

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE



**“SUSTENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE
PALTO (*Persea americana* Mill.) EN LAS PROVINCIAS DE
HUAURA Y BARRANCA, REGIÓN LIMA”**

Presentada por:

DORI UDULIA FELLES LEANDRO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
DOCTORIS PHILOSOPHIAE EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**

Lima - Perú

2023

Tesis Sustentabilidad de la producción orgánica de palto en las provincias de Huaura y Barranca, Región Lima revisado por Sady García Bendezú

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad ESAN -- Escuela de Administración de Negocios para Graduados Trabajo del estudiante	<1 %
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
3	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
4	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1 %
5	Submitted to Universidad de San Buenaventura Trabajo del estudiante	<1 %
6	www.agraria.pe Fuente de Internet	<1 %
7	documentop.com Fuente de Internet	<1 %

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE

**“SUSTENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE PALTO
(*Persea americana* Mill.) EN LAS PROVINCIAS DE HUAURA Y
BARRANCA, REGIÓN LIMA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
DOCTORIS PHILOSOPHIAE**

**Presentada por:
DORI UDULIA FELLES LEANDRO**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ph.D. Liliana Aragón Caballero
PRESIDENTE

Ph.D. Sady García Bendezú
ASESOR

Dr. Oscar Loli Figueroa
MIEMBRO

Dr. Jorge Escobedo Álvarez
MIEMBRO

Ph.D. Sergio Eduardo Contreras Liza
MIEMBRO EXTERNO

A mis padres, Martin y Marcimiana, por su amor y confianza, por inculcarme valores y sabios consejos en cada momento de mi vida.

A mis hermanas, hermanos y sobrinos, por su incondicional afecto y apoyo en los buenos y, sobre todo, en los malos momentos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la fortaleza, el saber y la perseverancia necesaria para culminar esta investigación doctoral.

Al Dr. Sady García Bendezú, asesor de la presente investigación, por su paciencia y orientación constante durante el desarrollo del trabajo de investigación.

A los miembros del jurado evaluador, Dr. Jorge Escobedo Álvarez, Dr. Oscar Loli Figueroa, Dra. Liliana Aragón Caballero y el Dr. Sergio Contreras Liza, por su invaluable contribución, comentarios y consejos durante la revisión de la tesis.

A los productores orgánicos parte de esta investigación, por facilitar el acceso a sus predios y brindar la información necesaria durante el desarrollo de la tesis.

A las empresas: EUROFRESH PERÚ SAC, CAAE, Kiwa BCS y a la Dirección Regional de Agricultura Lima, por su contribución con la información y apoyo técnico durante el desarrollo de la investigación.

A Catherine Ruiz, José Zelada y Lizeth Tarazona, por su apoyo en las labores de campo durante la investigación.

A los docentes del Programa de Doctorado en Agricultura Sustentable por brindarme valiosos conocimientos y experiencias.

A mis compañeros del Programa de Doctorado en Agricultura Sustentable, por su valiosa amistad, compañerismo y momentos compartidos durante los estudios.

Al personal administrativo de la EPG y del PMDAS por su apoyo y orientación en los trámites administrativos.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	EL CULTIVO DE PALTO EN EL PERÚ	3
2.2.	CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL CULTIVAR HASS	4
2.3.	REQUERIMIENTO CLIMÁTICO	5
2.4.	REQUERIMIENTO EDÁFICO	7
2.5.	REQUERIMIENTO NUTRICIONAL	8
2.6.	PRODUCCIÓN ORGÁNICA	11
2.6.1.	Características y principios de la producción orgánica	13
2.7.	CERTIFICACIÓN ORGÁNICA	15
2.8.	PRODUCCIÓN ORGÁNICA EN EL PERÚ	17
2.9.	PRINCIPALES FUENTES ORGÁNICAS DE APLICACIÓN EDÁFICA	18
2.9.1.	El nitrógeno en la agricultura orgánica	20
2.9.2.	Guano de las Islas	21
2.9.3.	Estiércol de gallina	23
2.9.4.	Estiércol de vacuno	24
2.9.5.	Compost	26
2.9.6.	Vermicompost	27
2.10.	CARACTERIZACIÓN DEL AGROECOSISTEMA	28
2.11.	CARACTERIZACIÓN DE AGROECOSISTEMAS EN EL PERÚ	29
2.12.	AGRICULTURA SUSTENTABLE	31
2.12.1.	Evaluación de la sustentabilidad	32
2.12.2.	Evaluación de la sustentabilidad en el Perú	34
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1.	DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO FÍSICO DONDE SE DESARROLLAN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE PALTO ORGÁNICO	38
3.1.1.	Lugar de ejecución	38
3.1.2.	Descripción del contexto físico de los sistemas de producción de palto orgánico	38
3.2.	CARACTERIZACIÓN DE LOS PREDIOS PRODUCTORES DE PALTO ORGÁNICO	39
3.2.1.	Población y muestra	39
3.2.2.	Instrumento de colecta de datos	39
a)	Encuestas estructuradas	39
b)	Visitas in situ y revisión de registros de campo	40
3.2.3.	Análisis de datos	40

3.2.4.	Descripción de la tipología de los predios productores de palto orgánico de la zona de estudio	41
3.3.	FUENTES ORGÁNICAS EN EL RENDIMIENTO Y CALIBRE DE FRUTOS DE PALTO ORGÁNICO	42
3.3.1.	Lugar de ejecución	42
3.3.2.	Características del clima	42
3.3.3.	Características de suelo donde se desarrolló el ensayo	42
3.3.4.	Análisis de fuentes orgánicas	43
3.3.5.	Material vegetal	43
3.3.6.	Tratamientos estudiados	44
3.3.7.	Diseño experimental	44
3.3.8.	VARIABLES evaluadas	44
3.3.9.	Análisis de datos	45
3.4.	EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS PREDIOS PRODUCTORES DE PALTO ORGÁNICO	46
3.4.1.	Aplicación de encuestas	46
3.4.2.	Selección y construcción de sub-indicadores	46
3.4.3.	Estandarización y ponderación de los indicadores	47
3.4.4.	Sustentabilidad ambiental	47
3.4.5.	Sustentabilidad económica	48
3.4.6.	Sustentabilidad social	48
3.4.7.	Análisis de sustentabilidad general (ISGen)	48
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
4.1.	DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO FÍSICO DONDE SE DESARROLLAN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE PALTO ORGÁNICO	53
4.1.1.	Principales cultivos frutícolas en la región Lima.	53
4.1.2.	Características de clima en la zona de estudio	54
4.1.3.	Características de los suelos en predios productores de palto orgánico en la zona de estudio	59
4.1.4.	Recurso hídrico en la zona de estudio	59
4.2.	CARACTERIZACIÓN DE LOS PREDIOS PRODUCTORES DE PALTO ORGÁNICO	60
4.2.1.	Factores técnicos y económicos que influyen en el rendimiento	60
4.2.1.1.	Sistema de riego	60
4.2.1.2.	Costo de producción por hectárea	62
4.2.1.3.	Aporte de nitrógeno orgánico	64
4.2.1.4.	Aporte de fósforo y potasio	66

