentables, debido a que la satisfacción de servicios básicos, el acceso a educación y salud fueron casi completos. Asimismo, Apaza *et al.* (2019), evaluaron la sustentabilidad de los fundos productores de palto y espárrago en la irrigación Chavimochic (La Libertad) agruparon a las fincas productoras de palta en tres tipos, de los cuales los tres grupos obtuvieron valores mayores a 2, destacando los indicadores de servicios básicos, salud y buenas prácticas agrícolas - BPA.

En el indicador sociocultural en las fincas productoras de palto, se obtuvo que el 73 % de las fincas evaluadas no son socioculturalmente sustentables porque tienen un IS < 2. El grado de conocimiento y conciencia ecológica e integración social tuvieron los valores más bajos y el acceso a vivienda y salud son insuficientes; por lo que será necesario trabajar en el fomento de la integración social a través de la asociatividad; asimismo, en la mejora del conocimiento tecnológico y en la conciencia ecológica, porque la mayoría de los encuestados no percibe las consecuencias negativas que pueden ocasionar algunas prácticas



de manejo inadecuado de sus fincas (**Figura 25**). Collantes y Rodríguez (2015), toman como punto crítico a la participación en organizaciones, en las fincas de palto en el valle de Cañete. Apaza *et al.* (2019), encontraron como punto crítico, en los fundos de palto en la irrigación Chavimochic, la participación de los productores en las organizaciones. Los indicadores sociales están orientados a evaluar la satisfacción del productor, su calidad de vida y la integración social (Sarandón *et al.* 2006).



**Figura 25:** Sustentabilidad sociocultural (lado izquierdo) y sus puntos críticos (lado derecho)

#### 4.2.4. Sustentabilidad General

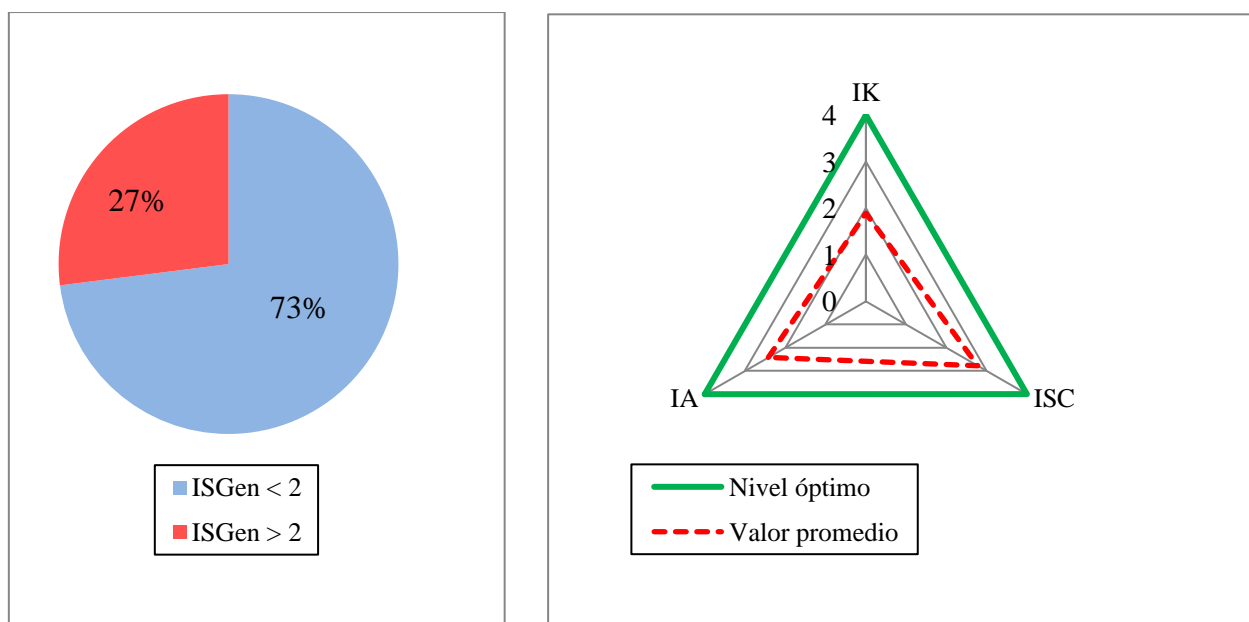
Sarandón *et al.* (2006); Sarandón y Flores (2009), propusieron que para que una finca pueda ser considerada sustentable, el índice general (IGen.) debe ser mayor a 2; pero considerando que ninguno de los tres indicadores debe tener un valor menor a 2.

Según el **Cuadro 24**, con relación a la sustentabilidad general en las “fincas tipo” (grupo) evaluadas se observa que, de los cinco grupos, solo una, la “finca tipo” II es sustentable, debido a que los tres indicadores (económico, sociocultural y ambiental) obtuvieron valores mayores a 2, con un índice de sustentabilidad general (ISG) de 2.74.

**Cuadro 24:** Sustentabilidad general de las “fincas tipo” del cultivo de palto

Indicador	“Fincas tipo”				
	I	II	III	IV	V
Sustentabilidad económica (IK)	1.22	3.06	1.61	2.28	1.94
Sustentabilidad ambiental (IA)	1.92	2.17	2.33	1.75	1.83
Sustentabilidad social (ISC)	1.50	3.00	2.17	2.50	2.00
Indicadores de sustentabilidad general (ISG)	1.55	2.74	2.04	2.18	1.92

En general, con los indicadores de sustentabilidad general (ISG) del Cuadro 24 y la cantidad de fincas (%) de cada grupo (Cuadro 20), los resultados muestran, que el 27 % (**Figura 26**) de las fincas productoras de palto en la provincia Mariscal Nieto, son sustentables ( $> 2$ ); mientras que el 73 % no son sustentables ( $< 2$ ). El índice de sustentabilidad general de las fincas fue de 2.05; asimismo el manejo de las fincas satisfizo en mayor grado los objetivos socioculturales (2.67) que los objetivos ambientales (2.58), o los objetivos económicos (1.89).



**Figura 26:** Cantidad de fincas productoras de palto (%) que tienen el índice de sustentabilidad general  $>$  a 2 (lado izquierdo) y representación de la sustentabilidad general usando los indicadores de las tres dimensiones (lado derecho)

Las condiciones de sustentabilidad se dan en un contexto de integración multidimensional donde se determinaron las siguientes fortalezas del sistema de producción deseables de mantener: en el aspecto social tenemos a los servicios básicos satisfechos y acceso a la educación. Collantes y Rodríguez (2015), en el valle de Cañete (Lima) determinaron, en fincas de palto, que los servicios básicos, el acceso a educación y salud fueron casi completos. Asimismo, Apaza *et al.* (2019), en la irrigación Chavimochic (La Libertad), al determinar la sustentabilidad social, destacaron los indicadores de servicios básicos, salud y buenas prácticas BPA (buenas prácticas agrícolas). En el aspecto económico tenemos a diversificación para la venta y vías de comercialización. Collantes y Rodríguez (2015), determinaron que, en el valle de Cañete en las fincas productoras de palta, destacaron los indicadores ingreso neto mensual y diversificación para la venta. Asimismo, Apaza *et al.* (2019), encontraron que en los fundos productores de palto en la irrigación Chavimochic destacó el indicador ingreso neto por campaña. En el aspecto ambiental tenemos a la presencia de barreras vivas o muertas y la diversificación de la producción. Collantes y Rodríguez (2015), en el valle de Cañete, en el cultivo de palto, determinaron que los indicadores ambientales que más destacaron fueron porcentaje de la pendiente y conservación del suelo. También, Apaza *et al.* (2019) encontraron que en los fundos productores de palto en la irrigación Chavimochic destacaron los indicadores métodos para cálculo de riego y el uso de control biológico. Los resultados obtenidos en esta investigación, confirman la utilidad de emplear un enfoque sistémico y holístico, con una óptica multicriterio para abordar la multidimensionalidad de la sustentabilidad (Mendoza y Prabhu 2000).

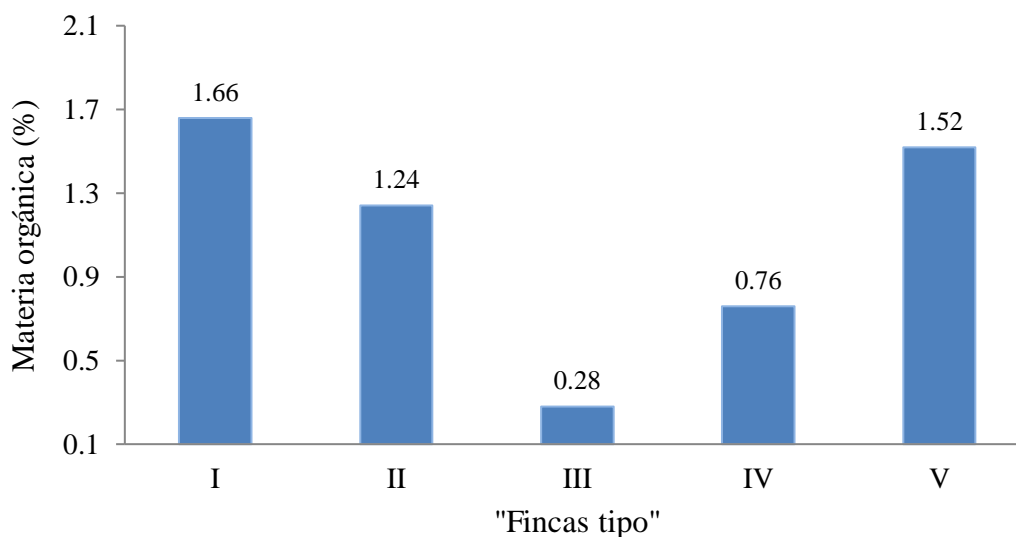
La baja cantidad de fincas sustentables en la zona de estudio, muestra la necesidad de un trabajo futuro que abarque las tres dimensiones de la sustentabilidad, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los productores de palto; pero con respeto y cuidado de los recursos naturales. Lamentablemente, cambiar esta situación no está exclusivamente en manos de los productores agrícolas, depende también de otras instancias como los gobiernos locales, regional y nacional, que deben invertir en infraestructura y servicios para mejorar la competitividad y sustentabilidad de este sector productivo, como lo señalan Santistevan *et al.* (2018).

### 4.3. COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DE PALTO EN “FINCAS TIPO”

#### 4.3.1. Características de los suelos

##### a. Materia orgánica

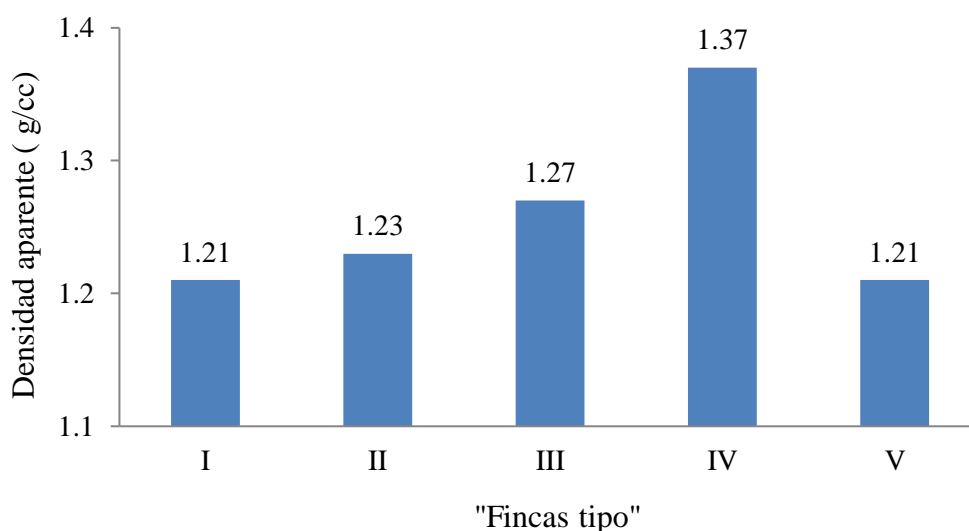
Según la **Figura 27**, la “finca tipo” I (Torata), fue la que tuvo el porcentaje más alto (1.66 %) en materia orgánica (MO), seguido por las “fincas tipo” V y II, con 1.52 % y 1.24 %, respectivamente. Sin embargo, la “finca tipo” IV (San Antonio) y II (Samegua) se observó los porcentajes más bajos con 0.77 y 0.28 %, respectivamente. El CENAGRO (2012) indica que en el departamento de Moquegua el 79.9 % de productores aplica guano, estiércol u otro abono orgánico y un 20.1 % no aplica. Apaza *et al.* (2019), reportaron que en los fundos productores de palto en la irrigación Chavimochic, los productores aplican 3.5 t/ha de MO y es considerado como punto crítico. Los suelos donde es originario el palto son andisoles, derivados de cenizas volcánicas (Anguiano *et al.* 2003), los cuales se caracterizan por presentar alto contenido de MO. Fitzpatrick (1996), señala que la mayoría de los suelos contienen 1.6 % de MO, pero en suelos muy áridos, el porcentaje puede bajar a menos de 1 %; para Gros y Domínguez (1992), el nivel deseable de materia orgánica en suelos arcillosos medios es de 2 %, pudiendo descender a 1.65 % en suelos pesados y llegar a un 2.5 % en suelos arenosos. Los suelos de costa son pobres en materia orgánica y existe escasez de agua, determinado que dichos factores limiten la productividad (Alegre 1977). Buendía (2015), indica que los suelos destinados al cultivo de palto deben contener entre 2.5 y 5 % de MO. Los resultados del análisis de suelo de las “fincas tipo” se presentan en el **Anexo 10**.



**Figura 27:** Materia orgánica (%) del suelo en las “fincas tipo”

## b. Densidad aparente

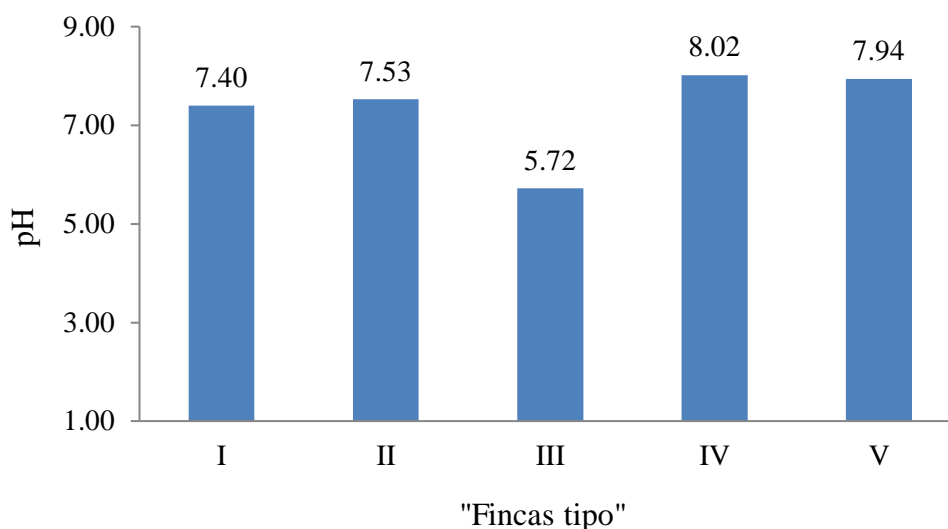
Según los resultados del análisis del suelo en las “fincas tipo”, la densidad aparente (**Figura 28** y Anexo 10) es alta, la cual varía entre 1.21 y 1.37 g/cc. Los suelos de donde es originario el palto se caracterizan por presentar, baja densidad aparente, entre 0.5 y 0.8 g/cc. Por otra parte, el palto presenta problemas para su desarrollo en un suelo con alta densidad aparente (Ferreyra y Sellés 2007). Los paltos son originarios de suelos macro porosos y aireados, los que favorecen a las plantaciones de palto para producir altos rendimientos (Ataucusi 2015). Durand y Claassens (1987), citados por Ferreyra y Sellés (2007), encontraron bajo crecimiento de raíz en palto en un suelo con densidades sobre 1.7 g/cc.



**Figura 28:** Densidad aparente (g/cc) del suelo en las “fincas tipo”

## c. Potencial del hidrógeno (pH)

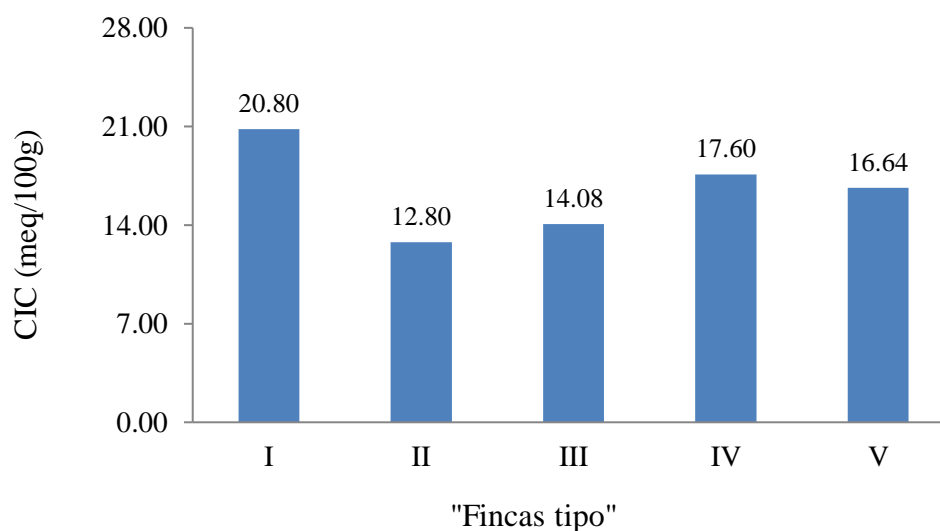
De los resultados obtenidos (**Figura 29** y Anexo 10) se encontró que la “finca tipo” III tiene un pH de 5.72; sin embargo, el resto de las “fincas tipo” se encontró que varían entre 7.40 y 8.02. Los suelos de donde es originario el palto, los cuales se consideran óptimos para su crecimiento, se caracterizan por presentar, un pH ácido entre 5 a 6 (Ferreyra y Sellés 2007). Franciosi (1992), menciona que entre las exigencias que tiene el frutal de palto es un pH variable de 5.5 a 7.5; asimismo Calabrese (1992), menciona que la banda óptima de oscilación de pH para el cultivo de palto está entre 5 y 7.3. Buendía (2015), menciona que un pH neutro o ligeramente ácido (6.0 a 7.3) es el adecuado para cultivar la planta de palto. Ataucusi (2015), recomienda suelos profundos, franco arenoso y con pH de 5.6 a 6.5.



**Figura 29:** pH del suelo en las “fincas tipo”

**d. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

El CIC en las “fincas tipo” evaluadas (**Figura 30** y Anexo 10) varía entre 12.80 y 20.80 meq/100g. Los componentes del suelo que contribuyen al CIC son la arcilla y la materia orgánica, y en una menor extensión, el limo (Martel *et al.* 1978; Manrique *et al.* 1991). Según Buendía (2015), la capacidad del suelo para retener nutrientes está directamente relacionada con el número de cationes que puede atraer a los coloides del suelo, y los de mayor importancia con relación al crecimiento de las plantas son el calcio, magnesio, potasio, amonio, sodio e hidrógeno. Los primeros cuatro nutrientes están involucrados en el crecimiento de las plantas, y los dos últimos tienen efectos en la disponibilidad de los nutrientes y la humedad.



**Figura 30:** Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g) del suelo en las “fincas tipo”

### 4.3.2. Evaluación de enfermedades

Se reportó la presencia de la tristeza del palto (*Phytophthora cinnamomi*) en un 6.2 % y brazo negro (*Lasiodiplodia theobromae*) en un 15 % (**Cuadro 25**). Una mayor presencia de tristeza de palto y brazo negro se encontró en la variedad Fuerte (“Fincas tipo” I, III y V), con relación a la variedad Hass (“Fincas tipo” II y IV). Buendía (2015), menciona que en el Perú el palto se caracteriza por ser afectado por un reducido número de enfermedades; sin embargo, algunas de ellas tienen importancia económica, entre ellas a la podredumbre radicular (tristeza del palto) y necrosis de ramillas (brazo negro). Ataucusi (2015), indica que, entre las principales enfermedades del palto, se tiene a la tristeza del palto, cuyos síntomas son la muerte regresiva y decaimiento del árbol; asimismo las hojas se tornan de color amarillo, así como los frutos, que son más pequeños de lo normal, cuya presencia es en todas las zonas donde se cultiva palto, aunque el hongo prospera cuando el suelo es arcilloso o pesado que puede llevar a penetrar en las raicillas. Asimismo, reporta al brazo negro, hongo que se disemina cuando las herramientas empleadas no se desinfectan. También se extiende por las heridas abiertas por las podas e injertos. El síntoma más conspicuo es la presencia de canchales acompañados de exudados blanquecinos y grumosos de tamaño variable ubicados indistintamente en el tronco, y ramas de árboles jóvenes y adultos afectados. Otro de los síntomas observados con frecuencia es la necrosis del follaje y de ramillas.

**Cuadro 25:** Presencia de enfermedades (%) en las “fincas tipo”

Tipo de finca	Tristeza del palto (%) ( <i>Phytophthora cinnamomi</i> )	Brazo negro (%) ( <i>Lasiodiplodia theobromae</i> )
I	7	25
II	2	15
III	7	20
IV	5	5
V	10	10

### 4.3.3. Calibre de frutos

El calibre del fruto es sumamente importante en la producción actual. No sólo es necesario alcanzar grandes volúmenes de fruta, sino que debe ser de buen tamaño, para que el negocio sea rentable y competitivo. En la producción de paltas, el tamaño del fruto tiene una importancia económica muy significativa. Esta característica es afectada principalmente por

el rendimiento y el número de frutos presente en el árbol (Levinson y Adato 1991). El calibre es el tamaño de los frutos medido en su diámetro ecuatorial, en su peso o en su número de frutos por caja, que permite que sean clasificados dentro de rangos específicos (Buendía 2015).