4.2.1.5.	Mano de obra (Número de jornales ha)	67
4.2.1.6.	Número de aplicaciones foliares	68
4.2.1.7.	Densidad y edad de plantación	71
4.2.1.8.	Variedad, portainjerto y polinizante	71
4.2.2.	Componentes que influyen en la rentabilidad	73
4.2.2.1.	Sistema de riego	74
4.2.2.2.	Costo de producción	75
4.2.2.3.	Rendimiento (kg/ha)	75
4.2.2.4.	Precio de venta	78
4.2.2.5.	Certificaciones	79
4.2.2.6.	Mercado de destino	81
4.2.3.	Diversidad de cultivos	83
4.2.4.	Áreas de zonas de conservación	85
4.2.5.	Cobertura vegetal	85
4.2.6.	Características del productor	86
4.2.6.1.	Género y edad	86
4.2.6.2.	Nivel de instrucción y tamaño de la familia	87
4.2.6.3.	Acceso a salud	88
4.2.6.4.	Acceso a servicios básicos	88
4.2.6.5.	Área del predio y tipo de posesión	89
4.2.6.6.	Actividad económica alternativa	90
4.2.6.7.	Asociatividad	91
4.2.6.8.	Asesoría y capacitación	92
4.2.6.9.	Acceso a crédito y financiamiento	93
4.2.6.10.	Migración del sistema de producción convencional al sistema orgánico	93
4.2.7.	Análisis de grupos	94
4.3.	FUENTES ORGÁNICAS EN EL RENDIMIENTO Y CALIBRE DE FRUTOS DE PALTO ORGÁNICO	97
4.3.1.	Número de frutos por árbol	97
4.3.2.	Calibre de frutos (porcentaje)	98
4.3.3.	Rendimiento total (kg/ha)	101
4.3.4.	Rendimiento exportable (kg/ha)	106
4.4.	SUSTENTABILIDAD DE LOS PREDIOS PRODUCTORES DE PALTO ORGÁNICO	108
4.4.1.	Sustentabilidad ambiental	108

4.4.2.	Sustentabilidad económica	112
4.4.3.	Sustentabilidad social	116
4.4.4.	Sustentabilidad general	118
V.	CONCLUSIONES	121
VI.	RECOMENDACIONES	123
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
VIII.	ANEXOS	169

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido nutricional de algunos residuos orgánicos.	20
Tabla 2. Contenido nutricional del guano de las islas	23
Tabla 3. Composición química de la gallinaza.	24
Tabla 4. Composición química del estiércol de diferentes especies.	25
Tabla 5. Composición del estiércol de vacuno en diferentes fases productivas.	26
Tabla 6. Contenido de N, P y K del compost	27
Tabla 7. Composición química de las fuentes orgánicas utilizadas en la investigación.	43
Tabla 8. Tratamientos estudiados y etapas de aplicación de las fuentes orgánicas.	44
Tabla 9. Disposición de calibres y su peso (en gramos) de una caja de 4 kilogramos netos en destino. Para envases destinados al mercado de la Unión Europea.	45
Tabla 10. Subindicadores ambientales de los predios productores de palto orgánico.	49
Tabla 11. . Subindicadores económicos de los predios productores de palto orgánico.	50
Tabla 12. Subindicadores sociales de los predios productores de palto orgánico.	51
Tabla 13. Fórmulas para el cálculo de los diferentes Índices de Sustentabilidad de los de los predios productores de palto orgánico.	52
Tabla 14. Superficie cosechada de los principales frutales de la región Lima (2015-2021).	53
Tabla 15. Área total, área de producción orgánica, porcentaje destinado y productores dedicados a la producción orgánica de palto en los distritos estudiados (campaña 2017 - 2018).	54
Tabla 16. Datos meteorológicos de cinco años en el ámbito de estudio de palto orgánico (2014 - 2018).	57
Tabla 17. Resultados de caracterización físico-químicas de suelos donde se cultiva palto orgánico en los distritos en estudio (promedio de 15 suelos).	60
Tabla 18. Principales factores relacionados con el rendimiento de predios productores de palto orgánico en la zona de estudio.	72
Tabla 19. Rendimiento promedio (kg/ha) de acuerdo a densidad y edad de la plantación en predios productores de palto orgánico en la zona de estudio.	72
Tabla 20. Principales componentes relacionados con el ingreso neto del cultivo de palto en predios de producción orgánica en la zona de estudio.	83
Tabla 21. Principales características que distinguen a los grupos de los predios productores de palto orgánico en la zona de estudio.	97
Tabla 22. Resultados del número de frutos por árbol con diferentes fuentes orgánicas en el cultivo de palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura.	98