De acuerdo al Cuadro 9 (Norma Técnica Peruana 011.018.2005) y según los resultados obtenidos en las “fincas tipo” evaluadas (**Cuadro 26**) indican que los pesos menores (calibres mayores) fue en la variedad Hass (“Fincas tipo” II y V); por otro lado, los pesos mayores (calibres menores) se encontraron en la variedad Fuerte (“Fincas tipo” III y V), con excepción de la “finca tipo” I. La variedad Hass es actualmente la más comercializada en el mundo, es menos tolerante a sales, el fruto es periforme a ovoide; tanto el fruto como la semilla son relativamente pequeñas y el peso varía entre 200 a 300 g. La variedad fuerte, es muy sensible a las condiciones climáticas durante la floración, lo que puede dar lugar a la alternancia en la producción y el peso del fruto varía entre 300 a 400 g (MINAGRI 2015). Buendía (2015), menciona que el peso de la palta Hass varía entre 150 y 400 g y la variedad Fuerte entre 250 a 450 g. Con relación al menor peso de fruto observado en la “finca tipo” I, podría ser a la altitud de lugar de producción (Torata) que es promedio de 2 200 msnm; sin embargo, la altitud de las otras “fincas tipo” (II, III, IV y V) es en promedio de 1 400 msnm. Gardiazabal y Rosenberg (1991), citados por Buendía (2015), menciona que la variedad Hass se adapta a las condiciones de costa y selva del Perú. Buendía (2015), también menciona que la variedad Fuerte se adapta a niveles altitudinales que van de 0 a 2 800 msnm.

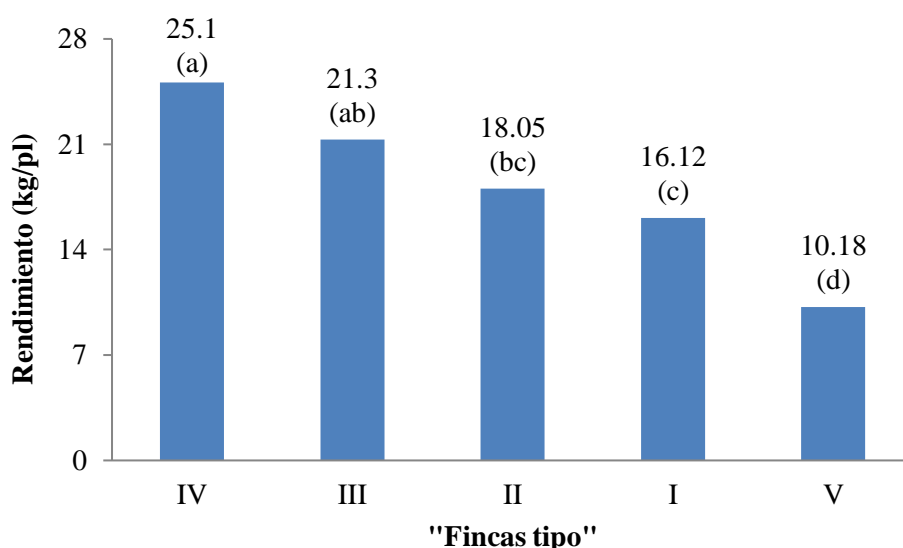
**Cuadro 26:** Porcentaje de frutos de palta por calibre en las “fincas tipo”

Código del calibre	Rango	“Fincas tipo”				
	Peso de fruto (g)	I (%)	II (%)	III (%)	IV (%)	V (%)
8 a menos	> 461	-	-	10	-	8
10 y 12	306 - 460	-	8	18	5	24
14 y 16	236 - 305	5	17	40	15	29
18 y 20	191 - 235	18	32	18	65	26
22 y 24	156 - 190	52	35	9	15	7
26 a más	< 155	30	8	5	5	6



#### 4.3.4. Rendimiento

De los resultados obtenidos del rendimiento de fruta en el cultivo de palto (**Anexo 11**), se realizó el ANVA, en la cual se encontró diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ), para rendimiento por planta (**Figura 31** y **Anexo 12**), es decir que el rendimiento de fruta por planta en las cinco “fincas tipo” fue diferente. Asimismo, para determinar en cuál o cuáles de las “fincas tipo” se reportó mayor rendimiento, se realizó la Prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), en la cual el rendimiento de palta por planta tuvo con un rango entre 10.18 a 25.1 kg/planta. El rendimiento más alto se reportó en la “finca tipo” IV (San Antonio) con la variedad Hass (25.1 kg/pl) y el más bajo para la misma variedad se obtuvo en la “finca tipo” II (Ocolla - Los Ángeles) con 18.05 kg/planta. Para la variedad Fuerte el más alto se obtuvo en la “finca tipo” III (Samegua) con 21.3 kg/planta y el más bajo en la “finca tipo” V (El Rayo - Los Ángeles) con 10.18 kg/pl.



**Figura 31:** Rendimiento por planta (kg/pl) del cultivo de palto en las “fincas tipo”

En cuanto al rendimiento de fruta de palta/ha, los rendimientos más altos se obtuvieron con la variedad Hass; en la “finca tipo” II se obtuvo 8 100 kg/ha, seguido por la “finca tipo” IV con 5 271 kg/ha, con densidades de 450 y 210 plantas/ha respectivamente. Para la variedad Fuerte los rendimientos fueron de 4 800 (“finca tipo” V), 4,030 (“finca tipo” I) y 3 834 kg/ha (“finca tipo” III), con densidades de 480, 250 y 180 plantas/ha respectivamente. Es decir, la variedad Hass tiene mejores rendimientos de fruta, con relación a la variedad Fuerte; asimismo se observó que a mayor densidad poblacional, mayor es el rendimiento por hectárea. El rendimiento promedio que se obtuvo fue de 5 207 kg/ha. La GRA (2019),

reportó para la provincia de Mariscal Nieto un rendimiento de 5 697 kg/ha y para la provincia General Sánchez Cerro 8 000 kg/ha; se debe tener presente que ambas provincias tienen el 99 % de las áreas de producción de palta en el departamento de Moquegua.

Según INEI (2016), en el Perú se tiene 156 mil productores, donde el 99.7 % son pequeños y medianos y solo el 0.3 % son grandes productores. Sin embargo, los productores del primer grupo, a pesar de ser la mayoría, cosechan menos de la mitad del total de la producción (43 %) en más de la mitad de la superficie cosechada (54 %); mientras que sucede lo opuesto con los del segundo grupo. Esto se traduce en que los pequeños y medianos productores tienen un rendimiento bajo, en comparación con los grandes productores (7.4 y 11.5 t/ha, respectivamente).

Según MINAGRI (2019), el palto en Moquegua se tiene un rendimiento promedio de 6.5 t/ha, y el promedio nacional es de 11.8 t/ha. El MINAGRI (2021), reporta a nivel nacional que Arequipa tiene los rendimientos más altos (21.75 t/ha) y a Moquegua con los precios más altos de palta (5.07 S/ /kg). La FAO (2021), reporta que la República Dominicana tiene un rendimiento promedio de 46.6 t/ha.

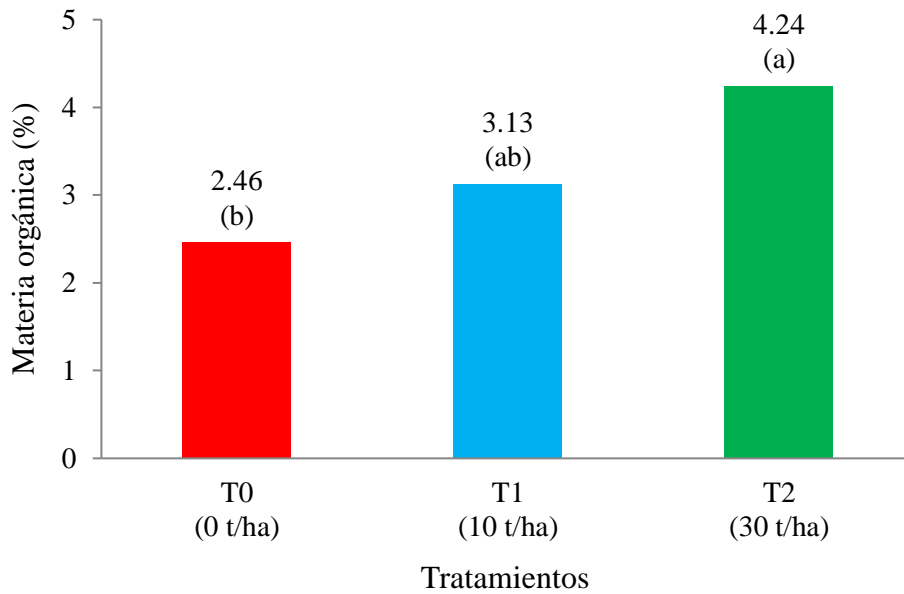
#### **4.4. EFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE PALTO**

##### **4.4.1. Características del suelo**

###### **a. Materia orgánica**

Al realizar el análisis de variancia con los resultados obtenidos (**Anexos 13, 14 y 15**), resultó estadísticamente significativo para tratamientos ( $p > 0.01 < 0.05$ ), es decir que al menos un tratamiento tuvo efecto diferente en el contenido de materia orgánica en el suelo. Posteriormente para determinar la diferencia estadística entre los promedios de tratamientos se realizó la Prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) dando como resultado que el tratamiento T2 ocupó el primer lugar con un promedio de 4.24 % de MO en el suelo; en segundo lugar, lo obtuvieron los tratamientos T1 y T0, con promedios de 3.13 y 2.46 %, respectivamente (**Figura 32**). Unger y Stewart (1974); Mathers y Stewart (1980), citados por Trinidad y Velasco (2016), en un estudio del efecto de cuatro años de aplicación continua de estiércol fresco de vacuno, la MO del suelo aumentó de 1.4 a 2.8 % con la aplicación de 134 t/ha. Medina *et al.* (2017), en un estudio, a partir del contenido de materia orgánica del suelo derivado de un uso continuo de maíz de temporal u hortalizas con riego como punto de referencia, el sistema del

cultivo de mango con riego aumentó el contenido de materia orgánica de 3.26 % en el periodo de 1 a 5 años a 5.66 % en el periodo de 16 a 30 años. Moreno y Cadillo (2018), utilizaron el estiércol de porcino sólido como abono orgánico en el cultivo del maíz chala, donde con la aplicación de 12 t/ha, se incrementó la MO del suelo de 1.01 a 2.56 %.

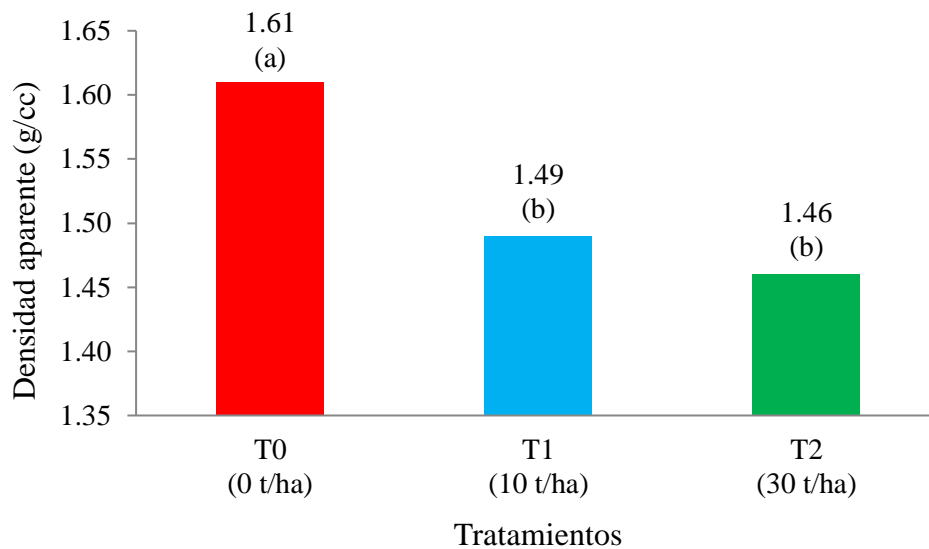


**Figura 32:** Efecto de los tratamientos en el contenido de materia orgánica (%) del suelo en el cultivo de palto

#### b. Densidad aparente

Para la densidad aparente, el análisis de variancia mostró diferencias estadísticas significativas para los tratamientos estudiados ( $p > 0.01 < 0.05$ ), es decir que por lo menos un tratamiento fue diferente al resto (Anexos 13, 14 y 16). Al realizar la Prueba de comparaciones de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), se determinó que el tratamiento T0 obtuvo una densidad de 1.61 g/cc siendo diferente a los tratamientos T1 y T2 que obtuvieron una densidad aparente de 1.49 y 1.46 g/cc, respectivamente (**Figura 33**). Los suelos de donde es originario el palto se caracterizan por presentar, baja densidad aparente, entre 0.5 y 0.8 g/cc; por otra parte, el palto presenta problemas para su desarrollo en un suelo con alta densidad aparente (Ferreyra y Sellés 2007). Durand y Claassens (1987), citados por Ferreyra y Sellés (2007) encontraron bajo crecimiento de raíz en palto en un suelo con densidades sobre 1.7 g/cc. Mathers y Stewart (1980), citados por Trinidad y Velasco (2016), en un estudio del efecto de cuatro años de aplicación continua de estiércol fresco

de vacuno, la densidad aparente se redujo de 1.4 a 1.2 g/cc con la aplicación de 134 t/ha. El uso de la materia orgánica como fertilizante mejora las diversas propiedades del suelo como la estructura del suelo (Felipe-Morales 2002).

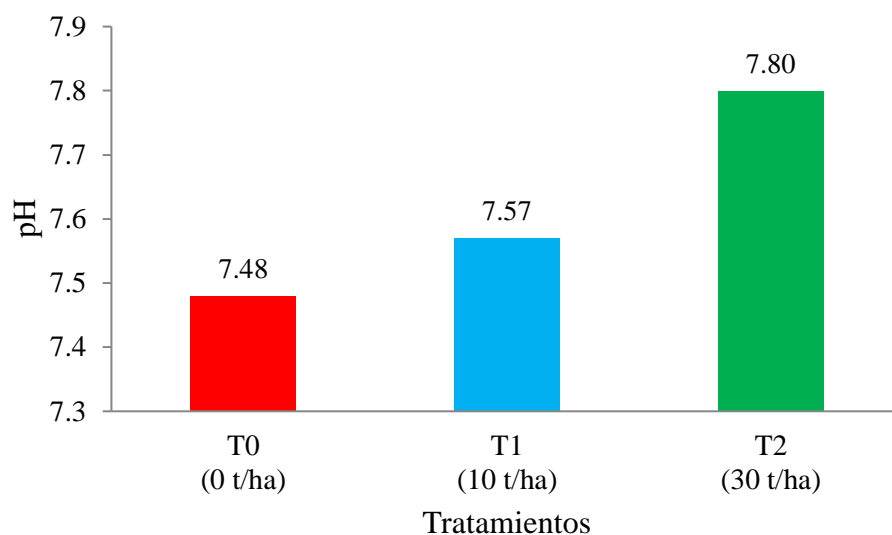


**Figura 33:** Efecto de la materia orgánica sobre la densidad aparente (g/cc) del suelo en el cultivo de palto

### c. Potencial del hidrógeno (pH)

Al realizar el ANVA con los resultados obtenidos (Anexos 13, 14 y 17), no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ), lo que nos indica que el efecto de los tratamientos en el pH del suelo fue similar; sin embargo se observa un incremento, a mayor cantidad de estiércol, mayor valor del pH, es decir el pH se incrementó de 7.48 a 7.80 con un promedio de 30 t/ha de estiércol (**Figura 34**). Los suelos de donde es originario el palto, los cuales se consideran óptimos para su crecimiento, se caracterizan por presentar, un pH ácido entre 5 a 6 (Ferreira y Sellés 2007). Franciosi (1992), menciona que entre las exigencias que tiene el frutal de palto es un pH variable de 5.5 a 7.5; asimismo Calabrese (1992), menciona que la banda óptima de oscilación de pH para el cultivo de palto está entre 5 y 7.3. Buendía (2015), menciona que un pH neutro o ligeramente ácido (6.0 a 7.3) es el adecuado para cultivar la planta de palto. Trinidad y Velasco (2016), en un ensayo experimental sobre la aplicación de abonos orgánicos en la producción de guayaba del suelo tratado con niveles crecientes de aplicación de gallinaza, vermicompost y estiércol bovino, durante

dos años consecutivos, se incrementó el pH de 5.57 a 8.98. Moreno y Cadillo (2018), utilizaron el estiércol porcino sólido como abono orgánico en el cultivo del maíz chala, donde con la aplicación de 12 t/ha, se incrementó el pH del suelo de 7.04 a 7.38. Unger *et al.* (1991), encontraron tendencias similares a los estudios realizados, mencionan que a mayor cantidad de MO se favorece la retención de humedad del suelo y por lo tanto se incrementa la concentración del  $H^+$ .

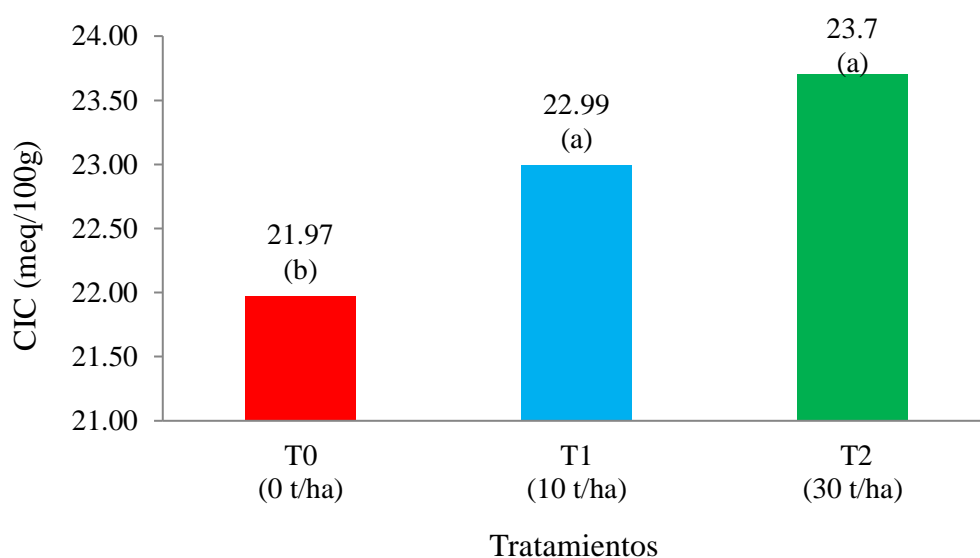


**Figura 34:** Efecto de la materia orgánica sobre el pH del suelo en el cultivo de palto

#### d. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La capacidad del suelo para retener nutrientes está directamente relacionada con el número de cationes que puede atraer a los coloides del suelo. Este valor se determina por la cantidad de arcilla, el tipo de la misma y la cantidad de humus, por lo tanto, al aumentar el contenido de materia orgánica aumentan los coloides (Plaster 1997). El CIC asociado al complejo arcillo-húmico, juega por tanto un valioso papel como regulador de la fertilidad del suelo; retiene y pone a disposición de las plantas los elementos nutritivos que éstas necesitan; asimismo, la MO y el humus en particular, influyen sobre el suelo, al aumentar entre otros el CIC (Serrano 1997). Al utilizar abonos orgánicos en forma rutinaria en los suelos agrícolas aumenta el contenido de MO a mediano y largo plazo y, con ello, la disponibilidad de nutrimentos y registran mayor CIC, mayor que los suelos pobres en materia orgánica si el contenido es mayor a 3 % (Trinidad y Velasco 2016). El uso de la materia orgánica como fertilizante mejora las diversas propiedades del suelo como el CIC (Felipe-Morales 2002).

Con los resultados obtenidos (Anexo 13), se calculó el ANVA, el mismo que resultó significativo para tratamientos ( $p > 0.01 < 0.05$ ), lo que nos indica que no todos los tratamientos tuvieron efecto similar en la capacidad de intercambio catiónico del suelo, en el cultivo de palto; asimismo, para poder determinar cuál de los tratamientos tuvo mayor efecto en el CIC del suelo se realizó la Prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), el mismo que determinó que los tratamientos T2 y T1 fueron los que mayores influenciaron en el CIC del suelo con 23.70 y 22.99, respectivamente, siendo diferentes al testigo (T0) que obtuvo un CIC de 21.97 (**Figura 35** y Anexos 14 y 18). Trinidad y Velasco (2016), en un ensayo experimental sobre la aplicación de abonos orgánicos en la producción de guayaba del suelo tratado con niveles crecientes de aplicación de gallinaza, vermicompost y estiércol bovino, durante dos años consecutivos, se incrementó el CIC de 40.69 a 47.63.