Tabla 23. Distribución porcentual de frutos según calibre en las diferentes fuentes orgánicas evaluadas en palto orgánico en la provincia de Huaura.	100
Tabla 24. Rendimiento según categorías exportable y rendimiento total (kg/ha) de palto orgánico con la aplicación de diferentes fuentes orgánicas en palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura.	105
Tabla 25. Indicadores de sustentabilidad ambiental (IAm) de los predios productores de palto orgánico en la región Lima.	111
Tabla 26. Indicadores de sustentabilidad económica (IK), de predios productores de palto orgánico en la región Lima.	115
Tabla 27. Indicadores de sustentabilidad social (IS), de predios productores de palto orgánico en la región Lima.	117
Tabla 28. Resumen del análisis de sustentabilidad en los tres grupos de palto orgánico en la zona de estudio.	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio, (a) Mapa de Perú, (b) mapa de la región Lima con sus provincias, (c) mapa de la zona de estudio, distritos de: Sayán, Huaura, Santa María, Végueta - provincia de Huaura y distrito de Supe - provincia de Barranca.	38
Figura 2. Georreferenciación de predios productores de palto orgánico en el ámbito de estudio.	41
Figura 3. Temperatura máxima, media y mínima promedio obtenida en la zona de estudio, según los datos de tres estaciones meteorológicas.	56
Figura 4. Promedio de la humedad relativa registrada durante cinco años en tres estaciones meteorológicas en la zona de estudio.	56
Figura 5. Promedio de la evapotranspiración registrada durante cinco años, según los datos de tres estaciones meteorológicas.	58
Figura 6. Temperatura máxima en las tres estaciones meteorológicas en la zona de estudio (promedio de cinco años).	58
Figura 7. Rendimiento de palto (kg/ha) de los predios de producción orgánica en la zona en estudio según el sistema de riego empleado.	63
Figura 8. Rendimiento promedio de las categorías exportables (kg/ha) de los predios de producción orgánica de acuerdo al sistema de riego empleado en la zona de estudio.	63
Figura 9. Relación entre el costo de producción y el rendimiento de palto, según el sistema de riego empleado en predios de producción orgánica en la zona de estudio.	64
Figura 10. Relación entre la dosis de aplicación de N orgánico y el rendimiento del cultivo de palto, según el sistema de riego empleado en predios de producción orgánica en la zona de estudio.	65
Figura 11. Relación entre la dosis de P_2O_5 y K_2O (kg/ha) y el rendimiento del cultivo de palto, según el sistema de riego empleado en predios de producción orgánica en la zona de estudio.	67
Figura 12. Relación entre el número de jornales y el rendimiento del cultivo de palto, según el sistema de riego empleado en predios de producción orgánica en la zona de estudio.	69
Figura 13. Distribución de jornales (porcentaje) según el sistema de riego en predios de producción orgánica en la zona de estudio.	69
Figura 14. Relación entre el número de aplicaciones y el rendimiento del cultivo de palto, según el sistema de riego empleado en predios de producción orgánica en la zona de estudio.	70
Figura 15. Frecuencia de distribución del ingreso neto por ha. (S/) de los predios productores de palto orgánico en la zona de estudio.	73
Figura 16. Ingreso neto promedio en predios productores de palto orgánico de acuerdo al sistema de riego empleado en la zona de estudio.	74

Figura 17. Relación entre el costo de producción y el ingreso neto de palto orgánico, según el sistema de riego empleado en la zona de estudio.	75
Figura 18. Relación entre el rendimiento y el ingreso neto del cultivo de palto, según el sistema de riego empleado en predios de producción orgánica en la zona de estudio.	76
Figura 19. Relación entre el rendimiento en las categorías extra, primera, segunda y el ingreso neto del cultivo de palto, según el sistema de riego empleado en predios de producción orgánica en la zona de estudio.	77
Figura 20. Precio de venta promedio por kg (S/) según las categorías y la certificación orgánica en predios de producción orgánica en la zona de estudio.	79
Figura 21. Precio de venta por kg (S/) de acuerdo al número de certificaciones que posee el predio de producción orgánica en la zona de estudio.	79
Figura 22. Ingreso neto promedio del cultivo de palto en predios con certificación orgánica y en transición a orgánico en la zona de estudio.	80
Figura 23. Relación entre el número de certificaciones y el ingreso neto del cultivo de palto en predios de producción orgánica en la zona de estudio.	82
Figura 24. Distribución porcentual según el tipo de certificación que poseen los predios productores de palto orgánico en la zona de estudio.	82
Figura 25. Diversidad de cultivos en los productores orgánicos de palto en la zona de estudio.	84
Figura 26. Área total de predio y área destinada a la zona de conservación en los predios productores de palto orgánico en la zona de estudio.	86
Figura 27. Cobertura vegetal (porcentaje) en los predios productores de palto orgánico en la zona de estudio.	86
Figura 28. Distribución porcentual según género (lado izquierdo) y frecuencia de la edad (lado derecho) del responsable en los predios productores de palto orgánico en la zona de estudio.	87
Figura 29. Nivel de instrucción de los responsables de los predios productores de palto orgánico en la zona de estudio (porcentaje).	88
Figura 30. Cobertura de los servicios básicos en los productores de palto orgánico en la zona de estudio.	89
Figura 31. Distribución de los productores según área del predio (figura superior) y área del cultivo de palto orgánico (figura inferior) en la zona de estudio.	90
Figura 32. Actividad económica alternativa de los productores de palto orgánico en la zona de estudio.	91
Figura 33. Cobertura de las instituciones en la capacitación a los productores de palto orgánico en la zona de estudio.	92

Figura 34. Distribución porcentual de los temas de capacitación recibidas por los productores de palto orgánico en la zona de estudio.	93
Figura 35. Acceso a crédito y modalidad de crédito (por convenio con la exportadora o entidad bancaria) de los productores de palto orgánico en la zona de estudio.	94
Figura 36. Dendrograma de similaridad de los predios productores de palto orgánico en zona de estudio.	96
Figura 37. Distribución porcentual de los frutos según calibre en diferentes fuentes orgánicas en palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura	100
Figura 38. Rendimiento de palto orgánico (kg/ha) del comparativo de fuentes orgánicas en palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura.	106
Figura 39. Rendimiento de fruta exportable (kg/ha) con diferentes fuentes orgánicas en palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura.	107
Figura 40. Porcentaje de fruta exportable (porcentaje) con diferentes fuentes orgánicas en palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura.	107
Figura 41. Diagrama de valores de los indicadores de sustentabilidad ambiental (IAm) de los predios productores de palto orgánico en la región Lima.	111
Figura 42. Diagrama de valores de los indicadores de sustentabilidad económico (IK) de los predios productores de palto orgánico en la región Lima.	115
Figura 43. Diagrama de valores de los indicadores de sustentabilidad social (IS) de los predios productores de palto orgánico en la región Lima.	118
Figura 44. Diagrama de valores del indicador de sustentabilidad general (ISGen) de los predios productores de palto orgánico en la región Lima.	120