**Figura 35:** Efecto de la materia orgánica sobre el CIC (meq/l) del suelo en el cultivo de palto

#### 4.4.2. Aspecto de planta

El estado de los árboles cuando se inició el estudio no era bueno, se observaban árboles con decaimiento, follaje pobre y de color verde amarillento, como se muestra en la **Figura 36** y Anexo 19. Muchas hojas presentaban quemaduras en las puntas, angostas y alargadas; y, un tamaño de lámina menor al normal. Asimismo, se observaban escasos brotes nuevos y los que había eran débiles, el fruto tenía un calibre más pequeño comparado con otros huertos. Los abonos orgánicos tienen diferentes efectos benéficos en las propiedades físicas del suelo,

mejoran la estructura, disminuye la densidad aparente, aumenta la porosidad, aireación e infiltración y retención de agua (Trinidad y Velasco 2016). Las enmiendas orgánicas son utilizadas para mejorar las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del suelo, permitiendo aumentar los macro y micronutrientes necesarios para que las plantas mejoren su producción (Murillo *et al.* 2020). El déficit de aire en el suelo deteriora el sistema radicular, lo cual afecta la parte aérea; esto conlleva a una reducción en el crecimiento de los brotes, se inhibe la expansión de las hojas, hay abscisión de hojas (Stolzy *et al.* 1967; Schaffer *et al.* 1992) y en quemaduras en la punta de las hojas (Valoras *et al.* 1964). La cantidad de aire en el suelo, está relacionada con la textura y estructura (Ferreira y Sellés 2007). Sin embargo, luego de 15 meses los árboles en estudio, las plantas que recibieron las mayores cantidades de materia orgánica (30 t/ha), mostraron una recuperación significativa, es decir presentaron un mayor número de brotes, estaban más vigorosas, tenían un follaje más denso y de un color verde oscuro. Había una reducción en la caída de hojas, donde el color y la cantidad, era muy diferente con relación al testigo (**Figura 36**). En el tratamiento con 10 t/ha de estiércol seco de vacuno, las mejoras no fueron muy notorias.



**Figura 36:** Aspecto de la planta de palto var. Fuerte con el tratamiento testigo (0 t/ha) (A) y con 30 t/ha de estiércol de vacuno (B).

#### 4.4.3. Calibre de frutos

De acuerdo al Cuadro 9 (Norma Técnica Peruana 011.018.2005) y según los resultados obtenidos (**Cuadro 27**) indican que los tratamientos no tuvieron un efecto significativo en el calibre de los frutos; pero existe una tendencia a incrementar el peso de fruto cuando se aumenta la cantidad de estiércol al suelo en el cultivo de palto (**Figura 37**). Los calibres de

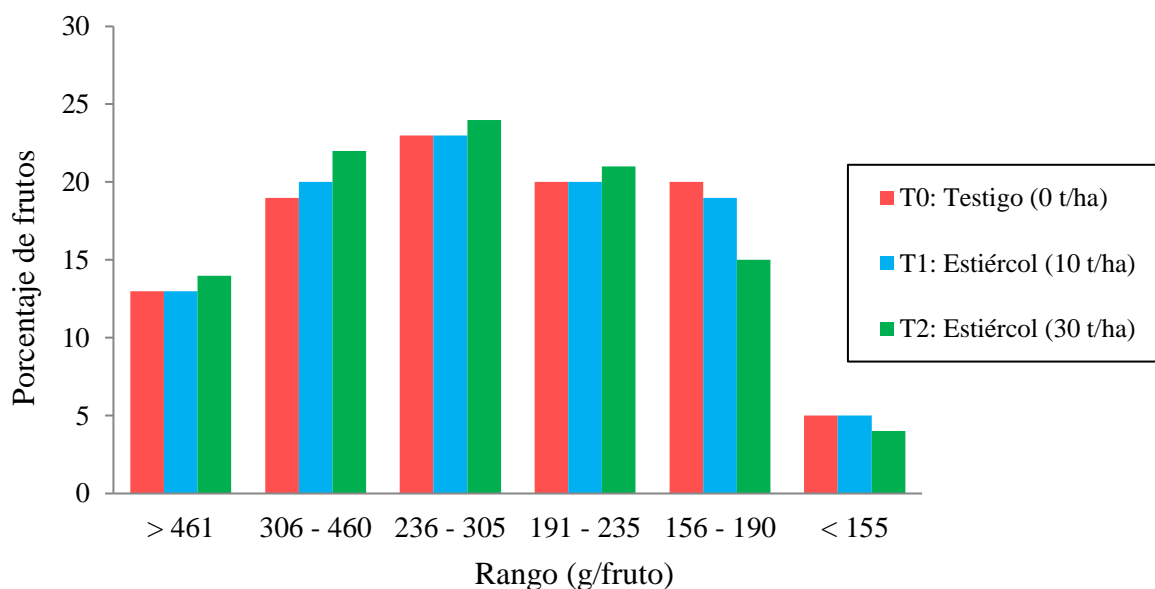
mayor relevancia fueron el de 10 y 12 (306 - 460 g/fruto) de los árboles sometidos a la aplicación de dosis alta de estiércol (T2), donde se encontró un aumento en el peso de fruto del 3% con relación al testigo (T0); asimismo en los calibres 22 y 24 (156 - 190 g/fruto), se obtuvo una disminución en el peso de la fruta del 5% en el T2 con relación al testigo (T0). Los abonos orgánicos mejoran la estructura, disminuyen la densidad aparente, aumentan la porosidad, aireación e infiltración y retención de agua (Trinidad y Velasco 2016). Felipe-Morales (2002), indica que una práctica agrícola que influye positivamente en el mantenimiento de la calidad de los suelos, es el uso de la materia orgánica, la cual mejora las diversas propiedades del suelo, como la retención del agua y la estructura. Una mayor producción y calibres se obtienen en plantas de palto que presentan un óptimo contenido de humedad del suelo (Ferreira y Sellés 2007). Richards *et al.* (1962); Lahav y Kalmar (1977); Meyer *et al.* (1990); Steinhardt (1991), citados por Gardiazabal *et al.* (2007), mencionan que la disponibilidad de agua tiene un efecto claro sobre la producción del palto; asimismo indican que, en otros estudios se ha verificado el aumento del tamaño de los frutos mediante el acortamiento del intervalo entre riegos y mediante el aumento del volumen de agua aplicado; mientras que cuando hay un déficit hídrico, ocurre una fuerte reducción de la producción.

**Cuadro 27:** Porcentaje de frutos por calibre en los tratamientos de materia orgánica en el cultivo de palto

Código del calibre	Rango	Tratamientos		
	Peso de fruto (g)	T0 (%)	T1 (%)	T2 (%)
8 a menos	> 461	13	13	14
10 y 12	306 - 460	19	20	22
14 y 16	236 - 305	23	23	24
18 y 20	191 - 235	20	20	21
22 y 24	156 - 190	20	19	15
26 a más	< 155	5	5	4

T0: Testigo, T1: Estiércol (10 t/ha), T2: Estiércol (30 t/ha)

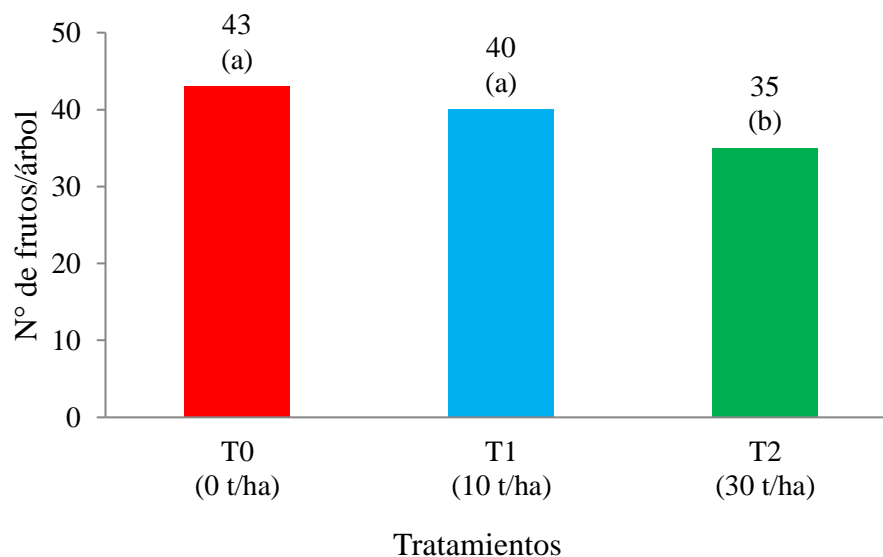




**Figura 37:** Efecto de la materia orgánica sobre el peso frutos (g/fruto) en el cultivo de palto

En cuanto al número de frutos por árbol, según en **Anexo 21**, resultó estadísticamente significativo; es decir, al menos un tratamiento estudiado tuvo diferente número de frutos por árbol con relación al resto de tratamientos. Y al realizar la Prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) (**Anexo 22**), se encontró que el tratamiento T0 y el tratamiento T1 ocuparon el primer lugar y fueron estadísticamente similares con 43 y 40 frutos/árbol respectivamente; y el tratamiento T2 obtuvo el segundo lugar con un promedio de 35 frutos/árbol (**Figura 38**). Estos resultados podrían ser una respuesta indirecta a la aplicación de la materia orgánica que como se ha indicado, aumenta la retención del agua en el suelo (Felipe-Morales 2002; Trinidad y Velasco 2016). Unger y Stewart (1974); Mathers y Stewart (1980), citados por Trinidad y Velasco (2016), en un estudio del efecto de cuatro años de aplicación continua de estiércol vacuno sobre algunas características físicas del suelo, determinaron que las constantes de humedad en todos los casos fueron mayores con la aplicación de abono orgánico. Diversos autores han reportado el efecto de la humedad del suelo sobre el calibre de los frutos de palto, haciendo ensayos de riego. Por ejemplo, Gardiazabal *et al.* (2007), en un estudio sobre la evaluación del riego y su efecto en la productividad en palto encontraron que, con el riego por gravedad, con siete pulsos por día y micro aspersión, los árboles tenían mejores pesos promedios de frutos, pero con riego por gravedad de siete pulsos por día, los árboles produjeron menos frutos/árbol. Ferreyra (2007), en un estudio sobre umbrales de riego a gravedad en palto, determinó que los rendimientos de los árboles no fueron afectados por los tratamientos aplicados. Sin embargo, cuando la

frecuencia de riego se hizo hasta agotar un 60 % de la humedad aprovechable, se tuvo una menor cantidad de frutos por árbol que los otros tratamientos (frecuencias de riego hasta agotar el 5 % y 30 % de la humedad aprovechable, respectivamente), no obstante, esta situación no afectó el rendimiento.

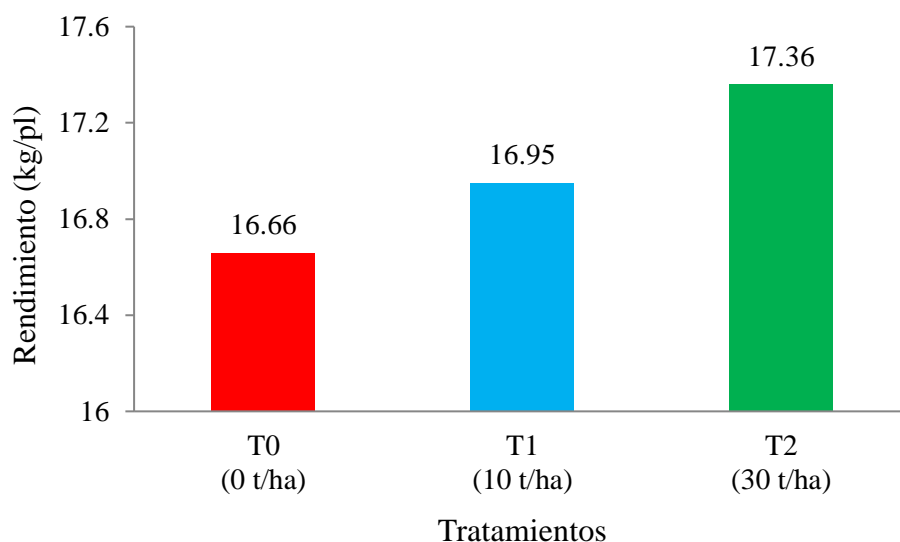


**Figura 38:** Efecto de la materia orgánica en el número de frutos/árbol en el cultivo de palto

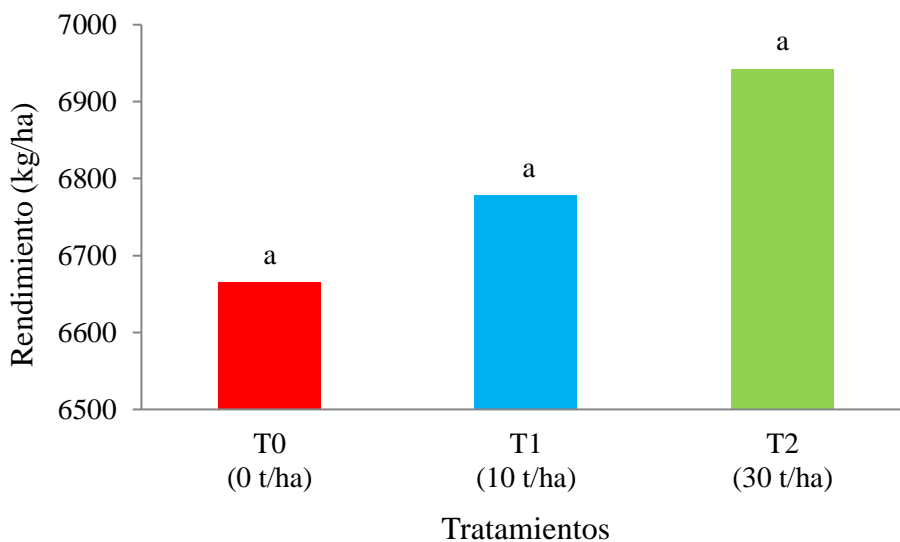
#### 4.4.4. Rendimiento

Con los resultados obtenidos del rendimiento por planta, se realizó en ANVA, lo cual no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ), así como para el rendimiento por hectárea (Anexos 21 y 23). Sin embargo, se observa una mejora o un incremento en el rendimiento, a mayor cantidad de estiércol, mayor rendimiento. En rendimiento por planta para el tratamiento testigo (T0) se obtuvo un promedio de 16.66 kg/planta, para la dosis baja de estiércol (T1) fue de 16.95 kg/planta y para la aplicación de dosis alta (T2) fue de 17.36 kg/planta, respectivamente. Esto significa 6 665, 6 779 y 6 943 kg/ha, para los tratamientos T0, T1 y T2, respectivamente, con un promedio de 6 796 kg/ha (**Figuras 39 y 40**). Según el MIDAGRI (2021), el rendimiento promedio del cultivo de palto en Moquegua es de 6 869 kg/ha.

No se tiene referencias en palto; pero en el cultivo de guayaba se aplicó gallinaza, lombricompost, estiércol bovino y un digestado llamado Súper Magro, comparados con el fertilizante químico, donde todos influyeron en el incremento del rendimiento de fruta fresca en relación con el testigo (Trinidad y Velasco 2016).



**Figura 39:** Efecto de la aplicación de materia orgánica en el rendimiento (kg/pl) en el cultivo de palto



**Figura 40:** Efecto de la aplicación de materia orgánica en rendimiento (kg/ha) en el cultivo de palto

Trinidad y Velasco (2016), indican que al utilizar los abonos orgánicos en forma sostenida en los suelos agrícolas aumenta el contenido de MO a mediano y largo plazo y, con ello, la disponibilidad de nutrientes. La aplicación de materia orgánica mejora la estructura del suelo, aporta y mantiene nutrientes para próximos cultivos (Félix *et al.* 2008). Wu y Powel (2007), mencionan que el 50 % de estiércol es biodegradado en el primer año, lo cual

garantiza el contenido de MO en el suelo en predios donde se ha aplicado estiércol por años consecutivos; siendo en zonas templadas, la tasa de descomposición de la MO más baja que en las zonas tropicales; donde la temperatura y la humedad combinados son los dos factores más importantes que controlan la tasa de descomposición bajo condiciones naturales (Arguello 1991). Según la FAO (2002), el N orgánico es de lenta disponibilidad y por lo tanto los cultivos lo pueden ir utilizando a medida que va siendo degradado de formas orgánicas a las formas minerales (NO<sub>3</sub>).

Medina *et al.* (2017), en un estudio a partir del contenido de MO del suelo derivado de un uso continuo de maíz de temporal u hortalizas con riego como punto de referencia, el sistema del cultivo de mango con riego aumentó el rendimiento en 9,5 t/ha/año después de 26 a 30 años de cultivo.

El efecto favorable en el rendimiento de los tratamientos orgánicos, en el experimento realizado en Moquegua, se explica por el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo aportadas por el estiércol de vacuno; en la que la MO no solo retiene la humedad por más tiempo (Felipe-Morales 2002), sino que además es una fuente que libera los nutrientes de manera paulatina a través de todo el ciclo fenológico (Fortis *et al.* 2009). Sin embargo, la no significación estadística entre los tratamientos, se puede explicar por el lento cambio de las propiedades del suelo producto de la aplicación del estiércol, a diferencia del efecto de los fertilizantes químicos que tienen una rápida disponibilidad de nutrientes (Moreno y Cadillo 2018); sin embargo, el fertilizante químico se lixivia y volatiliza rápidamente a diferencia del orgánico (Díez *et al.* 2004).

## **4.5. EFECTO DEL MULCH ORGÁNICO EN EL CULTIVO DE PALTO**

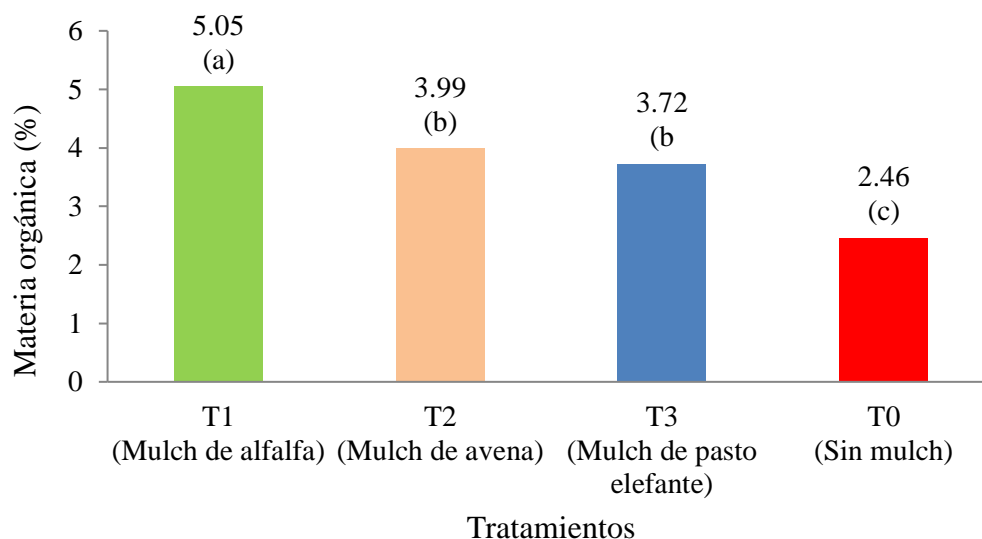
### **4.5.1. Características del suelo**

#### **a. Materia orgánica**

La descomposición del mulch contribuye a aumentar la materia orgánica que constituye una fuente de nutrientes para la planta (Foshee *et al.* 1996; Nieves 2018). El uso de mulch con compostas de residuos aumentan el contenido de materia orgánica en el suelo (Reyes *et al.* 2012). El estiércol corresponde a otro elemento ampliamente utilizado para ser aplicado como mulch; sin embargo, normalmente contiene elevadas concentraciones de sales, por lo que se recomienda su uso en forma estabilizada (Trinidad y Velasco 2016).

En los sistemas de cultivos perennes suele ocurrir un incremento de los residuos orgánicos derivados de hojas y ramas de los árboles y malezas, que son depositadas en la superficie y se van incorporando al suelo (McFarlane *et al.* 2009), así como de las raíces de los árboles, y malezas (Cusack *et al.* 2009). En palto existe una aportación de material orgánico; se realiza mediante la caída natural de las hojas que a pesar de no descomponerse fácilmente participan como fuente constante de materia orgánica (Reyes *et al.* 2012). En sistemas de mango con riego, el contenido de la materia orgánica del suelo es afectado por la incorporación de residuos de malezas (tallos, hojas, raíces finas) de los árboles, donde con la edad de los árboles, las primeras van disminuyendo debido al mayor sombreado y las segundas van aumentando (Medina *et al.* 2017).

Al realizar el análisis de variancia con los resultados obtenidos (**Anexo 25**), resultó altamente significativo ( $p < 0.01$ ) para tratamientos, es decir que al menos un tratamiento de mulch orgánico tuvo efecto diferente en el contenido de materia orgánica en el suelo. Posteriormente para determinar la diferencia estadística entre los promedios de tratamientos se realizó la Prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) dando como resultado que el tratamiento T1 ocupó el primer lugar con un promedio de 5.05 % de MO en el suelo, en segundo lugar lo obtuvieron los tratamientos T2 y T3, con promedios de 3.99 y 3.72 %, finalmente el testigo sin mulch obtuvo un promedio de 2.46% (**Figura 41** y **Anexos 26** y **27**).



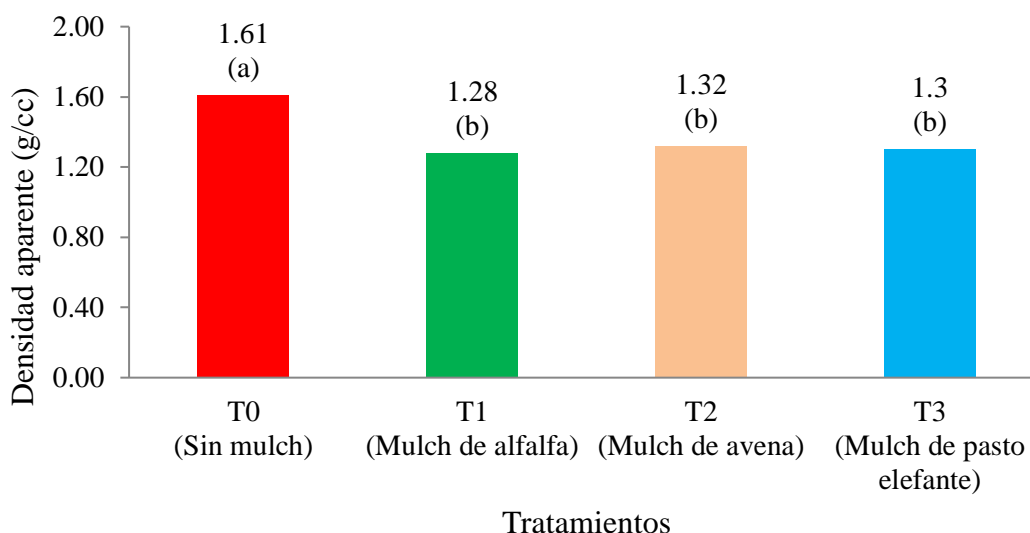
**Figura 41:** Efecto del mulch en el contenido de materia orgánica (%) del suelo en el cultivo de palto

Medina *et al.* (2017), determinaron el efecto del incremento de la materia orgánica del suelo en el cultivo de mango en condiciones de riego, de 3.26 % en el periodo de 1 a 5 años a 5.66 % en el periodo de 16 a 30 años. Pinamonti (1998), determinó un incremento del contenido de materia orgánica en el suelo al aplicar compost como mulch en viñedos. Martínez (2019), al utilizar la maleza del cultivo de nogal pecanero como mulch, determinó un incremento de la de materia orgánica en el suelo.

#### **b. Densidad aparente**

El mulch permite un incremento en el tamaño de poros del suelo en los primeros centímetros, siendo el área más fértil y aireada, donde están la mayoría de las raíces del palto (Turney y Menge 1994). El suelo acolchado permanece más aireado y con una porosidad mayor que la del suelo desnudo, lo que favorece un buen desarrollo del sistema radicular y un uso eficaz de los nutrientes (Zribi 2013). Los suelos de donde es originario el palto se caracterizan por presentar baja densidad aparente (0.5 y 0.8 g/cc). Por otra parte, el palto presenta problemas para su desarrollo en un suelo con alta densidad aparente (Ferreira y Sellés 2007). Durand y Claassens (1987), encontraron bajo crecimiento de raíz en palto en un suelo con densidades sobre 1.7 g/cc.

Para la densidad aparente, el análisis de variancia mostró diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para los tratamientos estudiados, es decir que por lo menos un tratamiento fue diferente al resto (Anexo 26). Al realizar la Prueba de comparaciones de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), se determinó que el tratamiento T0 obtuvo una densidad de 1.61 g/cc siendo diferente a los tratamientos T1, T2 y T3 que obtuvieron una densidad aparente de 1.28, 1.30 y 1.32 g/cc, respectivamente (**Figura 42** y Anexo 28). Martínez (2017), al utilizar paja de heno y hoja de palmera como subproductos orgánicos vegetales para mejorar las propiedades físicas de suelos alterados, encontró un incremento de la porosidad y una disminución de la densidad aparente. Otros autores han reportado que uno de los principales efectos medibles de la aplicación repetida en el suelo de productos de desecho orgánico es el aumento de su porosidad del suelo y, por lo tanto, la disminución de la densidad aparente del suelo (Martin *et al.* 2009; Schjøning y Thomsen 2013). Gordillo *et al.* (2018), indicaron que, con el uso de cobertura vegetal a partir de la panca de arroz en el desarrollo agronómico del cultivo de calabaza, se contribuye a conservar la fertilidad del suelo y a mejorar las condiciones físicas del mismo.



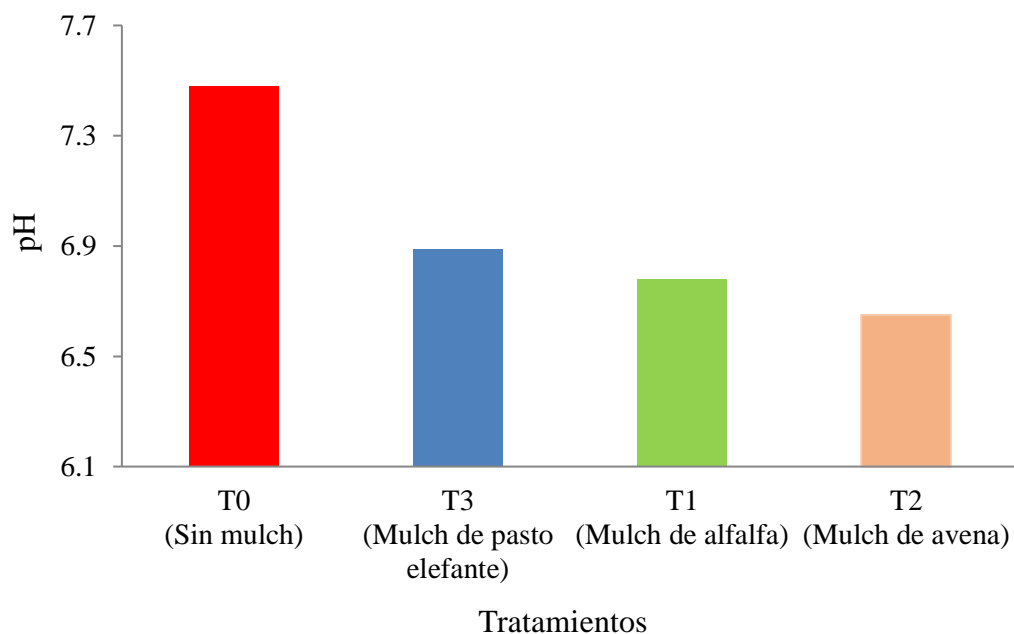
**Figura 42:** Efecto del mulch sobre la densidad aparente (g/cc) del suelo en el cultivo de palto

### c. Potencial del hidrógeno (pH)

Los suelos de donde es originario el palto, los cuales se consideran óptimos para su crecimiento, se caracterizan por presentar, un pH ácido entre 5 a 6 (Ferreira y Sellés 2007). Esta baja acidez posibilita una buena absorción de los principales nutrientes. Se cultiva, a veces, en suelos con un pH de 8, pero se producen severas clorosis, pues por encima de un pH de 7 disminuye la absorción de hierro (Fe). En suelos muy ácidos (por debajo de pH 5.5), comienzan los efectos tóxicos del aluminio (Al), que es fácilmente absorbido (Mattar 2001). Franciosi (1992), menciona que entre las exigencias que tiene el frutal de palto es un pH variable de 5.5 a 7.5; asimismo Calabrese (1992), menciona que la banda óptima de oscilación de pH para el cultivo de palto está entre 5 y 7.3. Buendía (2015), menciona que un pH neutro o ligeramente ácido (6.0 a 7.3) es el adecuado para cultivar la planta de palto.

Al realizar el ANVA con los resultados obtenidos (Anexo 25), se encontraron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ), lo que nos indica que el efecto de los tratamientos de mulch en el pH del suelo fue diferente. Al realizar la Prueba de comparaciones de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), se determinó que el tratamiento T0 obtuvo un pH de 7.48 siendo mayor a los tratamientos T1, T2 y T3 que obtuvieron un disminución del pH de 6.89, 6.78 y 6.65, respectivamente (**Figura 43** y Anexos 26 y 29), esto se debería a los diferentes ácidos generados durante la descomposición de la

materia orgánica, a los efectos sobre la textura por el mulch y no a su tasa de descomposición o también, al mayor contenido de humedad en el suelo producto de la cobertura del mulch. Las coberturas pueden provocar cambios ligeros en el pH, que influye directamente en muchos procesos químicos e indirectamente en procesos físicos del suelo, como también en la relación planta-suelo (Zribi *et al.* 2015). El aporte de cortezas de árboles tiende a acidificar el pH del suelo; por consiguiente, se debe tener presente el material a aplicar en las coberturas o mulch y mantener el pH hacia la neutralidad (Jaramillo 2002 citado por Nieves 2018).



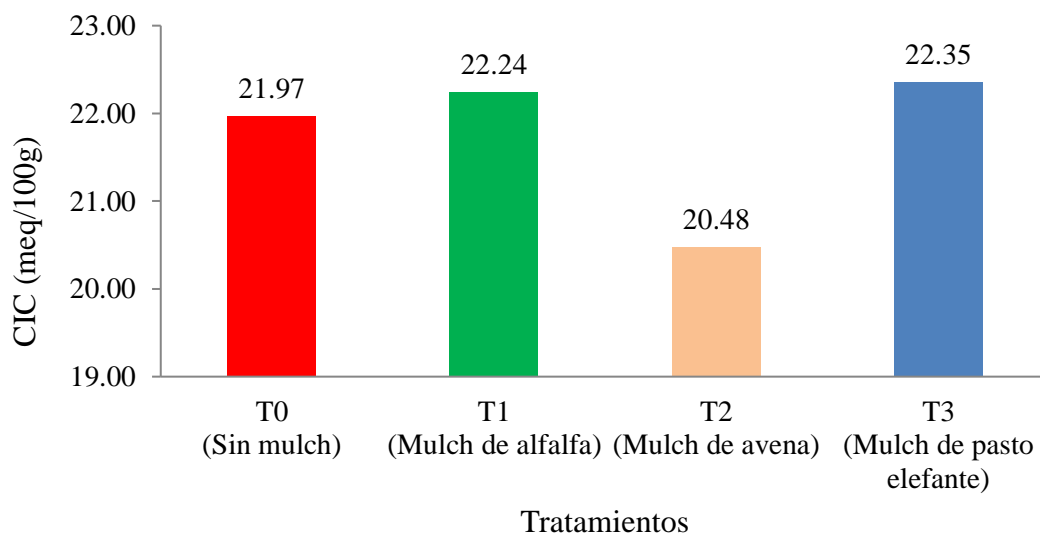
**Figura 43:** Efecto del mulch sobre el pH del suelo en el cultivo de palto

#### d. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

El CIC es el total de cationes intercambiables que un suelo puede retener a un pH determinado. Los componentes del suelo que contribuyen a la CIC son la arcilla y la materia orgánica, y en una menor extensión, el limo (Martel *et al.* 1978; Manrique *et al.* 1991). El CIC asociado al complejo arcillo-húmico, juega por tanto un valioso papel como regulador de la fertilidad del suelo; retiene y pone a disposición de las plantas los elementos nutritivos que éstas necesitan; asimismo, la MO y el humus en particular, influyen sobre el suelo, al aumentar entre otros el CIC (Serrano 1997).



Con los resultados obtenidos (Anexo 25), se realizó el ANVA, el mismo que resultó sin diferencias significativas ( $p>0.05$ ) para tratamientos; lo que nos indica que el efecto de los tratamientos de mulch en el CIC del suelo fue similar; sin embargo, se observa un incremento en los tratamientos T1 y T3 y una disminución en el T2, con relación al testigo (**Figura 44** y Anexos 26 y 30). Se observa que el valor más bajo del CIC es con el T2 (mulch de avena), pero las diferencias con los valores presentados con el T1, T3 y T0 (sin aplicación de mulch) no fueron estadísticamente significativas ( $p>0.05$ ). Mattar (2001), en una evaluación de la utilización de coberturas de avena, vicia y mezcla avena+via en palto no encontró diferencias significativas para el CIC. Tukey y Schoff (1963), en ensayos sobre el efecto del mulch en el suelo, encontraron diferencias con relación al testigo sin mulch, pero estas diferencias no fueron significativas ( $p>0.05$ ). Nieves (2018), menciona que el mulch muestra ser importante para el desarrollo de la planta y mejora la condición del suelo agrícola porque ayuda a optimizar la fertilidad y maximizar la relación planta-suelo.



**Figura 44:** Efecto del mulch sobre el CIC (meq/100g) del suelo en el cultivo de palto

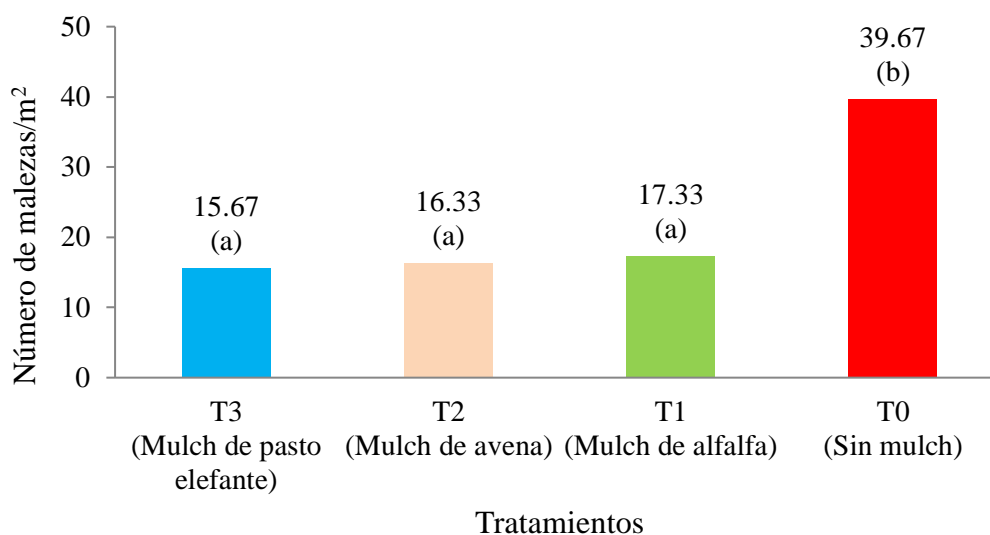
#### 4.5.2. Malezas

El único problema que hay que tener en cuenta respecto a las labores en las plantaciones de palto es el de controlar la vegetación espontánea (Calabrese 1992). Las raíces del palto son muy superficiales, por lo que las labores manuales o mecánicas para el control de malezas causan severos daños; más aún, las heridas en las raíces son las puerta de ingresos de patógenos como el hongo *Phytophthora cinnamomi*, por lo que el uso de herbicidas se está

haciendo más común (Franciosi 1992); uso que genera problemas de contaminación del aire, del suelo y del agua, afectando no sólo la calidad del ambiente si no también la salud de los propios productores (Felipe-Morales 2002).

Uno de los objetivos del mulch es reducir la presencia de malezas (Abdul-Baki y Teasdale 1994); lo que permite reducir el uso de herbicidas o un menor costo en el control manual o mecánico. El efecto supresivo sobre el crecimiento de las malezas permite reducir también la pérdida de humedad por transpiración, manteniéndose la superficie del suelo más húmeda por un período de tiempo más prolongado (Turney y Menge 1994). También el efecto supresivo del mulch sobre las malezas puede deberse a efectos físicos debido a la alteración de las condiciones ambientales (disponibilidad de luz, temperatura y humedad del suelo) (Teasdale y Mohler 1993); como químicos que se deben a la liberación de aleloquímicos causados por la descomposición del mulch (Moonen y Barberi 2006 citados por Frutos *et al.* 2016). Los mulches de cereales y leguminosas son ampliamente utilizados en diferentes sistemas de cultivo. El uso de leguminosas se debe principalmente al enriquecimiento del nitrógeno del suelo fijado biológicamente, mientras que el mulch de cereales se utiliza por su capacidad para reducir la lixiviación de nitrógeno y suprimir malezas (Hooker *et al.* 2008, citados por Frutos *et al.* 2016).

Con los resultados obtenidos (Anexo 31), se calculó el ANVA, el mismo que resultó altamente significativo para tratamientos ( $p < 0.01$ ), lo que nos indica que no todos los tratamientos tuvieron efecto similar en el control de malezas en el cultivo de palto; asimismo, para poder determinar cuál de los tratamientos tuvo mayor efecto en las malezas se realizó la Prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), el mismo que determinó que los tratamientos T3, T2 y T1 fueron los que tuvieron menor número de malezas por metro cuadrado, con promedios de 15.67, 16.33 y 17.33 respectivamente, siendo diferentes estadísticamente al testigo sin mulch (T0) que obtuvo un promedio 39.67 malezas por metro cuadrado (**Figura 45**).



**Figura 45:** Efecto del mulch sobre el número de malezas por metro cuadrado en el cultivo de palto

Entre las malezas que se presentaron con mayor frecuencia (**Cuadro 28**), para el T0 se tuvo a la Verdolaga (*Portulaca oleracea*), Papilla (*Pitirraea cuneato-ovata*), Malva común (*Malva sylvestris*), Pega-pega (*Bidens pilosa*) y Cebadilla (*Echinochloa crus-galli*); y para los tratamientos T3, T2 y T1, se observó con mayor frecuencia a la Papilla, Cebadilla y Pega pega principalmente. Wiegand (1999), en un estudio sobre efectos de la utilización de mulch de acícula de pino, corteza de pino, paja con guano de caballo y guano de pavo sobre la productividad del palto, observó que todos los tratamientos presentaron menor invasión de malezas que el testigo sin mulch; asimismo, Mattar (2001), en una evaluación técnica de la utilización de coberturas de avena, vicia y una mezcla de avena y vicias en paltos, determinó que los mulches presentaron menor presencia de malezas en comparación con el testigo sin mulch, donde la menor incidencia de malezas fue la mezcla de avena y vicia segada. Gómez (2015), en un ensayo en mandarina evaluó diferentes tipos de mulches: cáscara de arroz, chip de madera de eucalipto, cobertura plástica, manejo químico convencional y testigo (sin aplicación de herbicidas ni utilización de coberturas), observó la mayor cobertura de malezas en el testigo, con coberturas medias de malezas del 45 %, manteniendo diferencias significativas con el resto de los tratamientos. Frutos *et al.* (2016), en un ensayo sobre la aplicación de diferentes tipos de mulch orgánico (sin mulch; mulch de maíz, mulch de vicia, mulch de avena y mulch de caña de azúcar) en el cultivo de brócoli, observaron en el control de malezas, que todos los tratamientos con mulch tuvieron un menor peso fresco de malezas ( $p < 0.05$ ) que el testigo sin mulch. Gordillo *et al.* (2018) indicaron que, con el uso de

cobertura vegetal a partir de la panca de arroz en el desarrollo agronómico del cultivo de calabaza, se reduce los problemas de contaminación ambiental debido al control natural de malezas y los costos de producción, por la aplicación excesiva de fertilizantes en la agricultura convencional.

**Cuadro 28:** Número de malezas por metro cuadrado, en tres evaluaciones (enero 2019-agosto 2020), en los diferentes tratamientos de mulch orgánico en el cultivo de palto

N°	Nombre científico	Nombre común	T0	T1	T2	T3
1	<i>Amaranthus spinosus</i>	Kiwicha silvestre	6	5	4	4
2	<i>Bidens pilosa</i>	Pega-pega	9	6	4	4
3	<i>Brassica rapa</i>	Nabo silvestre	4	3	2	2
4	<i>Chenopodium álbum</i>	Quinoa silvestre	7	1	1	1
5	<i>Conyza bonariensis</i>	Rama Negra	2	1	2	2
6	<i>Datura stramonium</i>	Chamico	4	2	2	2
7	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Cebadilla	9	7	5	7
8	<i>Euphorbia hypericifolia</i>	Golondrina	8	5	3	4
9	<i>Flaveria bidentis</i>	Flor amarilla	3	1	0	0
10	<i>Galinsoga parviflora</i>	Albahaca silvestre	8	3	2	2
11	<i>Ipomoea purpurea</i>	Campanilla	8	2	3	3
12	<i>Lactuca serriola</i>	Cardo lechero	6	0	1	0
13	<i>Malva sylvestris</i>	Malva común	11	3	3	3
14	<i>Nicandra physaloides</i>	Capulí cimarrón	3	0	0	0
15	<i>Pitraea cuneato-ovata</i>	Papilla	13	9	8	7
16	<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	14	2	5	4
17	<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	2	2	2	2
18	<i>Sonchus oleraceus</i>	Kanacho	2	0	2	0
Total			119	52	49	47

T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante

#### 4.5.3. Calibre de frutos

En palto como otros frutales, el tamaño pequeño de fruto es una limitante en la comercialización (Mattar 2001). En la producción de paltas, el tamaño del fruto tiene una importancia económica muy significativa. Esta característica es afectada principalmente por el rendimiento y el número de frutos presentes en el árbol (Levinson y Adato 1991).