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Encuesta para el productor de palto orgánico en cinco distritos de la región Lima.	169
Anexo 2. Análisis de suelo previo a la instalación del experimento de fuentes orgánicas en el cultivo de palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura.	174
Anexo 3. Análisis de suelo al finalizar el experimento de fuentes orgánicas en el cultivo de palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura.	175
Anexo 4. Análisis de fuentes orgánicas del experimento con fuentes orgánicas en el cultivo de palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura.	176
Anexo 5. Análisis del guano de las islas utilizada del experimento con fuentes orgánicas en el cultivo de palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura.	177
Anexo 6. Prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney para rendimiento según sistema de riego de predios productores de palto orgánico, región Lima.	178
Anexo 7. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para rendimiento (kg/ha) según el portainjerto utilizado en predios productores de palto orgánico, región Lima.	178
Anexo 8. Prueba de la mediana de muestras independientes para rendimiento (kg/ha) según el portainjerto utilizado en predios productores de palto orgánico, región Lima.	178
Anexo 9. Prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney para rentabilidad según sistema de riego de predios productores de palto orgánico, región Lima.	178
Anexo 10. Análisis de varianza del total de frutos/árbol del comparativo de diferentes fuentes orgánicas en palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura.	179
Anexo 11. Análisis de varianza de número de frutos/árbol de la categoría extra del comparativo de diferentes fuentes orgánicas en palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura.	179
Anexo 12. Análisis de varianza de número de frutos/árbol de la categoría primera del comparativo diferentes fuentes orgánicas en palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura.	179
Anexo 13. Análisis de varianza de número de frutos/árbol de la categoría segunda del comparativo diferentes fuentes orgánicas en palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura.	179
Anexo 14. Análisis de varianza de rendimiento total (kg/ha) del comparativo de diferentes fuentes orgánicas de palto variedad Hass en la provincia de Huaura.	180
Anexo 15. Análisis de varianza de rendimiento de la categoría extra (kg/ha) del comparativo de diferentes fuentes orgánicas de palto variedad Hass en la provincia de Huaura.	180
Anexo 16. Análisis de varianza de rendimiento de la categoría primera (kg/ha) del comparativo de diferentes fuentes orgánicas de palto variedad Hass en la provincia de Huaura.	180

Anexo 17. Análisis de varianza de rendimiento de la categoría segunda (kg/ha) del comparativo de diferentes fuentes orgánicas de palto variedad Hass en la provincia de Huaura.	180
Anexo 18. Análisis de varianza de rendimiento de fruta exportable (kg/ha) del comparativo de diferentes fuentes orgánicas de palto variedad Hass en la provincia de Huaura.	181
Anexo 19. Aplicación de fuentes orgánicas, evaluaciones y cosecha del experimento con diferentes fuentes orgánicas en el cultivo de palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura. Algunas imágenes de los campos registrado durante las visitas “ <i>in situ</i> ”	182

RESUMEN

En los últimos diez años, el cultivo de palto (*Persea americana* Mill.) ha experimentado un crecimiento significativo en el Perú, especialmente en la costa; convirtiéndose en uno de los cultivos más prometedores para la agroexportación. Los objetivos del trabajo fueron: describir el contexto físico y caracterizar los predios productores de palto orgánico, comparar la efectividad de diferentes fuentes orgánicas en el rendimiento y calibre de frutos de palto variedad Hass y evaluar la sustentabilidad de los predios productores de palto orgánico. La descripción del entorno físico del agroecosistema se realizó utilizando información secundaria. Se encuestó a todos los productores orgánicos que cuenten con certificación o estén en proceso de transición a orgánico, se revisaron los registros y se realizaron visitas a los predios ubicados en cinco distritos de las provincias de Huaura y Barranca. Se evaluó el efecto de cinco fuentes orgánicas en el rendimiento y calibre de los frutos; y para determinar la sustentabilidad se aplicó la metodología multicriterio. La zona de estudio cuenta con condiciones climáticas favorables para la producción de palto orgánico; los contenidos de materia orgánica en los suelos son bajos en todas las localidades, pero se dispone de recurso hídrico durante todo el año, aunque con infraestructura inadecuada. Se determinó que los rendimientos eran bajos, siendo los principales factores que influyeron el sistema de riego, el aporte de materia orgánica, la aplicación de fósforo y potasio, el número de jornales y las aplicaciones foliares. El ingreso neto se vio afectado por el rendimiento de frutos según su calidad y el número de certificaciones. Se conformaron tres grupos de predios, teniendo en cuenta el tamaño del predio, sistema de riego, las certificaciones, los factores técnicos, el rendimiento y la rentabilidad como aspectos diferenciales. Los abonos orgánicos ensayados incrementaron significativamente el rendimiento de frutos de calibres y categorías altamente exportables. Todos los predios productores de palto orgánico evaluados resultaron ser sustentables. Sin embargo, se requiere mejorar los puntos críticos identificados mediante la implementación de sistemas de riego localizado, incrementar los aportes de fuentes orgánicas y un mejor manejo técnico del cultivo para mejorar el rendimiento, especialmente en los grupos I y III. Estas acciones contribuirán a mejorar la sustentabilidad de los predios productores de palto orgánico de la zona de estudio.

Palabras Clave: *Persea americana*, factores, rendimiento, fuentes orgánicas, sustentabilidad.

ABSTRACT

In the last ten years, the avocado (*Persea americana* Mill.) crop has experienced significant growth, especially on the Peruvian coast, becoming one of the most promising crops for agroexport. The objectives of the work were: to describe the physical context and characterize organic avocado orchards, to compare the effectiveness of different organic sources on yield and size of 'Hass' avocado fruit, and to evaluate the sustainability of organic avocado orchards. The description of the physical environment of the agroecosystem was carried out using secondary information. All organic producers with certification or in the process of transitioning to organic were surveyed, records were reviewed and visits were made to farms located in five districts in the provinces of Huaura and Barranca. The effect of five organic sources on fruit yield and size were evaluated; and the multi-criteria methodology was applied to determine sustainability. The study area has favorable climatic conditions for organic avocado production; soil organic matter content is low in all locations, but water resources are available throughout the year, although with inadequate infrastructure. Yields were found to be low, with the main influencing factors being the irrigation system, organic matter input, phosphorus and potassium application, number of day laborers and foliar applications. Net income was affected by the yield of fruits according to their quality and the number of certifications. Three groups of farms were formed, taking into account farm size, irrigation system, certifications, technical factors, yield and profitability as differential aspects. The organic fertilizers tested significantly increased the yield of fruits of highly exportable sizes and categories. All of the organic avocado farms evaluated were found to be sustainable. However, the critical points identified need to be improved through the implementation of localized irrigation systems, increased inputs of organic sources and better technical management of the crop to improve yields, especially in groups I and III. These actions will contribute to improving the sustainability of organic avocado farms in the study area.

Keywords: *Persea americana*, factors, yield, organic sources, sustainability

I. INTRODUCCIÓN

La producción y exportación de palta (*Persea americana* Mill.) en el Perú ha experimentado un significativo crecimiento en la última década, constituyéndose como uno de los cultivos de gran importancia socioeconómica, principalmente por la demanda del mercado externo, con una notable exportación en los últimos años. A nivel mundial se encamina a convertirse en la fruta más comercializada para el 2030 en términos de volumen (OCDE y FAO 2021). En 2021, Perú exportó 558 514 toneladas, con un valor de mercado de USD 1089 millones, lo que representó un aumento de 35 por ciento en el volumen y 43 por ciento en el valor comercial en comparación con el año 2020 (Agraria.pe 2022a). Estas cifras indican un marcado crecimiento durante la última década, con una tasa promedio anual de crecimiento de 10.5 por ciento entre 2001 y 2018 (ADEX 2018). La participación de la producción orgánica en la exportación de palta también se ha incrementado, alcanzando unas 9104 toneladas en 2021, por un valor de USD 21.7 millones (SEDIR 2022).