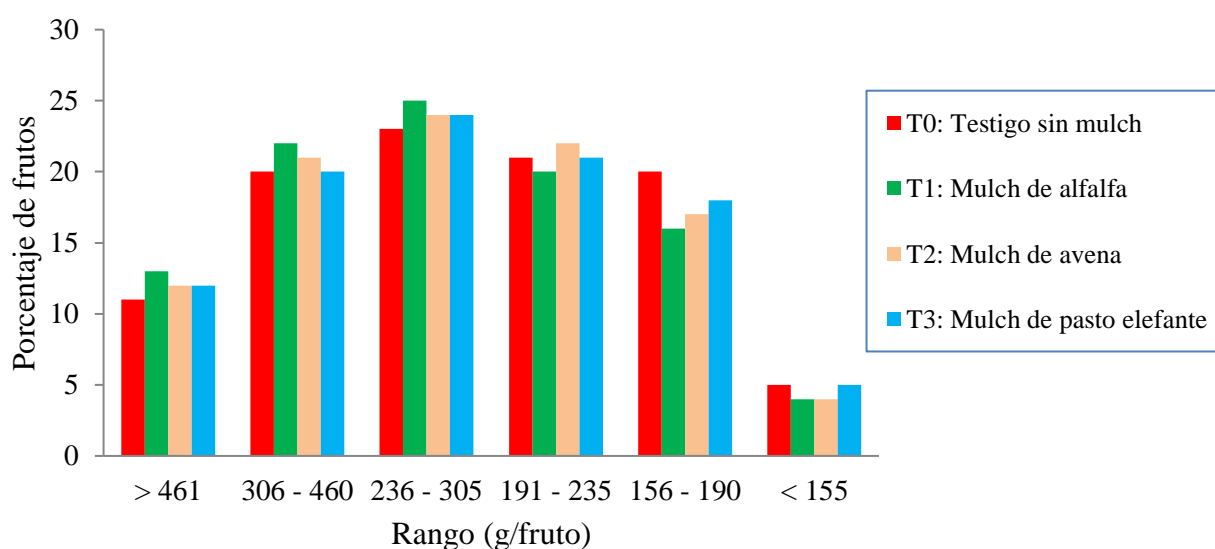
De acuerdo al Cuadro 9 (Norma Técnica Peruana 011.018.2005), y según los resultados obtenidos (**Cuadro 29**) indican que entre los tratamientos que se aplicaron mulch al cultivo de palto no hubo diferencias significativas; sin embargo, entre los tratamientos del mulch

con relación al testigo se observa una tendencia a incrementar el peso de frutos con una disminución en la cantidad de frutos de menos peso. Al analizar la distribución de los calibres de mayor relevancia 10 y 12 (306 - 460 g/fruto), y 14 y 16 (236 - 305 g/fruto) para el tratamiento T1 (mulch de alfalfa) hubo un aumento del 2% con relación al testigo (T0). Por otro lado, se logró una disminución en el peso de la fruta en los calibres 22 y 24 (156 - 190 g/fruto) del 4 % para el tratamiento T1, 3 % para el tratamiento T2 y 2 % para el tratamiento T3, con relación al testigo (T0) (**Figura 46**). Pero en general, con el tratamiento T1 se logró un mayor incremento de los calibres de 16 a menos, es decir los frutos de mayor peso (>236 g/fruto). Estos resultados se explicarían por un mayor contenido de humedad en los suelos con mulch (Turney y Menge 1994).

**Cuadro 29:** Porcentaje de frutos por calibre en los tratamientos de mulch en el cultivo de palto

Código del calibre	Rango	Tratamientos			
	Peso de fruto (g)	T0 (%)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)
8 a menos	> 461	11	13	12	12
10 y 12	306 - 460	20	22	21	20
14 y 16	236 - 305	23	25	24	24
18 y 20	191 - 235	21	20	22	21
22 y 24	156 - 190	20	16	17	18
26 a más	< 155	5	4	4	5

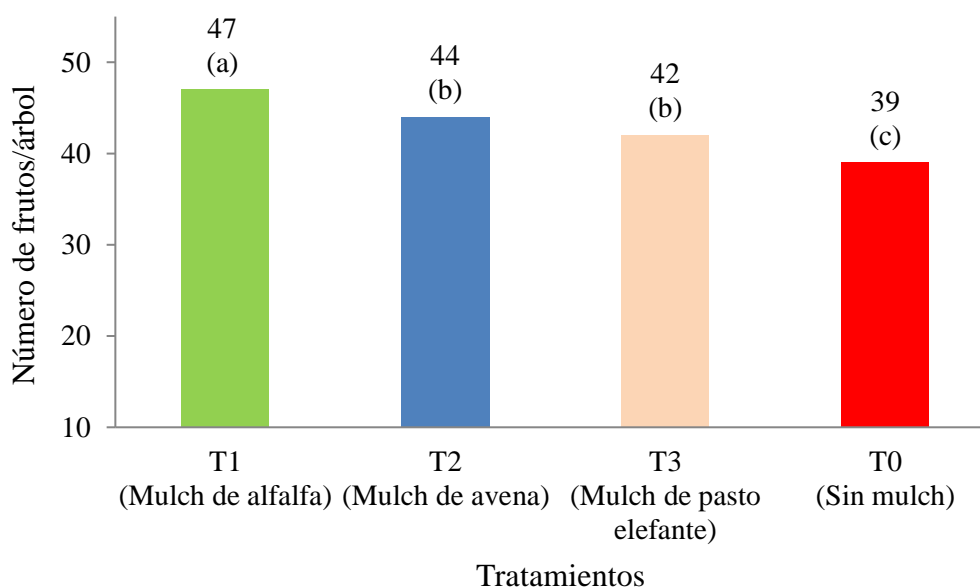
T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante



**Figura 46:** Efecto del mulch sobre el peso de frutos (g/fruto) en el cultivo de palto

Una mayor producción y calibres se obtienen en plantas de palto que presentan un óptimo contenido de humedad del suelo (Ferreyra y Sellés 2007). Turney y Menge (1994), indican que una de las ventajas del uso de mulch es la conservación de la humedad del suelo y la capacidad de retención de agua. Wolstenholme *et al.* (1997), mediante ensayos, en un período de tres temporadas consecutivas en palto, en las cuales se compararon la utilización de mulch de corteza de pino compostada con un testigo sin mulch, apreciaron un aumento de un 7 % en el tamaño de los frutos y un 23 % en la producción total.

En cuanto al número de frutos por planta, según en el Anexo 33, resultó estadísticamente significativo ( $p < 0.01$ ), es decir al menos un tratamiento estudiado tuvo diferente número de frutos por árbol con relación al resto de tratamientos. Y al realizar la Prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) (Anexo 34), se encontró que el tratamiento T1 logró el primer lugar con 47 frutos/árbol, el segundo lugar lo ocuparon los tratamientos T2 y T3 con 44 y 42 frutos/árbol respectivamente, finalmente el tratamiento T0 obtuvo 39 frutos/árbol (**Figura 47**). El mayor número de frutos/planta se obtuvo con el tratamiento T1 (mulch de alfalfa) con un 17 % más y estaría asociado al mayor contenido de materia orgánica (5.05 %) y una mayor retención de humedad en el suelo, con relación al testigo (sin aplicación de mulch) y con 2.45 % de materia orgánica.

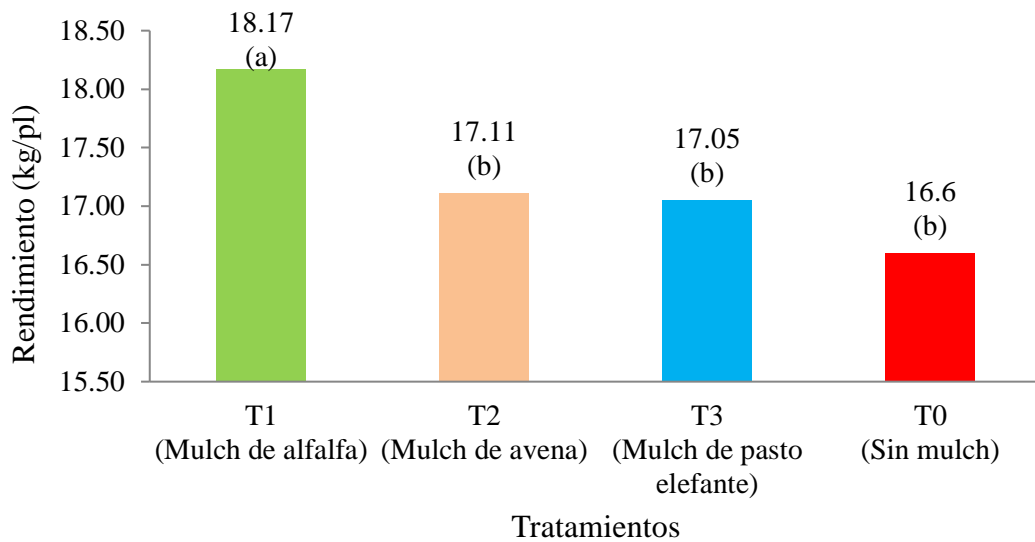


**Figura 47:** Efecto del mulch sobre el número de frutos/árbol en el cultivo de palto

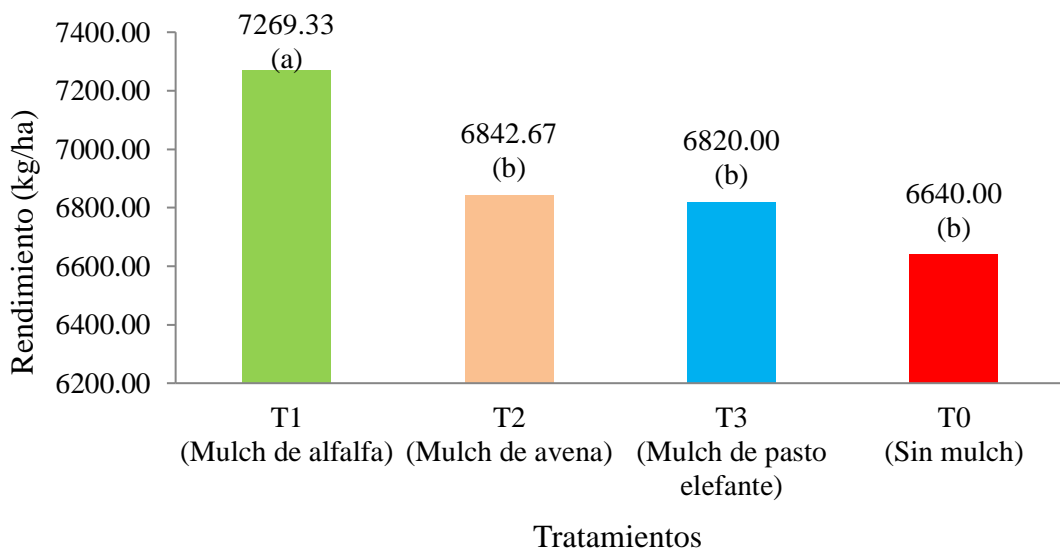
Wolstenholme *et al.* (1997), en el cultivo de palto en un período de tres temporadas consecutivas en palto compararon la utilización de mulch de corteza de pino compostada con un testigo sin mulch, apreciaron un aumento del 15% en el número de frutos y en número de frutos no aceptables para la exportación se vio disminuido en un 29 %. Wiegand (1999) en un estudio sobre efectos de la utilización de mulch de acícula de pino, corteza de pino, paja con guano de caballo y guano de pavo sobre la productividad del palto, observó en la primera temporada un aumento en la producción y peso de los frutos pero no registró aumento del número de frutos; de igual manera Mattar (2001), en un la evaluación de la utilización de coberturas de avena, vicia y mezcla avena + vicia en paltos determinó en la primera temporada un aumento en la producción y peso de los frutos sin embargo no registró aumento del número de frutos. Gordillo *et al.* (2018), indicaron que la cobertura vegetal a partir de la panca de arroz en el desarrollo agronómico del cultivo de calabaza, es una alternativa viable de producción, ya que, las plantas cultivadas, presentaron valores altos en las variables agronómicas analizadas, con relación al testigo (sin mulch).

#### **4.5.4. Rendimiento**

De los resultados obtenidos del rendimiento de fruta en el cultivo de palto (Anexo 33), se realizó el ANVA, en la cual se encontró diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ), para rendimiento por planta, así como para rendimiento por hectárea (Anexos 35A y 36A), es decir que al menos un tratamiento o todos los tratamientos tuvieron efecto diferente en el rendimiento. Asimismo, para determinar cuál o cuáles de los tratamientos de mulch aplicados tuvieron mayor efecto, se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), la misma que se determinó que el tratamiento T1 (mulch de alfalfa) con un rendimiento promedio de 18.1 kg/planta ocupó el primer lugar (**Figura 48** y Anexo 35B). El resto de tratamientos estudiados ocuparon el segundo lugar con rendimientos por planta de 17.11 (T2: mulch de avena), 17.05 (T3: mulch de pasto elefante) y 16.60 (T0: testigo sin mulch) kg/planta respectivamente; de igual manera según la Cuadro 42 en rendimiento por hectárea (**Figura 49** y Anexo 36B) el tratamiento T1 logró un rendimiento de 7 269.33 kg/ha, sin embargo los demás tratamientos obtuvieron el segundo lugar con 6 842.67 (T2), 6,820.00 (T3) y 6,640.0 (T0) kg/ha, respectivamente. Según MIDAGRI (2021), el palto en Moquegua tiene un rendimiento promedio de 6,869 kg/ha, donde el promedio nacional es de 11.8 t/ha (MINAGRI 2020).



**Figura 48:** Efecto del mulch sobre el rendimiento (kg/pl) en el cultivo de palto



**Figura 49:** Efecto del mulch sobre el rendimiento (kg/ha) en el cultivo de palto

Los mulches de cereales y leguminosas son ampliamente utilizados en diferentes sistemas de cultivo (Frutos *et al.* 2016). El efecto del mulch orgánico sobre la producción de los cultivos es muy variable y depende de muchos factores, entre ellos el tipo de mulch, la forma y época de instalación, el cultivo para el cual se utilizan, el tipo de suelo, las condiciones edafoclimáticas y las malezas presentes (Zaragoza *et al.* 1995; Wolstenholme *et al.* 1996; Queiroga *et al.* 2002; Resende *et al.* 2005 citados por Gómez 2015). El uso de leguminosas



se debe principalmente al enriquecimiento del nitrógeno del suelo fijado biológicamente, mientras que el mulch de cereales se utiliza por su capacidad para reducir la lixiviación de nitrógeno y suprimir malezas (Hooker *et al.* 2008 citados por Gómez 2015). Las leguminosas, son generalmente bajas en carbono y más altas en nitrógeno en comparación con las gramíneas, y por tener una menor relación C/N sufren una descomposición más rápida que las gramíneas. Mientras menor sea la relación C/N, mayor será la cantidad de nitrógeno liberado al suelo para el inmediato uso para las plantas (Gamarra *et al.* 2018). Según el Cuadro 17, de los mulches utilizados, la alfalfa tiene un mayor porcentaje de N que la avena y el pasto elefante.

Wolstenholme *et al.* (1997), observaron en el cultivo de palto, que el uso de mulch de corteza de pino permite en un período de tres temporadas consecutivas, generar un aumento tanto en la producción y peso de los frutos. Frutos *et al.* (2016), en el cultivo de brócoli obtuvo una producción en cosecha de 31.8 t/ha con tratamiento de mulch de vicia con relación al mulch de avena que logró 18.6 t/ha. Asimismo, Nieves (2018), indica que el mulch muestra ser importante para el desarrollo de la planta y mejora la condición del suelo agrícola porque ayuda a optimizar la fertilidad, maximizar la relación planta-suelo de manera indirecta en el rendimiento. Una de las ventajas de aplicar mulch orgánico es el aumento de la fertilidad del suelo (Turney y Menge 1994), y la mejora la producción y rendimiento del cultivo (Frutos *et al.* 2016). Una de las alternativas sostenibles de manejo de residuos de cosecha en agroecosistemas de palto y mandarina es la incorporación al suelo de mulch (Collantes *et al.* 2019).

## V. CONCLUSIONES

1. En la zona de estudio, las fincas productoras de palto son pequeñas, se reporta el cambio de la variedad Fuerte por Hass. El manejo técnico del cultivo es convencional; pero deficiente lo que origina bajos rendimientos. Los huertos en su mayoría son de tipo vergel, también cultivan alfalfa, hortalizas y otros frutales; además de criar animales. Los productores, no han desarrollado mecanismos para llegar directamente al consumidor final. Las fincas se agrupan en cinco grupos, siendo el más importante el grupo V, que reúne al 46 % del total.
2. La mayor parte de las fincas productoras de palto en la provincia de Mariscal Nieto, Moquegua, no son sustentables (73 %). En general, los indicadores tuvieron valores mayores en la dimensión sociocultural (ISC= 2.67), seguido de la dimensión ambiental (IA= 2.58) y la dimensión económica (IK=1.89).
3. El rendimiento más alto de palto, se reportó en la “finca tipo” II con la variedad Hass (8.1 t/ha) y con la variedad Fuerte, el mayor rendimiento correspondió a la “finca tipo” V (4.8 t/ha).
4. La materia orgánica aumentó el rendimiento y el calibre del fruto en el cultivo del palto variedad Fuerte en la provincia Mariscal Nieto. La mayor cantidad de materia orgánica (30 t/ha), permitió obtener el más alto rendimiento (6.9 t/ha).
5. El mulch orgánico, aumentó el rendimiento y el calibre del fruto en el cultivo del palto variedad Fuerte en la provincia Mariscal Nieto. El mulch de alfalfa, permitió obtener el mayor rendimiento (7.3 t/ha).

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Promover el uso de materia orgánica y del mulch orgánico, en el cultivo de palto, con la finalidad de proteger al suelo, reducir la presencia de malezas, mejorar las características fisicoquímicas de los suelos, reducir el uso de fertilizantes, además de mejorar los rendimientos. Las instituciones públicas y privadas del sector agrario, deben realizar eventos de capacitación, sobre manejo de suelos, manejo de enfermedades y otros aspectos que permitan mejorar el nivel tecnológico de los productores.
2. Trabajar con las organizaciones de productores de palto para mejorar la sustentabilidad de las fincas, la tarea es mayor y urgente en la dimensión económica. Se debe promover la organización de los productores, los proveedores de insumos y los compradores en cadenas productivas, a fin de generar economías de escala y aumentar la rentabilidad de la producción agraria. En la dimensión ambiental, se debe trabajar en el manejo de la biodiversidad, se podría generar zonas de conservación biológica en las fincas, teniendo en cuenta que, en la provincia de Mariscal Nieto, Moquegua, la mayoría de los productores, poseen huertos tipo vergel, donde se tiene una importante biodiversidad.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdul-Baki, A; Teasdale, J. 1994. Sustainable production of fresh-market tomatoes and other vegetables with cover crop mulches. Bulletin N° 2280. USA, United States Department of Agriculture (USDA) - Agricultural Research Service. 31 p.
- Alegre, J. 1977. Efecto de enmiendas orgánicas sobre la agregación y estabilidad de los agregados, porosidad, humedad equivalente y CIC en un suelo de costa. La Molina. Tesis Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). 86 p.
- Altieri, M. 1999. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo, Uruguay, Nordan - Comunidad. 338 p.
- Altieri, M; Nicholls, C. 2000. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. México, PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 257 p.
- Álvarez, J; Gómez, D; León, N; Gutiérrez, F. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*, 44:575-586.
- American Society of Agronomy. 1987. Environment growth and development. Washington DC, EUA, Development Committee Pamphlet N° 14. 20 p.
- Anculle, L. 2019. Sustentabilidad de fincas productoras de *Opuntia ficus-indica* para la producción de *Dactylopius coccus*, en Arequipa, Perú. Tesis para doctorado. Lima, Perú, UNALM. 239 p.

- Anzules, V; Borjas, R; Castro, V; Julca, A. 2018. Caracterización de fincas productoras de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Santo Domingo de Los Tsáchilas, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 8(2):39-50.
- Apaza, W; Quiroz, P; Julca, A. 2019. Characterization of avocado and asparagus farms in the Chavimochic irrigation project in La Libertad, Peru. *Peruvian Journal of Agronomy*, 3(3):91-103.
- Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA). 2003. Overview of Cover Crops and Green Manures: Fundamentals of Sustainable Agriculture. USA, Rural Business-Cooperative Service, Department of Agriculture. 16 p.
- Aquino, V; Camarena, F; Julca, A; Jiménez, J. 2018. Caracterización multivariada de fincas productoras de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) del Valle de Mantaro, Perú. *Sciencia Agropecuaria*, 9(2):269-279.
- Arguello, H. 1991. La descomposición de la materia orgánica y su relación con algunos factores climáticos y microclimáticos. *Agronomía Colombiana*, 8(2):384-388.
- Ascencios, D. 2012. Sistema de riego en cultivo de palto. Guía técnica. Barranca, Perú, UNALM y Agrobanco. 28 p.
- Astier, M; Macera, O; Galván, Y. 2008. Evaluación de la sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. Valencia, España. SEAE/CIGA/ECOSUR/CIEco/UNAM/GIRA/Mundiprensa/Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable. 201 p.
- Ataucusi, S. 2015. Manejo técnico del cultivo de palta. Lima, Perú, Cáritas del Perú. 39 p.
- Baíza, V. 2003. Guía técnica del cultivo de aguacate. El Salvador, IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 68 p.

- Bolaños, O. 1999. Caracterización y tipificación de organizaciones de productores y productoras. Ministerio de agricultura y ganadería. XI Congreso Agronómico Nacional y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica 19-23 julio de 1999. 9 p.
- Buendía, M. 2015. Cultivo, producción y comercialización de paltos. Lima, Perú, Editorial MACRO. 215 p
- Burbano, H. 2016. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas* 33(2):117-124.
- Bravo, C; Lozano, Z; Hernández, R; Piñango, L; Moreno, B. 2004. Efecto de diferentes especies de coberturas Sobre las propiedades físicas de un suelo de Sabana con siembra directa de maíz. *Bioagro* 16(3):163-172.
- Cabrera, D; García, A; Acero, R; Castaldo, A; Perea, J; Martos, J. 2004. Metodología para la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos. Documentos de trabajo: Producción animal y gestión. DT 1, Vol. 1/2004. España, Universidad de Córdoba. 99 p.
- Cáceres, H; Julca, A. 2018. Caracterización y tipología de fincas productoras de vid para pisco en la región Ica-Perú. *IDESIA (Chile)*, 36(3):35-43.
- Calabrese, F. 1992. El aguacate. Madrid, España, Ediciones Mundi Prensa. 249 P.
- Calzada, J. 1964. Métodos estadísticos para la investigación. Segunda edición. Lima, Perú, SESATOR. 494 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1981. Caracterización de Sistemas Agrícolas Honduras, Intibuca. Serie materiales de enseñanza 6. Turrialba, Costa Rica. 84 p.
- CENAGRO (Censo Nacional Agropecuario). 1994. III Censo Nacional Agropecuario 2012. INEI (Instituto Nacional de Estadística). Lima, Perú. Consultado 8 de jun. 2018. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/bcoCuadros/IIIcenagro.htm>

- CENAGRO. 2012. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. INEI. Lima, Perú. 63 p.
- Collantes, R; Rodríguez, A. 2015. Sustentabilidad de agroecosistemas de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus spp.*) en Cañete, Lima – Perú. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Tecnología y Desarrollo, 13(1):27-34.
- Collantes, R; Rodríguez, A; Beyer, A; Rodríguez, P. 2019. Alternativas sostenibles de manejo de residuos de cosecha en agroecosistemas de palto y mandarina en Cañete, Lima, Perú. Aporte Santiaguino, 12(2):228-235.
- Conway, G; Barbier, E. 1992. After the green revolution: sustainable agriculture for development. Londres y New York, Earthscan Publications Ltd. 205 p.
- Costanza, R; Daly, H. 1992. Natural Capital and Sustainable Development. Conservation Biology, 6(1):37-46.
- Cusack, D; Chou, W; Yang, W; Harmon, M; Silver, W; Team, T. 2009. Controls on long-term root and leaf litter decomposition in neotropical forest. Global Change Biology, 15: 1339-1355.
- Díez, J; Herniáiz, P; Muñoz, M; De La Torre, A; Vallejo, A. 2004. Impacto del purín de cerdo en las propiedades del suelo, la salinización del agua, la lixiviación de nitratos y el rendimiento del cultivo en un experimento de cuatro años en el centro de España. Soil Use and Management, 20(4):444-450.
- Dirección Regional Agraria Moquegua. 2002. Plan estratégico regional 2003-2011. Moquegua, Perú. 61 p.
- Donoso, J; Bastías, R; Lemus, G; Silva, L. 2006. Comportamiento fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) en tres localidades de la VI región, temporada 2004-2005. Informativo 7. Chile, INIA Rayentué. 8 p.
- Duppong, L; Delate, K; Liebman, M; Horton, R; Romero, F; Kraus, G; Petrich, J; Chowdbury, P. 2004. The effect of natural mulches on crop performance, weed

suppression and biochemical constituents of Catnip and St. John's Wort. *Crop Science* 44 (3):861-869.

Espinosa, E. 2007. Evaluación de diferentes frecuencias de fertirrigación y otras técnicas de manejo sobre la floración y producción de palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. Tesis para licenciado en Agronomía. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile. 137 p.

Fairlie, T. 1990. Proyecto de Investigación de Sistemas Agropecuarios Andinos: II Seminario-Taller Enfoque y Análisis de Sistemas Agropecuarios Andinos. Puno, Perú, INIAA-PISA. p. 88-102.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2002. Los fertilizantes y su uso. 82 p.

FAO. 2020. Objetivos del desarrollo sostenible. Consultado 20 de agosto de 2020. Disponible en <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/sustainable-agriculture/es/>

FAO. 2021. Cultivo de palto en el Perú (en línea). Roma, Italia. Consultado 19 abr. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.

Felipe-Morales, C. 2002. Manejo agro ecológico del suelo en sistemas andinos. En *Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable*. Argentina, Ediciones Científicas Americanas. p. 233-248

Félix, J; Sañudo, R; Rojo, G; Martínez, R; Olalde, V. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai: Revista Sociedad, Cultura y Desarrollo*, 4(1):57-67.

Ferreira, R; Sellés, G; Maldonado, P; Celedón, J; Barreras, C; Gil, P. 2006. La asfisia radicular y el manejo del riego en palto. Seminario Internacional Manejo del Riego y Suelo en el Cultivo del Palto. Chile 27 - 28 de septiembre de 2006. La Cruz, Chile. 21 p.



- Ferreya, R. 2007. Proyecto: Aumento de la productividad del palto a través del mejoramiento de las prácticas de riego y aireación del suelo en la zona central del país. Informe final. Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 156 p.
- Ferreya, R; Sellés, G. 2007. Manejo del riego y suelo en palto. Boletín N° 160. La Cruz, Chile, Instituto INIA. 120 p.
- Ferreya, R; Defilippi, B; Saavedra, J; Sellés, G; Robledo, P; Lu Arpaia, M; Karlezi, D; Crane, J; Shaffer, B; Bower, J; Gil, P; Troncoso, C. 2012. Factores de precosecha que afectan la postcosecha de la palta Hass: Clima, suelo y manejo. Boletín N° 248. la Cruz, Chile, INIA. 103 p.
- Fitzpatrick, E. 1996. Introducción a la ciencia de los suelos. México DF, Editorial Trillas. 613 p.
- Flores, A. 2007. Manejo de agua y fertirriego en aguacate. Tesis de ingeniero Agrónomo. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Universidad Agraria Autónoma "Antonio Narro". 99 p.
- Forner, M; Forner, J. 2010. Comportamiento de nuevos patrones frente a enfermedades y fisiopatías. España, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. 6 p.
- Fortis, M; Leos, J; Preciado, P; Orona, I; García, J; Orozco, J. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. Terra Latinoamericana 27:329-336.
- Foshee, W; Goff, W; Tilt, K; Williams, J. 1996. Organic mulches increase growth of young pecan trees. HortScience, 31(5):811-812.
- Franciosi, R. 1992. El cultivo de palto en el Perú. Lima, Perú, FUNDEAGRO. 89 p.
- Frutos, V; Pérez; M; Risco, D. 2016. Efecto de diferentes mulches orgánicos sobre el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. Italica) en Ecuador. IDESIA (Chile), 34(6):61-66.

- Gamarra, C; Díaz, M; Vera M; Galeano, M; Cabrera, A. 2017. Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(46):4-26.
- Gardiazabal, F; Mena, F; MagdahL, C. 2007. Estrategias para la recuperación de huertos de paltos (*Persea americana* Mill) decaídos en Chile. VI Congreso Mundial del Aguacate. 12-16 noviembre 2007, Viña Del Mar, Chile. Actas VI Congreso Mundial del Aguacate. 14 p.
- Geohring, L; van Es, H. 1994. Liquid manure application systems. Design, Management and Environmental Assessment. Proceedings from the liquid manure application system conference. Rochester, New York. Northeast Regional.
- Gerencia Regional de Agricultura Moquegua (GRA). 2019. Moquegua: anuario estadístico agropecuario 2019. Consultado 20 dic. 2020. Disponible en [http://www.agromoquegua.gob.pe/doc/anuarios/Anuario\\_Estadistico\\_Agropecuario\\_2019\\_Moquegua.pdf](http://www.agromoquegua.gob.pe/doc/anuarios/Anuario_Estadistico_Agropecuario_2019_Moquegua.pdf)
- Gil, P; Sellés, G; Ferreyra, R. 2009. Manual de riegos para paltos y cítricos. Manual. La Cruz, Chile, INIA, Centro Regional de Investigación La Cruz. 117 p.
- Gliessman, S. 2002. Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sustentable. Turrialba, Costa Rica, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 359 p.
- Gnanadesikan, R. 1977. Métodos para el análisis estadístico de la observación multivariada. *Vereniging voor Statistiek Bulletin*, 10(9):7-9.
- Gobierno Regional de Moquegua. 2004. Proyecto: Mejoramiento del manejo agronómico del cultivo del palto en la región Moquegua. Moquegua, Perú, Dirección Regional de Agricultura. 67 p.

- Gobierno Regional de Moquegua. 2012. Estudio mejoramiento de la calidad del agua del embalse Pasto Grande, distrito Carumas, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua. Moquegua, Perú, Proyecto Especial Regional Pasto Grande (PERPG). 71 p.
- Gómez-Limón, J; Arriaza, M. 2011. Evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones de olivar en Andalucía. Málaga, España, Analistas Económicos de Andalucía. 294 p.
- Gomez, C. 2015. Efecto de distintos mulchings sobre la humedad y temperatura del suelo, estado hídrico, incidencia de malezas y crecimiento de un cultivo en implantación de mandarina Nova en Concordia, Entre Ríos. Tesis de grado de Maestría. Santa Fé, Argentina, Universidad Nacional del Litoral. 69 p.
- Gordillo, F; Cos, V; Romero, F. 2018. Residuos del cultivo de arroz como mulching para el cultivo de calabaza (*Cucurbita moschata* L). Universidad y Sociedad, 10(1):105-110.
- Gros, A; Dominguez, A. 1992. Abonos: Guía práctica de la fertilización. 8va. edición. Madrid, España, Mundi Prensa. 450 p.
- Guerrero, J. 1993. Abonos orgánicos; tecnología para el manejo ecológico de suelos. Lima, Perú, Red de acción en alternativas al uso de agroquímicos (RAAA). 90 p.
- Hart, R. 1979. Agroecosistemas: Conceptos básicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 211 p.
- Hart, R. 1985. Conceptos básicos sobre ecosistemas. Agroecosistemas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 102 p.
- Holle, M. 1990. Proyecto de Investigación de Sistemas Agropecuarios Andinos (PISA): II Seminario - Taller Enfoque y Análisis de Sistemas Agropecuarios Andinos. Puno, Perú, INIAA-PISA. p. 1-9.
- Huamán, N; Valeriano, J; Granados, E. 2015. Aislamiento e identificación de *Phytophthora cinnamomi* Rands en el cultivo de palto variedades Hass y Fuerte. CenciAgro, 1:57-63.

- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2016). Encuesta Nacional Agropecuaria 2016 [ENAGRO, 2016] (en línea). Lima, Perú. Consultado 25 abril de 2021. Disponible en [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1436/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1436/libro.pdf)
- Labrada, R; Caseley, J; Parker, C. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 120 p.
- Lemus, G; Ferreira, R; Gil, P; Sepúlveda, P; Maldonado, P; Toledo, C; Barrera, C; Celedón de A. J. 2010. El cultivo del palto. Tercera edición. Boletín N° 129. Santiago, Chile, INIA. 82 p.
- Levinson, B; Adato, I. 1991. Influence of reduced rates of water and fertilizer application using daily intermittent drip irrigation on the water requirements, root development and responses of avocado trees (cv. Fuerte). *Journal of Horticultural Science* 66(4):449-463.
- López, M; Díaz, E; Martínez, R; Valdés, C. 2001. Abonos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana*, 19(4):293-299.
- Julca, A; Meneses, L; Blas, R; Bello, S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *IDESIA (Chile)*, 24:49-61.
- Malagon, R; Prager, M. 2001. El enfoque de sistemas: Una opción para el análisis de las unidades de producción agrícola. Palmira, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 190 p.
- Manrique, L; Jones, C; Dyke, P. 1991. Predicting cation exchange capacity from soil physical and chemical properties. *Soil Science Society of America*, 55:787-794.

- Masera, O; Astier, M; López-Ridaura, S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El Marco de evaluación MESMIS. México, GIRA AC (Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriada, AC). 109 p.
- Márquez, F; Julca, A; Canto, M; Soplín, H; Vargas, W; Huerta, P. 2016. Sustentabilidad ambiental en fincas cafetaleras después de un proceso de certificación orgánica en la convención (Cusco, Perú). *Ecología Aplicada*, 15(2):125-132.
- Martel, Y; De Kimpe, C; Laverdiere M. 1978. Cation exchange capacity of clay-rich soils in relation to organic matter, mineral composition, and surface area. *Soil Science Society of America*, 42:764-767.
- Martin, M; Lo visto, D; Boulonne, L; Jolivet, C; Nair, K; Bourgeon, G; Arrouays, D. 2009. Optimización de las funciones de pedotransferencia para estimar la densidad aparente del suelo mediante árboles de regresión potenciados. *Soil Science Society of America*, 73:485-493.
- Martínez, R. 2009. Sistemas de producción agrícola sostenible. *Tecnología en Marcha* 22(2):23-39.
- Martínez, S. 2017. Utilización de subproductos orgánicos vegetales para mejorar las propiedades físicas de suelos alterados. Grado en Ciencias Ambientales. Elche, España, Universidad Miguel Hernández. 40 p.
- Martínez, G. 2019. Efecto de la maleza como cobertera en la fertilidad del suelo y rendimiento de nogal pecanero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(1):123-130.
- Mattar, P. 2001. Evaluación técnica de la utilización de coberturas sembradas en paltos (*Persea americana* Mill.) de la variedad Hass. Tesis Ingeniero Agrónomo. Valparaíso, Chile, Universidad Católica de Valparaíso. 119 p.

- McFarlane, K; Schoenholtz, S; Powers, R. 2009. Plantation on management intensity affects belowground carbon and nitrogen storage in Northern California. *Soil Science Society of America*, 73:1020-1032.
- Mckeown, R. 2002. Manual de educación para el desarrollo sostenible. Versión 2 (En línea). Estados Unidos de América, Universidad de Tennessee. 178 p. Consultado 15 de sept. 2018. Disponible en [http://www.esdtoolkit.org/Manual\\_EDS\\_esp01.pdf](http://www.esdtoolkit.org/Manual_EDS_esp01.pdf)
- Medina, J; Volke, V; Galvis, A; Cortés, J. 2017. Incremento de la materia orgánica del suelo y rendimiento de mango en Luvisoles, Campeche, México. *Agronomía Mesoamericana (Costa Rica)*, 28(2):499-508.
- Mendoza, G; Prabhu, R. 2000. Múltiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: a case study. *Forest Ecology and Management*, 131:107-126.
- Merma, I; Julca, A. 2012. Caracterización y evaluación de la sustentabilidad de fincas en Alto Urubamba, Cuzco, Perú. *Ecología Aplicada*, 11(1):1-11.
- Meza, I; Julca, A. 2015. Sustentabilidad de los sistemas de cultivo con yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco. *Ecología Aplicada*, 14(1):55-63.
- MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego). 2021. Sistema Integrado de Estadística Agraria – SIEA. Anuario agrícola 2019. Lima, Perú. Consultado 19 abr. 2021. Disponible en <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicaciones/datos-estadisticas/anuarios/category/26-produccion-agricola>
- MINAG (Ministerio de Agricultura). 2002. Lineamientos de política agraria para el Perú. Lima, Perú, Proyecto PROAPA-GTZ. 78 p.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2015. La palta “Producto Estrella de Exportación”: Tendencias de la producción y el comercio de palta en el mercado internacional y nacional. Lima, Perú. 81 p.

- MINAGRI. 2016. Lineamientos de política agraria. Viceministerio de políticas agrarias. Lima, Perú. 56 p.
- MINAGRI. 2019. La situación del mercado internacional de la palta. Su análisis desde una perspectiva a de las exportaciones peruanas. Lima, Perú. 40 p.
- MINAGRI. 2020. Análisis de mercado 2015-2019 de palta. Lima, Perú. 52 p.
- Mostacero, J; Mejía, F. 1993. Taxonomía de fanerógamas peruanas. Lima, Perú, Concytec. p. 127-129.
- Moreno, V. 2010. La agricultura sustentable. Consultado 6 de sept. 2018. Disponible en <http://agriculturasustentablesostenible.blogspot.com/2011/04/es-la-actividad>
- Moreno, L; Cadillo, J. 2018. Uso del estiércol porcino sólido como abono orgánico en el cultivo del maíz chala. *Anales Científicos*, 79(2):415-419.
- Morrison, D. 2003. *Multivariate Statistical Methods*. Third Edition. Pennsylvania, USA, McGraw Hill. 85 p.
- Murillo, S; Mendoza, A; Fadul, C. (2020). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1):58-68.
- Nieves, A. 2018. Identificación de los efectos de algunos acolchados en suelos agrícolas en condiciones del trópico. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, Bogotá, Colombia.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). 1982. Clasificación de las tierras del Perú. Lima, Perú. 113 p.
- Peña, E; Carrión, M; Martínez, F; Rodríguez, A; Campanioni, N. 2002. Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. La Habana, Cuba, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT). 65 p.

- Perales, A; Loli, O; Alegre, J; Camarena, F. 2009. Indicadores de sustentabilidad del manejo de suelos en la producción de arveja (*Pisum sativum* L.). *Ecología Aplicada*, 8(2):47-52.
- Piccinini, S; Bortone, G. 1991. The fertilizer value of agricultural manure: Simple rapid methods of assessment. *Journal of Agricultural Engineering*, 49:197-208.
- Pinamonti, F. 1998. Efectos del mantillo de abono sobre la fertilidad del suelo, el estado nutricional y el rendimiento de la vid. *Ciclos de nutrientes en agroecosistemas*, 51:239-248.
- Pinedo, R; Borjas, R; Alvarado, L; Castro, V; Julca, A. 2021. Sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola: una revisión sistemática de las metodologías empleadas para su evaluación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24(1):1-16.
- Plaster, E. 1997. *La ciencia del suelo y su manejo*. Segunda edición. Madrid, España, Editorial Paraninfo. 419 p.
- Rawling, J. 1988. *Applied regression analysis; a research tool*. Statistical/Probability series. California, USA, Wadsworth y Brook/Cole. 553 p.
- Reyes, L. 2005. Aporte de la química verde a la construcción de una ciencia socialmente responsable. México. 8 p. Consultado 10 de jul. 2018. Disponible en [http://www.quimicageneralpapimeunam.org.mx/Acceso\\_alumnos\\_archivos/QUIMICA-SOCIALMENTE-RESPONSABLE.pdf](http://www.quimicageneralpapimeunam.org.mx/Acceso_alumnos_archivos/QUIMICA-SOCIALMENTE-RESPONSABLE.pdf)
- Reyes, J; Alarcón, A; Ferrara, R. 2012. Uso de coberteras en el cultivo de aguacate. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX S.C., IRENAT y Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. p. 59-67.
- Rockenbach, O; Hart, R. 1981. Diagramación de fincas: Herramientas para representar sistemas agropecuarios. Turrialba, Costa Rica, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 23 p.



- Sáenz, S. 2020. Agricultura de conservación y academia en Colombia: Experiencias desde la Universidad de La Salle. Bogotá, Colombia, Ediciones Unisalle. 149 p.
- Santistevan, M; Julca, A; Borjas, R; Tuesta, O. 2014. Caracterización de fincas cafetaleras en la localidad de Jipijapa (Manabí, Ecuador). *Ecología Aplicada*, 13(2):187-192.
- Santistevan, M; Helfgott, S; Loli, O; Julca, A. 2017. Comportamiento del cultivo del limón (*Citrus aurantifolia* Swingle) en "fincas tipo" en Santa Elena, Ecuador. *Idesia (Chile)*, 35(1):45-49.
- Santistevan, M; Borjas, R; Alvarado, L; Anzules, V; Castro, V; Julca, A. 2018. Sustainability of lemon (*Citrus aurantifolia* Swingle) farms in the province of Santa Elena, Ecuador. *Peruvian Journal of Agronomy*, 2(3):44-53.
- Sarandón, S. 2002. Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable. La Plata, Argentina, Ediciones Científicas Americanas. 560 p.
- Sarandón, S; Zuluaga, M; Cieza, R; Gómez, C; Janjetic, L; Negrete, E. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología*, 1:19-28.
- Sarandón, S; Flores, C. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. *Agroecología*, 4:19-28.
- Schaffer, B; Andersen, P; Ploetz, R. 1992. Responses of fruit trees to fooding. *Horticultural Reviews*, 13:257-313.
- Schjønning, P; Thomsen, I. 2013. Efectos de la labranza superficial en las propiedades del suelo para suelos endurecidos de regiones templadas. *Soil and Tillage Research*, 132:12-20.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2020. SENAMHI (Tacna y Moquegua). Consultado 01 may. 2020. Disponible en: [www.tacna.senamhi.gob.pe/](http://www.tacna.senamhi.gob.pe/).

- Serrano, A. 1997. Apuntes sobre el suelo. Escuela de Capataces. Valencia, España, Diputación de Valencia. 134 p.
- Sheaffer, R; Mendenhall, W; Ott, L. 1987. Elementos de muestreo. México, Grupo Editorial Iberoamericana. 321 p.
- Sotomayor, R; Chura, J; Calderón, C; Sevilla, R; Blas, R. 2017. Fuentes y dosis de nitrógeno en la productividad del maíz amarillo duro bajo dos sistemas de siembra. Anales Científicos, 78(2):232-240.
- Stolzy, L; Zentmyer, A; Klotz, A; Labanauskas, C. 1967. Oxygen diffusion, water, and Phytophthora cinnamomi in root decay and nutrition of avocados. American Society for Horticultural Science, 90:67-76.
- Swift, M; Bignell, D; Moreira, F; Huising, E. 2012. El inventario de la biodiversidad biológica del suelo: conceptos y guía general. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE). p. 29-52.
- Talavera, M; Padilla, J. 2000. Evaluación de coberturas orgánicas y plásticas para el combate de malezas en tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller). Agronomía Mesoamericana, 11(2):101-107.
- Teasdale, J; Mohler, C. 1993. Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. Agronomy Journal, 85:673-680.
- Trinidad, A; Velasco, J. 2016. Importancia de la materia orgánica en el suelo. Agroproductividad (México), 9(8):52-58.
- Tuesta, O; Julca, A; Borjas, R; Rodríguez, P; Santistevan, M. 2014. Tipología de fincas cacaoteras en la subcuenca media del río Huayabamba, distrito de Huicungo (San Martín, Perú). Ecología Aplicada, 13(2):71-78.
- Tukey, R; Schoff, E. 1963. Influence of different mulching materials upon the soil environment. American Society for Horticultural Science, 82:68-76.