La superficie orgánica de palta en el mundo fue de 63 449 ha, lo que corresponde al 11 por ciento de la superficie total de palta a nivel global (Whiller y Lernourd 2019). En América Latina, la palta es uno de los productos orgánicos de mayor crecimiento, debido a la demanda constante en el mercado internacional y el precio que beneficia a vendedores, consumidores y productores (Carranza-Guzmán y Delgado-Villena 2020). En Perú, el área orgánica del palto en el 2017 no superó el 10 por ciento de la superficie total. Sin embargo, la palta orgánica peruana goza de gran popularidad en el mercado internacional (ODEPA 2018), donde la superficie orgánica certificada presenta una tendencia al alza; durante el 2020 se registraron 1825 ha, ubicadas principalmente en las zonas de la Costa y la Sierra (Redagráfica 2021).

La costa peruana ofrece un alto potencial para ampliar el área de producción orgánica de palto, gracias a sus condiciones climáticas favorables, la creciente demanda de productos

orgánicos en el mercado internacional y nacional, así como alta rentabilidad para la exportación.

La producción orgánica de palto en la zona de estudio sumó 289 ha con 74 productores. El cultivo es considerado rentable para la exportación desde el punto de vista económico, ya que el mercado ofrece precios mejores que la palta convencional. No obstante, aún no se ha cuantificado el impacto social y ambiental en la zona de estudio, por lo que es de suma importancia evaluar su sustentabilidad para evaluar su viabilidad en el futuro.

Los resultados de esta investigación podrán ser utilizados como línea de base para desarrollar programas que mejoren la tecnología, promover y desarrollar aspectos que contribuyan de manera positiva a la sustentabilidad; además de determinar “los puntos críticos” que puedan poner en riesgo la sustentabilidad. Asimismo, proponer indicadores que ayuden a evaluar otros agroecosistemas de producción orgánica en futuras investigaciones y para establecer políticas de desarrollo sostenible de los cultivos.

Por lo tanto, esta investigación se realizó con el objetivo general de:

Evaluar la sustentabilidad de los predios productores de palto orgánico (*Persea americana* Mill.) en las provincias de Huaura y Barranca, región Lima, Perú.

Los objetivos específicos fueron:

- Describir el contexto físico en el que se desarrollan los sistemas de producción de palto orgánico en las provincias de Huaura y Barranca, región Lima, Perú.
- Caracterizar los predios productores de palto orgánico en las provincias de Huaura y Barranca, región Lima, Perú, e identificar los factores técnicos y económicos que influyen en su rendimiento y en los ingresos netos.
- Comparar la efectividad de diferentes fuentes orgánicas en el rendimiento y calibre de frutos de palto variedad Hass, en la provincia de Huaura, región Lima, Perú.
- Evaluar la sustentabilidad de los predios productores de palto orgánico en las provincias de Huaura y Barranca, región Lima, Perú.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL CULTIVO DE PALTO EN EL PERÚ

El Perú se ha convertido en uno de los principales productores y exportadores de palta en el mundo. Según la Asociación de Productores de Palta Hass del Perú (ProHass), la superficie sembrada pasó de 33 064 hectáreas en 2018 a 60 091 hectáreas en 2022, lo cual significa un incremento promedio de 6757 hectáreas anualmente durante este periodo (Agraria.pe 2022b). Mientras que la superficie cosechada fue de 55 130 hectáreas. Lima es la segunda región productora después de La Libertad, en el 2021 tuvo una producción total de 124 189 toneladas, con un rendimiento promedio de 17.6 t/ha (MIDAGRI 2022).

Las características agroecológicas de la costa peruana, valles interandinos y ceja de selva, ofrecen excelentes condiciones para su producción; es posible producir todo el año, siendo una ventaja competitiva que la mayor concentración de cosechas coincide con la ventana de exportación a países del hemisferio norte (MINAGRI 2008), sumado a los factores mencionados son las inversiones exitosas que estimularon significativamente el incremento de la superficie de cultivo (OCDE y FAO 2021). La mayor superficie de cultivo está centrada en la franja costera, debido a las condiciones favorables, con temperaturas estables, sin extremos marcados, óptimas para la fotosíntesis y a los grandes proyectos de irrigación. Los rendimientos son de los más elevados del mundo, tanto en la fase de cosecha y envasado, costos de producción competitivos, disponibilidad de mano de obra y baja presión fitosanitaria (CIRAD y HAB 2019).

La industria del palto ha aportado beneficios socio-económicos, debido a su demanda creciente en el mercado internacional, entre los beneficios es el aumento del empleo y la reducción de la pobreza y la emigración (Sommaruga y Eldridge 2021), proporciona empleos permanentes y temporales a los participantes en la cadena agro comercial,

beneficiando a productores, comercializadores, industrializadores y consumidores (Baiza 2003). La costa presenta aproximadamente el 45 por ciento de la superficie cultivada, las que abastecen con casi el 100 por ciento de palta para la exportación (MINAGRI 2019a).

El cultivo de palto variedad Hass es la más importante en el Perú, existen actualmente 60 091 hectáreas sembradas que pertenecen a 23 675 productores, de los cuales 17 924 productores poseen área ≤ 1 ha; 4265 productores con área entre 2 y 5 ha; 672 productores con entre 6 y 10 ha; 646 productores con entre 11 y 50 hectáreas; 133 productores con entre 51 y 200 ha; y 35 productores con más de 200 ha (Agraria.pe 2022b).

2.2. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LA VARIEDAD HASS

La variedad Hass es la más predominante que se cultiva en todo el mundo y se asocia con sabores a mantequilla y nuez y una forma esférica que cambia de verde intenso a negro violáceo oscuro cuando madura (Zuazo *et al.* 2021). Las variedades de palto que actualmente son de mayor importancia, se han generado por hibridaciones de distintos materiales trasladados desde su centro de origen. La variedad Hass fue patentado por Rudolph Hass en 1935, en la Habra Heights, (California, Estados Unidos), comparado con otras variedades importantes de la época, este cultivar resaltó por la calidad de sus frutos, altos rendimientos en producción y maduración tardía (Whiley *et al.* 2007). Pertenece a la raza guatemalteca con el cruce de la raza mexicana (Bernal y Díaz 2005). Desde su lugar de origen fue difundida a Israel, Islas Canarias, Sur de España, México y América del Sur. Posee 95 por ciento de las características de la raza guatemalteca y 5 por ciento de la raza mexicana (Calabrese 1992). La alta calidad de la pulpa, la cáscara gruesa y su capacidad de ser almacenada, han permitido que su consumo se generalice en diferentes partes del mundo (Crane *et al.* 2013; Bergh 1992). En el Perú junto con 'Fuerte' son las variedades de mayor área de cultivo, se calcula que cerca del 75 por ciento de la palta cultivada en Perú es de la variedad Hass (Bost *et al.* 2013).

La planta se caracteriza por ser medianamente vigorosa, produce cosechas comparativamente altas en años alternos (MINAGRI 2015). Tiene un sistema radicular

superficial, la mayor masa de raíces es distribuida en los primeros 45 cm de suelo, donde la raíz es vulnerable a rápidos cambios ambientales (Whiley *et al.* 1987). Es un cultivar con apertura floral tipo “A”, el cual tiene su primera apertura como hembra en la mañana y su segunda apertura como macho por la tarde del día siguiente; esta variedad tiene una mayor adaptación a climas subtropicales por lo que su tolerancia al frío es media (Newett *et al.* 2007; Pérez 2012; Buendía 2015; MINAGRI 2015; MINAGRI 2020). Tiene una menor tolerancia relativa a la concentración de sales. Los frutos son de tamaño mediano, con un peso que va de 150 a 400 g. de forma ovoide a piriforme. Tiene pulpa cremosa de sabor excelente, sin fibra, el contenido de aceite fluctúa entre 17 a 21 por ciento con excelente grado de conservación y de resistencia al transporte (Bernal y Díaz 2005), de acuerdo con el estado de madurez, presenta un color que va desde verde opaco hasta morado oscuro (Whiley *et al.* 2007).

Al margen de la variedad, la palta es considerada como una de las frutas más completas, beneficiosas y versátiles del mundo, además posee una gran cantidad de propiedades nutritivas. Este fruto está dentro de los que tienen más magnesio y potasio, al igual que fibra dietética. Posee 12 de las 13 vitaminas existentes, además de calcio, hierro, fósforo y ácidos grasos de los cuales 5 son mono y poli-insaturados Omega-9, Omega-7 Omega-6 y Omega-3. Por todo esto tiene efectos benéficos para la salud, puesto que contribuye a la disminución del colesterol y los triglicéridos (Dreher y Davenport 2013; Pérez 2012; Baiza 2003) y una fuente potencial de compuestos bioactivos (Tremocoldi *et al.* 2018; Salazar *et al.* 2020; Cervantes *et al.* 2021). Estos beneficios hacen que la palta tenga un alto grado de aceptación del consumidor (Bost *et al.* 2013).

2.3. REQUERIMIENTO CLIMÁTICO

El clima representa el factor más importante y determinante en la producción frutícola de una zona, tanto en las posibilidades potenciales, como en la calidad y rendimiento. Según Shaffer *et al.* (2013) el palto se cultivó inicialmente en tres zonas climáticas distintas: zonas frías semi áridas con lluvias en invierno (California, Chile e Israel); subtropicales húmedas con precipitaciones en el verano (Australia, México y Sud África) y climas tropicales y semi tropicales con lluvia predominante en verano (Brasil, Florida e Indonesia). Actualmente se cultiva bajo condiciones climáticas. Las características

agroecológicas de la costa peruana, valles interandinos y ceja de selva, ofrecen excelentes condiciones para su producción lo que hace posible producir todo el año (MINAGRI 2008). Uno de los principales factores climáticos a considerar es la temperatura, ya que ésta es la que determina en un mayor grado la distribución de las especies (Gardiazabal *et al.* 2011).

Las diferentes razas de aguacates difieren en las exigencias climáticas especialmente en la temperatura. Las razas de palto Guatemalteca y Antillana y algunas selecciones de Mexicana se consideran adaptadas a climas tropicales, mientras que la mayoría de selecciones Mexicanas son ecotipos adaptados a condiciones más frías de mayor altitud. El cultivar Hass al tener mayormente genes de Guatemalteco y algo de Mexicano, se adapta a diversos climas que van desde climas mediterráneos hasta semitropicales cálidos. La raza mexicana puede soportar temperaturas mínimas de 2.2 °C. La raza guatemalteca soporta temperaturas superiores a los 4.5 °C. Para ambas razas su temperatura promedio anual oscila entre 17 y 19 °C. La raza antillana se ubica en los índices térmicos comprendidos entre 22 y 26 °C (Wolstenholme 2013; Barrientos-Priego *et al.* 1999; Bernal y Díaz 2005; Gandolfo 2008).

En el Perú el palto se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2700 m.s.n.m. aproximadamente; como son los valles interandinos, selva alta y principalmente en los valles e irrigaciones de la costa peruana. Las fortalezas más importantes de las plantaciones de la zona costera en el Perú, son las excelentes condiciones edafoclimáticas y la proximidad al puerto del Callao (CIRAD y HAB 2019). La temperatura y la precipitación son factores de mayor incidencia, la resistencia al frío dependerá de la raza y calidad del patrón (Ataucusi 2015; MINAGRI 2019b). La variedad Hass es muy sensible a las bajas temperaturas. En el periodo de floración las temperaturas óptimas que favorecen la fecundación y cuajado de frutos oscilan entre 20 a 25 °C durante el día y 10 °C en la noche, la humedad relativa adecuada esta entre 65 a 70 por ciento. Mientras que en la variedad Fuerte la temperatura mínima crítica para el cuajado de frutos está alrededor de 13.5 °C (MINAGRI y SENAMHI 2018; MINAGRI 2005; Lemus *et al.* 2010; Lovatt 1990). Por otro lado, temperaturas superiores a 35 °C pueden afectar severamente la fertilización de la flor y la fructificación, además de ocasionar abscisión de los frutos, mientras que temperaturas inferiores a 12 °C pueden

alterar la sincronía floral (Dixon y Sher 2002; Davenport 1986; Rebolledo y Romero 2011).