- Turney, J; Menge, J. 1994. Root Health: Mulching to Control Root Disease in Avocado and Citrus. Circular N° CAS-94/2. University of California, USA. 9 p.
- Unger, P; Stewart, B; Parr, J; Singh, R. 1991. Manejo de residuos de cultivos y métodos de labranza para conservar el suelo y el agua en regiones semiáridas. *Soil and Tillage Research*, 20:219-240.
- Valoras, N; Letey, J; Stolzy, I; Frolich, F. 1964. The Oxygen Requirements for Root Growth of Three Avocado Varieties. *American Society for Horticultural Science*, 85:172-178.
- Vélez, R. 2015. El café y el dilema de la sostenibilidad económica. Colombia, Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia. 17 p.
- Verdezoto, V; Viera, J. 2018. Caracterización de Sistemas de Producción Agropecuarios en el proyecto de riego Guarguallá-Licto, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. *Ciencia y Tecnología*, 11(1):45-53.
- Wiegand, H. 1999. Efecto de utilización de mulch de acícula de pino, corteza de pino, paja con guano de caballo y guano de pavo sobre la productividad del palto (*Persea americana* Mill) cv. Hass. Tesis Ingeniero Agrónomo. Valparaíso, Chile, Universidad Católica de Valparaíso. 131 p.
- Wolstenholme, B; Moore-Gordon, C; Cowan, A. 1997. Orchard mulching effects on avocado fruiting. Proceedings from Conference '97: Searching for Quality. Reunión conjunta de la Federación Australiana de Productores de Aguacate, Inc. y la Asociación de Productores de Aguacate de Nueva Zelanda, Inc., 23 a 26 de septiembre de 1997. J. G. Cutting (Ed.). p. 119-130.
- Wu, Z; Powell, J. 2007. Dairy manure type, application rate and frequency impact plants and soils. *Soil Science. Society of America Journal*, 71:1306-1313.
- Yumpiri, H. 2016. Inyección de insecticidas al tronco en el cultivo de palto (*Persea americana* Mill.). Tesis Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú, UNALM. 68 p.

Zribi, W. 2013. Efectos del acolchado sobre distintos parámetros del suelo y de la nectarina en riego por goteo. Tesis Doctoral. Zaragoza, España, Universidad Católica de Lleida. 352 p.

Zribi, W; Aragüés, R; Medina, P; Faci, J. 2015. Efficiency of inorganic and organic mulching materials for soil evaporation control. *Soil and Tillage Research* 148:40-45.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1: Encuesta para el productor del cultivo de palto en Mariscal Nieto, Moquegua

<b>Nombres y Apellidos:</b>	
<b>Dirección</b> (Anexo, zona, centro poblado, caserío):	
<b>1.- Sexo del responsable de la parcela:</b> Hombre ( )      Mujer ( )	
<b>2.- Edad del responsable de la parcela (años)</b>	
<b>3.- Nivel de instrucción del responsable de la parcela</b>	Ninguno ( ) Primaria ( ) Secundaria ( ) Técnico ( ) Universitario ( )
<b>4.- Número de personas que viven en el hogar</b>	
<b>5.- En su casa usted tiene:</b> Agua potable ( )      Luz ( )      Desagüe ( )      Teléfono ( )	
<b>6.- En su pueblo usted tiene:</b> Escuela ( )      Colegio ( )      Posta Médica ( )	
<b>7.- Donde reside el responsable de la parcela:</b> Chacra ( )      Centro poblado ( )      Ciudad ( )	
<b>8.- Número de hectáreas en propiedad o posesión</b>	
<b>9.- Tiene título de propiedad:</b> Si ( )      No ( )	
<b>10.- Pertenece o participa en una organización de:</b> Productores ( ) Deportiva ( )      Religiosa ( )      Otra ( )	
<b>11.- Que cultivos tiene:</b> (1):                      (2):                      (3):	
<b>12.- Área (hectáreas) sembrada con cultivos agrícolas</b>	

<b>13.- Para producir usted usa:</b>  Semilla certificada ( )      Almácigos ( ) Fertilizantes ( )      Compost ( ) Insecticidas ( )      Fungicidas ( ) Plantas injertadas ( )      Otros _____
---

<b>14.- Rendimiento de cultivo principal (t/ha):</b>	
<b>15.- Que tipo de agricultura realiza:</b> Convencional ( ) Orgánico certificado ( )	
<b>16.- La calidad de su producto lo define por:</b> Tamaño ( ) Color ( ) Forma ( ) Presentación ( )	
<b>17.- Donde vende su producto:</b> Chacra ( ) Cooperativa ( ) Pueblo ( ) Lima ( ) Exporta ( ) Otro ( )	
<b>18.- Precio de venta de producto principal en la última campaña (S/. x kg)</b>	
<b>19.- Tiene otra actividad económica, además de la agricultura y crianza de animales:</b> Si ( ) No ( )	
<b>20.- Si realiza otra actividad económica, esta es:</b> Artesanía ( ) Pesca ( ) Comercio ( ) Crianza de animales ( ) Otra ( )	
<b>21.- Sus ingresos mensuales provienen de:</b> Agricultura ( ) Artesanía ( ) Pesca ( ) Comercio ( ) Crianza de animales ( ) Otra ( )	
<b>22.- Recibe capacitación en producción agrícola:</b> Si ( ) No ( )	
<b>23.- De quien recibe capacitación:</b> Ministerio Agricultura ( ) ONG ( ) Organización productores ( ) Otro ( )	
<b>24.- En que temas de producción agrícola ha recibido capacitación:</b> Almácigos ( ) Fertilización ( ) Producción de Compost ( ) Control de plagas y enfermedades ( ) Cosecha y Beneficio ( ) Comercialización ( ) Otro: _____	
<b>25.- En que temas de producción agrícola le gustaría ser capacitado:</b> Almácigos ( ) Fertilización ( ) Producción de Compost ( ) Control de plagas y enfermedades ( ) Cosecha y Beneficio ( ) Comercialización ( ) Otro: _____	

**ANEXO 2:** Talleres de adaptación de indicadores para el sistema de producción del cultivo de palto, en condiciones de la provincia Mariscal Nieto, Moquegua



**ANEXO 3:** Valores mensuales promedio de temperatura, humedad relativa y heliofanía en Moquegua, periodo de enero del 2019 a mayo del 2020

Mes	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Heliofanía (horas/día)	Precipitación (mm)
	Promedio	Máxima	Mínima			
Enero	21.14	27.06	15.23	71.08	9.5	6.99
Febrero	21.13	27.54	14.71	77.30	9.1	8.71
Marzo	21.01	27.00	14.4	72.80	9.3	5.15
Abril	19.56	27.17	11.96	64.60	8.9	0.01
Mayo	18.20	26.01	10.9	59.40	8.0	0.00
Junio	18.14	27.77	9.50	61.90	7.3	0.01
Julio	19.04	27.70	10.9	58.00	6.8	0.00
Agosto	18.05	27.12	8.99	65.41	7.5	0.06
Setiembre	18.87	27.26	10.46	59.50	8.9	0.01
Octubre	19.41	26.17	10.56	55.00	9.3	0.00
Noviembre	19.41	27.93	10.66	62.44	10	0.00
Diciembre	19.76	27.63	11.90	68.35	10	3.12
Enero	20.90	28.62	12.96	71.08	9.7	7.60
Febrero	21.81	28.71	14.90	77.30	9.2	6.60
Marzo	21.46	29.13	13.83	73.70	9.0	4.30
Abril	20.07	27.65	12.49	62.45	9.1	00.0
Mayo	19.43	26.01	10.39	60.40	8.1	0.00

FUENTE: SENAMHI (2020).



**ANEXO 4: Análisis de caracterización del suelo del campo experimental del cultivo de palto, variedad Fuerte**

**ANÁLISIS DE SUELOS : SALINIDAD**

**Procedencia**

**Departamento** : MOQUEGUA

**Distrito** :

**Referencia** : H.R. 69069-085S-19

**Solicitante:** EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO

**Provincia:**

**Predio** :

**Boleta** : 3223

Lab.	Número de Muestra	C.E. dS/m	Análisis Mecánico				pH	CaCO <sub>3</sub>	M.O.	P	K	Cationes Cambiables						Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
			Arena	Limo	Arcilla	Textura						Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>				
			1:1 %	%	%							meq/100g								
5913	Finca A, M-A1 (0-20 cm)	2.38	49	28	23	Fr.	6.97	0.8	1.59	16.3	594	19.84	16.38	1.88	1.27	0.31	0.00	19.84	19.84	100
5914	Finca A, M-A2 (20-40 cm)	2.24	51	26	23	Fr.Ar.A.	7.09	1.0	1.33	13.4	546	22.40	19.04	1.87	1.16	0.34	0.00	22.40	22.40	100
5915	Finca B, M-B1 (0-20 cm)	6.89	59	24	17	Fr.A.	7.01	0.8	1.93	63.5	1713	19.20	14.19	2.37	2.37	0.28	0.00	19.20	19.20	100
5916	Finca B, M-B2 (20-40 cm)	4.53	51	30	19	Fr.	6.84	0.3	2.46	55.0	940	21.12	15.50	2.78	1.63	0.28	0.00	20.19	20.19	96

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

No Muestra	Saturación Pastal	pH Ext. St.	C.E. dS/m	Cationes Solubles (meq/L)					Aniones Solubles (meq/L)					Boro Soluble ppm	Yeso Soluble %	PSI	
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SUMA	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	O <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>				SUMA
5913	33	6.95	6.06	48.50	8.83	2.56	9.26	69.15	6.93	#	1.76	10.35	50.00	69.04	1.82	0.00	1.58
5914	35	6.89	6.99	57.00	9.33	1.22	9.57	77.12	8.54	#	1.56	6.92	60.00	77.02	1.48	0.00	1.51
5915	33	6.83	16.60	100.50	38.50	21.03	60.96	220.99	13.82	#	1.68	31.46	174.00	220.96	0.74	0.02	1.45
5916	33	6.55	9.02	55.00	19.17	4.44	31.74	110.35	9.07	#	1.52	29.17	71.00	110.76	1.54	0.02	1.32

La Molina, 16 de Julio del 2019

**Ing. Braulio La Torre Martínez**  
Jefe de Laboratorio

**ANEXO 5: Análisis del agua de riego**

SOLICITANTE	:	EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO
PROCEDENCIA	:	MOQUEGUA
REFERENCIA	:	H.R. 72215
BOLETA	:	4127
	No. Laboratorio	128
	No. Campo	Río Moquegua Canal Yaravico Alto Cultivo: Palta fuerte
	pH	6.88
	C.E. dS/m	0.57
	Calcio meq/L	3.39
	Magnesio meq/L	0.63
	Potasio meq/L	0.10
	Sodio meq/L	1.74
	SUMA DE CATIONES	5.86
	Nitratos meq/L	0.00
	Carbonatos meq/L	0.00
	Bicarbonatos meq/L	2.43
	Sulfatos meq/L	2.24
	Cloruros meq/L	1.10
	SUMA DE ANIONES	5.77
	Sodio %	29.65
	RAS	1.23
	Boro ppm	0.52
	Clasificación	C2-S1
<i>La Molina, 30 de Junio del 2020</i>		
		<b>Ing. Braulio La Torre Martínez</b>
		<b>Jefe del Laboratorio</b>

**ANEXO 6: Análisis de materia orgánica (MO)**

SOLICITANTE : EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO

PROCEDENCIA : MOQUEGUA

MUESTRA DE : ESTIÉRCOL DE VACUNO

REFERENCIA : H.R. 72213

BOLETA : 4127

FECHA : 03/07/2020

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
271	Muestra 1 Fresco	9.47	35.50	58.78	1.78	1.36	3.96
272	Muestra 2 Estabilizado	8.15	8.99	54.42	2.39	1.88	2.60

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
271	Muestra 1 Fresco	4.80	1.72	15.79	0.56
272	Muestra 2 Estabilizado	5.82	1.50	63.44	0.27

***Ing. Braulio La Torre Martínez***  
***Jefe de Laboratorio***  
***LASPAF - UNALM***

## ANEXO 7: Aplicación de estiércol en el cultivo de palto





**ANEXO 8:** Composición química del tejido vegetal en estado seco de alfalfa, avena y pasto elefante

## INFORME DE ANALISIS FOLIAR

SOLICITANTE	:	EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO													
PROCEDENCIA	:	MOQUEGUA													
MUESTRA DE	:	TEJIDO VEGETAL													
REFERENCIA	:	H.R. 73369													
BOLETA	:	4359													
FECHA	:	17/12/2020													
N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Na %	Zn ppm	Cu ppm	Mn ppm	Fe ppm	B ppm	M.S. %	
1974	ALFALFA	2.35	0.10	1.99	1.82	0.19	0.30	0.11	28	5	230	1010	127	*	
1975	AVENA	2.04	0.10	1.91	0.28	0.11	0.20	0.54	22	2	260	477	29	*	
1976	PASTO ELEFANTE	1.90	0.25	2.47	0.30	0.09	0.13	0.06	21	3	372	1674	18	*	
* muestra seca.															
<b>Ing. Braulio La Torre Martínez</b> <b>Jefe de Laboratorio</b>															

## ANEXO 9: El mulch y su aplicación en el cultivo de palto







**ANEXO 10:** Análisis del suelo (caracterización) de 5 fincas tipo según el análisis de conglomerado en el cultivo de palto

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION																				
Solicitante		EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO																		
Departamento		MOQUEGUA														Provincia :				
Distrito																Predio :				
Referencia		H.R. 73370-120C-20						Bolt.: 4359				Fecha : 28/12/2020								
Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC %	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup> meq/100g	Mg <sup>+2</sup> meq/100g	K <sup>+</sup> meq/100g	Na <sup>+</sup> meq/100g	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup> meq/100g			
10089	Palto, Moquegua, sector Ocolta-Los Angeles	7.53	1.07	1.05	1.24	4.3	221	59	28	13	Fr.A.	12.80	10.24	1.65	0.59	0.32	0.00	12.80	12.80	100
10090	Palto, Moquegua, sector La Villa El Rayo-Los Angeles	7.94	0.69	3.63	1.52	9.1	962	41	36	23	Fr.	16.64	9.26	4.60	2.50	0.29	0.00	16.64	16.64	100
10091	Palto, Moquegua, sector San Antonio	8.02	0.78	6.20	0.76	4.2	866	63	28	9	Fr.A.	17.60	12.01	2.73	1.60	1.26	0.00	17.60	17.60	100
A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso																				
Lab.	Número de Muestra Claves	D.A. g/cc																		
10089	Palto, Moquegua, sector Ocolta-Los Angeles	1.23																		
10090	Palto, Moquegua, sector La Villa El Rayo-Los Angeles	1.21																		
10091	Palto, Moquegua, sector San Antonio	1.37																		
																		Ing. Braulio La Torre Martínez Jefe del Laboratorio		



Continua....

## ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO

Departamento : MOQUEGUA

Provincia :

Distrito :

Predio :

Referencia : H.R. 73370-120C-20

Bolt.: 4359

Fecha : 28/12/2020

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
10092	Palto, Torata	7.40	0.22	0.00	1.66	5.6	222	67	18	15	Fr.A.	20.80	14.85	5.02	0.64	0.30	0.00	20.80	20.80	100
10093	Palto, Samegua	5.72	1.65	0.00	0.28	6.2	125	59	28	13	Fr.A.	14.08	8.91	2.83	0.29	0.35	1.70	14.08	12.38	88

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;  
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		D.A. g/cc
Lab.	Claves	
10092	Palto, Torata	1.21
10093	Palto, Samegua	1.27

*Ing. Braulio La Torre Martínez*  
*Jefe del Laboratorio*

**ANEXO 11: Rendimiento por planta (kg/pl) del cultivo de palto en las “fincas tipo”**

Tipo de finca	Repetición	1ra. Cosecha (kg/pl)	2da. Cosecha (kg/pl)	3ra. Cosecha (kg/pl)	4ta Cosecha (kg/pl)	5ta. Cosecha (kg/pl)
Finca tipo II Sector Los Angeles – Ocolla Variedad: Hass	Planta 1	3.5	6.0	5.0	3.0	0.5
	Planta 2	2.0	6.5	5.5	3.0	1.0
	Planta 3	3.0	6.0	6.5	2.0	0.8
	Planta 4	3.2	5.5	6.0	2.5	1.0
	Planta 5	1.0	6.0	4.5	3.5	2.0
	Planta 6	2.0	5.0	7.0	4.0	1.0
	Planta 7	2.0	5.5	6.0	3.0	2.0
	Planta 8	3.0	6.0	6.0	3.0	1.0
	Planta 9	2.0	6.0	5.5	4.0	1.0
	Planta 10	2.5	4.0	4.0	3.5	2.0
Finca tipo V: Sector La Villa (El Rayo-Los Ángeles) Variedad: Fuerte	Planta 1	1.6	2.7	2.9	2.0	0.8
	Planta 2	1.0	3.0	2.5	2.0	1.0
	Planta 3	1.5	5.0	3.0	2.0	1.0
	Planta 4	0.5	3.0	4.0	2.5	1.0
	Planta 5	1.0	2.5	3.0	1.5	1.0
	Planta 6	1.0	2.8	3.0	1.7	1.5
	Planta 7	0.5	3.0	2.3	2.0	1.5
	Planta 8	1.5	2.8	3.0	3.0	0.5
	Planta 9	1.0	2.5	2.1	2.5	1.0
	Planta 10	0.5	3.2	4.5	1.6	0.8
Finca tipo IV: Sector San Antonio Variedad: Hass	Planta 1	7.5	6.0	7.0	4.0	3.0
	Planta 2	6.5	6.0	4.5	5.5	4.0
	Planta 3	8.0	5.5	3.0	3.0	3.0
	Planta 4	8.3	6.0	2.5	2.5	3.0
	Planta 5	8.0	3.5	3.0	3.0	2.5
	Planta 6	7.0	6.5	5.0	4.0	2.0
	Planta 7	8.5	7.5	5.5	3.0	2.0
	Planta 8	9.0	8.3	3.5	2.0	4.0
	Planta 9	8.0	6.0	5.0	5.5	2.0
	Planta 10	10.0	7.0	5.0	3.0	3.0
Finca tipo I: Sector Torata Variedad: Fuerte	Planta 1	6.9	4.0	2.0	1.5	-
	Planta 2	6.9	4.5	3.5	2.0	-
	Planta 3	8.0	3.5	2.5	1.5	-
	Planta 4	6.9	4.2	3.0	2.0	-
	Planta 5	6.6	3.5	2.0	2.0	-
	Planta 6	7.5	5.0	3.0	2.5	-
	Planta 7	8.5	3.5	3.0	2.3	-
	Planta 8	6.5	4.5	2.5	1.8	-
	Planta 9	8.5	4.6	3.0	2.2	-
	Planta 10	5.9	5.0	2.5	1.9	-
Finca tipo III: Sector Samegua Variedad: Fuerte	Planta 1	10.5	11.0	8.0	6.0	-
	Planta 2	8.5	7.0	7.0	5.0	-
	Planta 3	8.0	5.5	5.0	5.0	-
	Planta 4	2.0	8.0	3.0	4.0	-
	Planta 5	7.0	5.5	6.0	5.0	-
	Planta 6	3.0	5.0	4.5	5.0	-
	Planta 7	5.0	5.0	3.0	4.0	-
	Planta 8	5.0	4.0	2.0	2.0	-
	Planta 9	5.0	4.5	3.5	4.0	-
	Planta 10	5.0	6.5	6.0	4.0	-

**ANEXO 12A.** Análisis de variancia del rendimiento por planta (kg/pl) de las “fincas tipo”

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>F. calculado</b>	<b>Significación</b>
Tratamientos	4	1258.768	28.914	**
Error experimental	45	489.762		
Total	49	1748.530		

\*\* : Diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ )

CV: 17.68 %

**ANEXO 12B:** Prueba de comparación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del rendimiento por planta (kg/pl) en las “fincas tipo”

<b>Nº de orden</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio (kg/ha)</b>	<b>Significación (<math>\alpha=0.05</math>)</b>	<b>Mérito</b>
1	IV	25.10	a	1°
2	III	21.30	ab	1°
3	II	18.05	bc	2°
4	I	16.12	c	2°
5	V	10.18	d	3°

**ANEXO 13A: Análisis del suelo (caracterización) de la aplicación de materia orgánica en el cultivo de palto**

**ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION**

Solicitante : EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO

Departamento : MOQUEGUA

Provincia :

Distrito :

Predio :

Referencia : H.R. 72212-040C-20

Bolt.: 4127

Fecha : 07/07/2020

Número de Muestra		C.E.						Análisis Mecánico			Clase	CIC	Cationes Cambiables					Suma	Suma	%
Lab	Claves	pH (1:1)	(1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textural		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>	de Cationes	de Bases	Sat. De Bases
													meq/100g							
2456	Parcela 101, trat. T0	7.42	2.42	1.00	3.03	118.3	1569	61	26	13	Fr.A.	22.24	16.06	2.87	3.01	0.30	0.00	22.24	22.24	100
2457	Parcela 102, trat. T1	7.69	1.84	1.10	2.63	195.3	1743	57	28	15	Fr.A.	22.56	14.98	2.77	4.48	0.33	0.00	22.56	22.56	100
2458	Parcela 103, trat. T2	7.74	1.06	1.30	4.00	231.8	874	61	24	15	Fr.A.	23.36	17.47	3.63	1.85	0.41	0.00	23.36	23.36	100
2459	Parcela 201, trat. T1	7.38	4.97	1.00	2.76	186.5	2960	57	28	15	Fr.A.	23.20	15.46	3.02	4.30	0.43	0.00	23.20	23.20	100
2460	Parcela 202, trat. T2	7.83	0.77	1.50	4.03	247.7	864	59	26	15	Fr.A.	24.48	18.52	3.90	1.63	0.44	0.00	24.48	24.48	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		D.A.
Lab.	Claves	g/cc
2456	Parcela 101, trat. T0	1.69
2457	Parcela 102, trat. T1	1.58
2458	Parcela 103, trat. T2	1.53
2459	Parcela 201, trat. T1	1.39
2460	Parcela 202, trat. T2	1.40

*Ing. Braulio La Torre Martínez*  
*Jefe del Laboratorio*  
**LASPAF - UNALM**

Continúa...