La humedad atmosférica alta (sin precipitación) favorece la polinización y fructificación (Ferreira *et al.* 2012), especialmente durante la primavera. Cuando la humedad relativa cae por debajo del 50 por ciento, 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). Las ramas demasiado sombreadas del árbol son improductivas, de ahí la importancia de realizar prácticas adecuadas de poda y controlar la densidad de las plantas. La exposición completa a la luz solar es altamente benéfica para el cultivo, sin embargo, el tallo y las ramas primarias son susceptibles a las quemaduras de sol (González y Salazar-García 2007). Altas velocidades de viento, superiores a 10 km/h causa graves daños en la plantación, vientos secos desecan el estigma, impidiendo la polinización, además la acción mecánica del viento ocasiona caída de flores, frutos, ramas. Además, limitan el vuelo de las abejas e influyen negativamente en la fecundación de las flores al ser deshidratadas (Lemus *et al.* 2010).

2.4. REQUERIMIENTO EDÁFICO

El palto es un árbol que tiene preferencia por los suelos de textura franco-arenosa a arenosa, profundos, bien drenados y buena aireación (Gardiazabal 2004; Ferreira *et al.* 2012a; Ataucusi 2015). Las características físicas y químicas del suelo afectan tanto el crecimiento del cultivo como el desarrollo de raíces (Aguilera-Montañez y Salazar-García 1991), debido al sistema radicular superficial, la mayor masa de raíces es distribuida en los primeros 45 cm de suelo (Whiley *et al.* 1987). Según MINAGRI y SENAMHI (2018) el 80 por ciento de las raíces se encuentran en los primeros 30 cm de suelo, por lo que requiere suelos con buena aireación y buen contenido de materia orgánica. Es muy común que en las zonas productoras de palto es necesario mantener una cobertura vegetal para generar condiciones adecuadas para el desarrollo de las raíces (Wolstenholme 2013). Las raíces son altamente susceptibles a los problemas radicales (Aguilera-Montañez *et al.* 2005), sin embargo puede cultivarse en suelos arcillosos o franco arcillosos siempre que exista un buen drenaje, el exceso de humedad propicia un

medio adecuado para el desarrollo de la enfermedad *Phytophthora cinnamomi* (Ferreyra *et al.* 2007b; Gardiazabal 2004; Galán 1990).

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 cultivo de palto, es una inadecuada relación entre el agua y el aire en la zona radicular (Ferreyra *et al.* 2007b). Posee una gran sensibilidad a los suelos y aguas salinas, por lo general las razas guatemaltecas toleran hasta 8 meq/l, pero los niveles de salinidad de los suelos para evitar caída de hojas no deberían superar los 2 dS/m (Sotomayor 1992). La respuesta de los árboles a la salinidad depende del comportamiento individual de cada una de las partes, así como de las posibles interacciones injerto/patrón; sin embargo el componente del árbol más importante es el portainjerto y de ahí que la elección del patrón adecuado sea trascendental para obtener el mayor rendimiento (Forner y Forner 2010). Según Gardiazabal (2004) y Flores (2016), es importante tener en cuenta la tolerancia del palto a la salinidad, se ha demostrado que suelos con una conductividad eléctrica del orden de 2.0 dS/m provocan una pérdida de cosecha del 10 por ciento. Idealmente el palto requiere valores de pH entre 5.5 y 7.3 y un contenido de materia orgánica en el suelo superior a 2.0 por ciento (Ferreyra *et al.* 2012b; MINAG 2005).

2.5. REQUERIMIENTO NUTRICIONAL

El palto es considerado una especie de baja demanda de nutrientes, debido al bajo contenido total de nutrientes en la cosecha al comparar con otros frutales. La capacidad de extraer y utilizar los nutrientes minerales se refleja en la concentración de cada nutriente en los tejidos, por lo que el análisis químico de las hojas proporciona una valiosa información acerca del estado nutricional del árbol (Lemus *et al.* 2005). Comparado con otros frutales; los rendimientos de los huertos de paltos son bajos. Esto se debe a que por una parte, a los altos costos de energía que necesita el palto para sintetizar los aceites en la fruta y por otra a un reflejo del origen de esta especie, en bosques tropicales con precipitaciones todo el año, como también a la conducta compleja de floración y polinización (Gardiazabal 2004). Estudios llevados a cabo en diferentes regiones productoras del mundo, indican que el palto responde favorablemente a la fertilización, especialmente a la nitrogenada (Tamayo 2008).

La cantidad y frecuencia de aplicación de nutrientes depende de numerosos factores relacionados con el árbol, clima y suelo. La forma más racional debe basarse en el uso de análisis foliar que determine las necesidades en nutrientes por comparación con niveles óptimos de dichos nutrientes en hojas, conjugando con un análisis de suelo (Galán 1990). En muchos casos el análisis foliar no muestra una relación directa entre la concentración de nutriente en el tejido y el rendimiento, aún así es una herramienta importante para conocer el estado nutrimental de huertos comerciales, particularmente para el desarrollo de programas de fertilización, ya que podría ayudar a mejorar no sólo el rendimiento sino la calidad de la fruta (Lemus *et al.* 2010; Salazar-García y Lazcano-Ferrat 1999).

Respecto a la concentración foliar de nutrientes en las hojas, sirven de referencia para ajustar los niveles de producción a través de los años. Debido a que se han reportado diferencias en la información sobre el contenido foliar de nutrientes, es posible indicar que podrían generar diagnósticos incorrectos, cuando estándares generados para una determinada zona se utilizan en otras zonas con diferentes condiciones climáticas y de manejo. Algunos estándares publicados como resultado de varias investigaciones, muestran valores dentro del rango normal: N (1.6 – 2.8 por ciento), P (0.14 – 0.25 por ciento), K (0.9 – 2.0 por ciento), Ca (1.0 – 3.0 por ciento), Mg (0.25 – 0.80 por ciento), Zn (40 – 80 ppm) entre otros elementos (Embleton y Jones 1964; Embleton y Jones 1972; Lahav y Kadman 1980; Whiley *et al.* 1996; Lahav y Whiley 2002). A su vez Maldonado-Torres *et al.* (2007) determinaron que los valores óptimos del intervalo de concentración para la variedad Hass fueron: N (1.94 - 2.31 por ciento), P (0.1 – 0.8 por ciento), K (0.81 – 1.09 por ciento), Ca (1.28 – 2.59 por ciento) Mg (0.62 – 0.77 por ciento), Zn (20 – 51 ppm).