Solicitante	: EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO															
Departamento	: MOQUEGUA										Provincia	:				
Distrito	:										Predio	:				
Referencia	: H.R. 72212-040C-20					Bolt.: 4127					Fecha	: 07/07/2020				

Número de Muestra		C.E.						Análisis Mecánico			Clase	CIC	Cationes Cambiables						Suma	Suma	%
Lab	Claves	pH	(1:1)	CaCO <sub>3</sub>	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Textural		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>	de	de	%	
		(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	%	%	%		meq/100g						Cationes	Bases	Bases	
2461	Parcela 203, trat. T0	7.56	2.45	0.90	2.07	111.1	1308	59	26	15	Fr.A.	21.92	14.66	3.24	3.67	0.35	0.00	21.92	21.92	100	
2462	Parcela 301, trat. T2	7.82	0.86	1.50	4.69	265.2	716	61	22	17	Fr.A.	23.26	17.81	3.48	1.56	0.41	0.00	23.26	23.26	100	
2463	Parcela 301, trat. T0	7.47	2.36	1.00	2.27	113.5	1407	59	24	17	Fr.A.	21.76	14.28	3.08	4.03	0.37	0.00	21.76	21.76	100	
2464	Parcela 301, trat. T1	7.65	3.30	1.20	3.99	207.2	1872	57	26	17	Fr.A.	23.20	15.57	2.67	4.62	0.35	0.00	23.20	23.20	100	

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		D.A.
Lab.	Claves	g/cc
2461	Parcela 203, trat. T0	1.59
2462	Parcela 301, trat. T2	1.44
2463	Parcela 301, trat. T0	1.55
2464	Parcela 301, trat. T1	1.50

**Ing. Braulio La Torre Martínez**  
**Jefe del Laboratorio**  
**LASPAF - UNALM**

## ANEXO 14: Características fisicoquímicas del suelo por efecto de la MO en el suelo

### Porcentaje de materia orgánica del suelo (%)

	Tratamientos		
	T0	T1	T2
Bloque I	3.03	2.63	4.00
Bloque II	2.07	2.76	4.03
Bloque III	2.27	3.99	4.69
Promedio	2.46	3.13	4.24

T0: Testigo, T1: Estiércol dosis baja, T2: Estiércol dosis alta

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la UNALM (2020).

### Densidad aparente del suelo (g/cc)

	Tratamientos		
	T0	T1	T2
Bloque I	1.69	1.58	1.53
Bloque II	1.59	1.39	1.40
Bloque III	1.55	1.50	1.44
Promedio	1.61	1.49	1.46

T0: Testigo, T1: Estiércol dosis baja, T2: Estiércol dosis alta

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la UNALM (2020).

### Potencial del hidrógeno (pH)

	Tratamientos		
	T0	T1	T2
Bloque I	7.42	7.69	7.74
Bloque II	7.56	7.38	7.83
Bloque III	7.47	7.65	7.82
Promedio	7.48	7.57	7.80

T0: Testigo, T1: Estiércol dosis baja, T2: Estiércol dosis alta

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la UNALM (2020).

### Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

	Tratamientos		
	T0	T1	T2
Bloque I	22.24	22.56	23.36
Bloque II	21.92	23.20	24.48
Bloque III	21.76	23.20	23.26
Promedio	21.97	22.99	23.70

T0: Testigo, T1: Estiércol dosis baja, T2: Estiércol dosis alta

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF) de la UNALM (2020).

**ANEXO 15A:** Análisis de variancia del porcentaje (%) de materia orgánica en el suelo entre los tratamientos en el cultivo de palto

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F. calculado	Significación
Tratamientos	2	4.869	8.098	*
Bloques	2	0.741	1.233	NS
Error experimental	4	1.202		
Total	8	6.812		

\*: Diferencia significativa ( $p > 0.01 < 0.05$ ); NS: No hay diferencia significativa ( $p > 0.05$ )

CV: 15.25%

**ANEXO 15B:** Prueba de comparación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del % de materia orgánica en el suelo en los tratamientos en el cultivo de palto

Nº de orden	Tratamientos	Promedio	Significación ( $\alpha=0.05$ )	Mérito
1	T2	4.24	a	1°
2	T1	3.13	ab	2°
3	T0	2.46	b	2°

T0: Testigo, T1: Estiércol dosis baja, T2: Estiércol dosis alta

**ANEXO 16A:** Análisis de variancia de la densidad aparente del suelo (g/cc) en los tratamientos en el cultivo de palto

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F. calculado	Significación
Tratamientos	2	0.039	13.354	*
Bloques	2	0.032	10.821	*
Error experimental	4	0.006		
Total	8	0.076		

\*: Diferencia significativa ( $p > 0.01 < 0.05$ )

CV= 2.55%

**ANEXO 16B:** Prueba de comparación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) de la densidad aparente del suelo (g/cc) en los tratamientos de materia orgánica en el cultivo de palto

Nº de orden	Tratamientos	Promedio	Significación ( $\alpha=0.05$ )	Mérito
1	T0	1.61	a	1°
2	T1	1.49	b	2°
3	T2	1.46	b	2°

T0: Testigo, T1: Estiércol dosis baja, T2: Estiércol dosis alta



**ANEXO 17:** Análisis de variancia del pH del suelo entre los tratamientos de materia orgánica en el cultivo de palto

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>F. calculado</b>	<b>Significación</b>
Tratamientos	2	0.156	4.663	NS
Bloques	2	0.005	0.144	NS
Error experimental	4	0.067		
Total	8	0.228		

NS: No hay diferencia significativa ( $p > 0.05$ )

CV= 1.70%

**ANEXO 18A:** Análisis de variancia de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) entre los tratamientos en el cultivo de palto

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F. calculado	Significación
Tratamientos	2	4.517	10.411	*
Bloques	2	0.442	1.020	NS
Error experimental	4	0.868		
Total	8	5.827		

\*: Diferencia significativa ( $p > 0.01 < 0.05$ ), NS: No hay diferencia significativa ( $p > 0.05$ )

CV: 2.04%

**ANEXO 18B:** Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en los tratamientos de materia orgánica en el cultivo de palto

Nº de orden	Tratamientos	Promedio	Significación ( $\alpha=0.05$ )	Mérito
1	T2	23.70	a	1°
2	T1	22.99	ab	1°
3	T0	21.97	b	2°

T0: Testigo, T1: Estiércol dosis baja, T2: Estiércol dosis alta

**ANEXO 19:** Aspecto de planta en los tratamientos de materia orgánica



**Foto 1.** Tratamiento testigo (T0: 0 kg/ha)



**Foto 2.** Tratamiento estiércol dosis alta (T2: 30 t/ha))



**ANEXO 20: Cosecha de fruto de palto, variedad Fuerte**



## ANEXO 21: Rendimiento del cultivo de palto en los tratamientos de MO

Número de frutos/árbol

	Tratamientos		
	T0	T1	T2
Bloque I	41	40	37
Bloque II	45	39	33
Bloque III	43	41	36
Promedio	43	40	35

T0: Testigo, T1: Estiércol dosis baja, T2: Estiércol dosis alta

Rendimiento por planta (kg/pl)

	Tratamientos		
	T0	T1	T2
Bloque I	16.40	16.95	17.25
Bloque II	16.79	16.94	16.90
Bloque III	16.80	16.95	17.92
Promedio	16.66	16.95	17.36

T0: Testigo, T1: Estiércol dosis baja, T2: Estiércol dosis alta

Rendimiento por hectárea (kg/ha)

	Tratamientos		
	T0	T1	T2
Bloque I	6560	6780	6900
Bloque II	6716	6776	6760
Bloque III	6720	6780	7168
Promedio	6665	6779	6943

T0: Testigo, T1: Estiércol dosis baja, T2: Estiércol dosis alta

**ANEXO 22A:** Análisis de variancia del número de frutos por árbol entre los tratamientos de MO en el cultivo de palto

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F. calculado	Significación
Tratamientos	2	89.556	10.468	*
Bloques	2	1.556	0.182	NS
Error experimental	4	17.111		
Total	8	108.222		

\*: Diferencia significativa ( $p > 0.01 < 0.05$ ), NS: No hay diferencia significativa ( $p > 0.05$ )  
CV= 5.26%

**ANEXO 22B:** Prueba de comparación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del número de frutos por árbol en los tratamientos de MO el cultivo de palto

Nº de orden	Tratamientos	Promedio	Significación ( $\alpha=0.05$ )	Mérito
1	T0	43	a	1°
2	T1	40	ab	1°
3	T2	35	b	2°

T0: Testigo, T1: Estiércol dosis baja, T2: Estiércol dosis alta

**ANEXO 23:** Análisis de variancia del rendimiento por planta (kg/pl) entre los tratamientos de MO en el cultivo de palto

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>F. calculado</b>	<b>Significación</b>
Tratamientos	2	0.729	3.702	NS
Bloques	2	0.247	1.257	NS
Error experimental	4	0.394		
Total	8	1.370		

NS: No hay diferencia significativa ( $p>0.05$ )

CV: 1.84 %

**ANEXO 24:** Análisis de variancia del rendimiento por hectárea (kg/ha) entre los tratamientos de MO en el cultivo de palto

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>F. calculado</b>	<b>Significación</b>
Tratamientos	2	116654.222	3.702	NS
Bloques	2	39598.222	1.257	NS
Error experimental	4	63025.778		
Total	8	219278.222		

NS: No hay diferencia significativa ( $p>0.05$ )

CV= 1.85 %

**ANEXO 25A:** Análisis del suelo (caracterización) de la aplicación de mulch orgánico en el cultivo de palto

ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION																				
Solicitante		EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO																		
Departamento		MOQUEGUA															Provincia :			
Distrito																	Predio :			
Referencia		H.R. 73743-008C-21										Fact.: Pendiente			Fecha : 04/02/2021					
Número de Muestra		pH ( 1:1 )	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
382	T1, bloque I	6.73	5.55	0.67	5.25	210.8	1715	53	33	14	Fr.A.	24.32	16.52	3.80	3.72	0.29	0.00	24.32	24.32	100
383	T1, bloque II	6.78	6.47	0.67	4.84	226.5	1737	53	37	10	Fr.A.	22.88	15.99	3.45	3.20	0.24	0.00	22.88	22.88	100
384	T1, bloque III	6.82	5.52	0.67	5.05	218.2	1646	51	33	16	Fr.	19.52	12.65	3.20	3.39	0.28	0.00	19.52	19.52	100
385	T2, bloque I	6.69	5.29	0.67	4.04	141.4	1042	49	35	16	Fr.	20.80	14.88	3.08	2.52	0.32	0.00	20.80	20.80	100
386	T2, bloque II	6.61	5.99	0.57	3.83	139.7	1058	49	35	16	Fr.	20.48	14.83	3.02	2.32	0.31	0.00	20.48	20.48	100
387	T2, bloque III	6.65	6.52	0.57	4.10	141.0	1155	51	33	16	Fr.	20.16	14.37	3.12	2.37	0.30	0.00	20.16	20.16	100
A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso																				
Número de Muestra		D.A. g/cc																		
Lab.	Claves																			
382	T1, bloque I	1.29																		
383	T1, bloque II	1.27																		
384	T1, bloque III	1.27																		
385	T2, bloque I	1.33																		
386	T2, bloque II	1.33																		
387	T2, bloque III	1.29																		
																		<i>Ing. Braulio La Torre Martínez</i> <i>Jefe del Laboratorio</i>		



Continua...

Solicitante	: EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO																
Departamento	: MOQUEGUA											Provincia :					
Distrito	:											Predio :					
Referencia	: H.R. 73743-008C-21							Fact.: Pendiente				Fecha : 04/02/2021					

Número de Muestra		pH ( 1:1 )	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
388	T3, bloque I	6.90	1.79	0.67	3.50	126.9	918	45	35	20	Fr.	22.40	16.60	3.17	2.30	0.34	0.00	22.40	22.40	100
389	T3, bloque II	6.86	1.78	0.57	3.83	123.2	904	47	37	16	Fr.	22.72	16.41	3.43	2.55	0.33	0.00	22.72	22.72	100
390	T3, bloque III	6.90	2.09	0.57	3.83	134.4	917	47	35	18	Fr.	21.92	15.66	3.23	2.67	0.36	0.00	21.92	21.92	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		D.A. g/cc
Lab.	Claves	
388	T3, bloque I	1.29
389	T3, bloque II	1.31
390	T3, bloque III	1.29

*Ing. Braulio La Torre Martínez*  
*Jefe del Laboratorio*

## ANEXO 26: Características fisicoquímicas del suelo por el efecto del mulch en el suelo

### Porcentaje de materia orgánica del suelo (%)

	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
Bloque I	3.03	5.25	4.04	3.50
Bloque II	2.07	4.84	3.83	3.83
Bloque III	2.27	5.05	4.10	3.83
Promedio	2.46	5.05	3.99	3.72

T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la UNALM (2021).

### Densidad aparente del suelo (g/cc)

	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
Bloque I	1.69	1.29	1.33	1.29
Bloque II	1.59	1.27	1.33	1.31
Bloque III	1.55	1.27	1.29	1.29
Promedio	1.61	1.28	1.32	1.30

T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la UNALM (2021).

### Potencial del hidrógeno (pH)

	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
Bloque I	7.42	6.73	6.69	6.90
Bloque II	7.56	6.78	6.61	6.86
Bloque III	7.47	6.82	6.65	6.90
Promedio	7.48	6.78	6.65	6.89

T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la UNALM (2021).

### Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
Bloque I	22.24	24.32	20.80	22.40
Bloque II	21.92	22.88	20.48	22.72
Bloque III	21.76	19.52	20.16	21.92
Promedio	21.97	22.24	20.48	22.35

T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la UNALM (2021).

**ANEXO 27A:** Análisis de variancia del porcentaje (%) de MO en el suelo entre los tratamientos de mulch en el cultivo de palto

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F. calculado	Significación
Tratamientos	3	10.204	39.693	**
Bloques	2	0.196	1.143	NS
Error experimental	6	0.514		
Total	11	10.913		

\*\* : Diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ ); NS: No significativo ( $p > 0.05$ )

CV: 7.71%

**ANEXO 27B:** Prueba de comparación de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del % de MO en el suelo entre los tratamientos de mulch en el cultivo de palto

N° de orden	Tratamientos	Promedio (%)	Significación ( $\alpha = 0.05$ )	Mérito
1	T1	5.05	a	1°
2	T2	3.99	b	2°
3	T3	3.72	b	2°
4	T0	2.46	c	3°

T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante

**ANEXO 28A:** Análisis de variancia de la densidad aparente del suelo (g/cc) en los tratamientos de mulch en el cultivo de palto

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F. calculado	Significación
Tratamientos	3	0.223	63.800	**
Bloques	2	0.005	2.143	NS
Error experimental	6	0.007		
Total	11	0.235		

\*\* : Diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ ); NS: No significativo ( $p > 0.05$ )

CV: 2.30%

**ANEXO 28B:** Prueba de comparación de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de la densidad aparente del suelo (g/cc) en los tratamientos de mulch en el cultivo de palto

Nº de orden	Tratamientos	Promedio (g/cc)	Significación ( $\alpha = 0.05$ )	Mérito
1	T1	1.28	a	1°
2	T3	1.30	a	1°
3	T2	1.32	a	1°
4	T0	1.61	b	2°

T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante

**ANEXO 29A:** Análisis de variancia del pH del suelo entre los tratamientos de mulch en el cultivo de palto

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>F. calculado</b>	<b>Significación</b>
Tratamientos	3	1.225	143.472	**
Bloques	2	0.001	0.231	NS
Error experimental	6	0.017		
Total	11	1.244		

\*\* : Diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ ); NS: No hay diferencia significativa ( $p > 0.05$ )

CV= 1.00%

**ANEXO 29B:** Prueba de comparación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del pH los tratamientos de mulch en el cultivo de palto

<b>Nº de orden</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio (pH)</b>	<b>Significación (<math>\alpha=0.05</math>)</b>	<b>Mérito</b>
1	T0	7.48	a	1°
2	T3	6.89	b	2°
3	T1	6.78	b	2°
4	T2	6.65	b	2°

T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante

**ANEXO 30:** Análisis de variancia de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) entre los tratamientos de mulch en el cultivo de palto

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F. calculado	Significación
Tratamientos	3	6.775	1.852	NS
Bloques	2	5.466	2.241	NS
Error experimental	6	7.317		
Total	11	19.558		

NS: No hay diferencia significativa ( $p>0.05$ )

CV: 5.08%

**ANEXO 31:** Número de malezas por metro cuadrado, en tres evaluaciones (enero 2019-agosto 2020), en los diferentes tratamientos de mulch orgánico en el cultivo de palto

	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
Bloque I	43	21	17	17
Bloque II	35	17	15	16
Bloque III	41	14	17	14
Total	119	52	49	47

T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante

**ANEXO 32A:** Análisis de variancia del número de malezas por metro cuadrado, en los tratamientos de mulch orgánico en el cultivo de palto

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F. calculado	Significación
Tratamientos	3	1217.583	69.246	**
Bloques	2	31.500	2.687	NS
Error experimental	6	35.167		
Total	11	1284.250		

\*\* : Diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ ), NS: No hay diferencia significativa ( $p > 0.05$ )

CV: 3.63%

**ANEXO 32B:** Prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del número de malezas por metro cuadrado, en los tratamientos de mulch orgánico en el cultivo de palto en Moquegua

Nº de orden	Tratamientos	Promedio (malezas/m <sup>2</sup> )	Significación ( $\alpha = 0.05$ )	Mérito
1	T3	15.67	a	1°
2	T2	16.33	a	1°
3	T1	17.33	a	1°
4	T0	39.67	b	2°

T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante

### ANEXO 33: Rendimiento del cultivo de palto en los tratamientos de mulch

#### Número de frutos/árbol

	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
Bloque I	40	45	44	42
Bloque II	38	47	44	41
Bloque III	40	48	43	43
Promedio	39	47	44	42

T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante

#### Rendimiento por planta (kg/pl)

	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
Bloque I	16.70	18.20	17.15	16.95
Bloque II	16.89	17.80	17.20	17.15
Bloque III	16.21	18.52	16.97	17.05
Promedio	16.60	18.17	17.11	17.05

T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante

#### Rendimiento por hectárea (kg/ha)

	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
Bloque I	6680.00	7280.00	6860.00	6780.00
Bloque II	6756.00	7120.00	6880.00	6860.00
Bloque III	6484.00	7408.00	6788.00	6820.00
Promedio	6640.00	7269.33	6842.67	6820.00

T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante



**ANEXO 34A:** Análisis de variancia del número de frutos por árbol, entre los tratamientos de mulch en el cultivo de palto

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>F. calculado</b>	<b>Significación</b>
Tratamientos	3	84.917	21.681	**
Bloques	2	2.167	0.830	NS
Error experimental	6	7.833		
Total	11	94.917		

\*\* : Diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ )

CV = 2.66%

**ANEXO 34B:** Prueba de comparación de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del número de frutos por árbol, en los tratamientos de mulch en el cultivo de palto

<b>Nº de orden</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio (frutos/árbol)</b>	<b>Significación (<math>\alpha = 0.05</math>)</b>	<b>Mérito</b>
1	T1	47	a	1°
2	T2	44	ab	2°
3	T3	42	bc	2°
4	T0	39	c	3°

T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante

**ANEXO 35A:** Análisis de variancia del rendimiento por planta (kg/pl) entre los tratamientos de mulch en el cultivo de palto

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>F. calculado</b>	<b>Significación</b>
Tratamientos	3	4.003	14.734	**
Bloques	2	0.012	0.068	NS
Error experimental	6	0.543		
Total	11	4.559		

\*\* : Diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ )

CV: 1.75 %

**ANEXO 35B:** Prueba de comparación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del rendimiento por planta (kg/pl) entre los tratamientos de mulch en el cultivo de palto

<b>Nº de orden</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio (kg/pl)</b>	<b>Significación (<math>\alpha=0.05</math>)</b>	<b>Mérito</b>
1	T1	18.17	a	1°
2	T2	17.11	b	2°
3	T3	17.05	b	2°
4	T0	16.60	b	2°

T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante

**ANEXO 36A.** Análisis de variancia del rendimiento por hectárea (kg/ha) entre los tratamientos de mulch en el cultivo de palto

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>F. calculado</b>	<b>Significación</b>
Tratamientos	3	64049.667	14.734	**
Bloques	2	1976.000	0.068	NS
Error experimental	6	86941.333		
Total	11	729412.000		

\*\* : Diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ )

CV: 1.75 %

**ANEXO 36B:** Prueba de comparación de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del rendimiento por hectárea (kg/ha) entre los tratamientos de mulch en el cultivo de palto

<b>Nº de orden</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio (kg/ha)</b>	<b>Significación (<math>\alpha=0.05</math>)</b>	<b>Mérito</b>
1	T1	7269.33	a	1°
2	T2	6842.67	b	2°
3	T3	6820.00	b	2°
4	T0	6640.00	b	2°

T0: Testigo, T1: Mulch de alfalfa, T2: Mulch de avena, T3: Mulch de Pasto elefante