La extracción de nutrientes por el cultivo es muy variable, dependiendo de la edad, variedad, densidad, entre otros factores. Según Tamayo (2008) la extracción de nutrientes del fruto, puede ser un buen parámetro a utilizar, para determinar las dosis de nutrientes a aplicar. La extracción de nutrientes en la fruta del aguacate, en orden descendente es la siguiente: $K_2O > N > P_2O_5 > CaO > MgO > S$. Se ha reportado que para un huerto que produce 10 t/ha en Israel, la absorción de nitrógeno equivale a aproximadamente 11.3 kg/ha, la de fósforo 1.7 kg/ha y la de potasio, 19.5 kg/ha (Lahav

1995). Sin embargo, en un estudio en México mostró una mayor extracción, una producción de 20 t/ha de la variedad Hass removió 52, 21 y 94 kg de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente (Salazar-García y Lazcano Ferrat 2001). Mientras que Tapia *et al.* (2007) reportaron que 10 t/ha de cosecha extraen: 36 kg/ha de N, 5.5 Kg/ha de P y 61 kg/ha de K.

Los requerimientos nutricionales para un un rendimiento de hasta 28 t/ha en un huerto con 156 árboles, la dosis fue de: 334 kg de N, 116 kg de P₂O₅, 394 kg K₂O, 127 kg Zn y 15 kg B, lo mismo que consistió en la aplicación por árbol de 2.140 kg N; 0,742 kg P₂O₅; 2,520 kg K₂O; 810 g Zn y 94,30 g B (Salazar-García y Lazcano-Ferrat 2002). En las distintas zonas productoras de aguacate como: Chile, Sudáfrica, Israel, USA-Florida y USA-California, la fertilización N-P-K (kg/ha) en promedio es de: 224 – 134 – 304. Mientras que en Israel es de 160 a 210 kg N/ha, 50 a 70 kg P₂O₅/ha y 150 a 300 kg K₂O/ha. Un incremento anual del crecimiento vegetativo entre 20 y 30 por ciento puede costar entre 14 y 21 kg de N/ha/año (Lahav y Whiley 2002).

La fertilización nitrogenada es fundamental en todos los lugares donde se produce palto. Sin embargo, la dosis aplicada debe estar en función de los requerimientos del huerto, que dependen de su edad, nivel de producción, entre otros. Además de la eficiencia de aplicación, características del suelo y condiciones ambientales (Lemus *et al.* 2010). El nitrógeno es el nutriente mineral más importante que determina la producción en el palto. Aplicación en cantidades inadecuadas de N pueden generar grandes crecimientos vegetativos en desmedro de la producción (Whiley 2001; Lahav 1995). El momento de demanda crítica de N en el palto se estima que corresponde al período de caída de frutos, caracterizado por la competencia entre el desarrollo de los frutos nuevos y el crecimiento vegetativo (Lovatt 1990 y 1998). La deficiencia de N, produce una reducción en el crecimiento del árbol, lo que se traduce en un menor vigor y una disminución en la productividad. Además, produce brotes y ramas con entrenudos cortos. Cabe señalar que el palto se caracteriza por su rápida respuesta a la aplicación de N (Lovatt 2001; Lahav y Whiley 2002).

Se han realizado muchos ensayos de nutrición en el cultivo de palto. Lovatt (2001), en un estudio sobre la fertilización nitrogenada en paltos `Hass` por cuatro años consecutivos, determinó que aplicaciones de N en otoño y en primavera producen un

aumento significativo en la producción, mientras que la aplicación extra en primavera reduce la alternancia productiva y aumenta el calibre. Por otro lado, niveles de N y Ca afectan marcadamente la producción, calibre y la calidad de postcosecha, al parecer, existe una interacción entre ambos elementos sobre el control del equilibrio entre el crecimiento vegetativo y reproductivo (Bower y Cutting 1988).

Los estudios sobre el efecto de la fertilización con P sobre el rendimiento muestran resultados divergentes. Koen y Du Plessis (1991) en un estudio durante 5 años en paltos de la variedad Fuerte, observaron que la aplicación de P incrementó la producción sólo en uno de los cinco años evaluados. Los mismos autores posteriormente concluyeron que el nivel de P foliar tuvo una correlación significativa con el rendimiento de la siguiente temporada (Du Plessis *et al.* 1995). El potasio es el nutriente más demandado por el cultivo de palto, diversas investigaciones han reportado la importancia de este elemento en el incremento del rendimiento y calidad de frutos (Guerrero-Polanco *et al.* 2018; Salazar-García *et al.* 2009; Hermoso *et al.* 2003; Gardiazabal *et al.* 2007; Van Niekerk *et al.* 1999).

2.6. PRODUCCIÓN ORGÁNICA

La Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) define como agricultura orgánica o ecológica a *“Todos los sistemas agrícolas que promueven la producción sana y segura de alimentos y fibras textiles desde el punto de vista ambiental, social y económico”*. Es el resultado de la acción individual de agricultores apoyada por los movimientos ecologistas (Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica-IFOAM), frente a riesgos inherentes al uso excesivo o al mal uso, en cuanto al momento y forma de aplicación, de los productos químicos, para convertirse en una nueva concepción de producción de alimentos (Willer y Lernoud 2017).

La producción orgánica es un sistema de producción que se gestiona de acuerdo con la Ley y los reglamentos orgánicos vigentes, mediante la integración de prácticas culturales, biológicas y mecánicas que fomentan el ciclo de los recursos, promueven el equilibrio ecológico y conservan la biodiversidad. Así pues, la producción orgánica desempeña doble papel social, por un lado, un mercado específico que responde a una

demanda de productos orgánicos por parte de los consumidores y, por otro, proporciona al público bienes que contribuyen a la protección del medio ambiente, al bienestar animal y al desarrollo rural (Consejo de la Unión Europea 2018; Programa Nacional Orgánico 2021; Reglamento Técnico para los Productos Orgánicos 2006). Los estándares orgánicos no son idénticos entre países, aunque más del 90 por ciento de las ventas orgánicas se encuentran en los Estados Unidos y la Unión Europea, donde los estándares están armonizados (Granatstein *et al.* 2015).

La demanda de los consumidores de productos orgánicos en los países de Europa y América del Norte, los mercados de alimentos orgánicos dominantes, ha estimulado aumentos en el área y la producción orgánica a nivel mundial (Granatstein *et al.* 2015). En estos países, los expertos en salud y nutrición alientan a las personas a comer más frutas y verduras como parte de una dieta saludable (USDA 2010). Al mismo tiempo, muchos consumidores son más conscientes de los diversos atributos de los alimentos con buen contenido de nutrientes y antioxidantes, libre de plaguicidas, libre de conservantes y aditivos (Baranski *et al.* 2014; Bradman *et al.* 2015; Brandt *et al.* 2011; Smith *et al.* 2012), todo ello ha incrementado la demanda de productos alimenticios cultivados orgánicamente (Hartman Group 2013). En el 2020, los países con los mayores mercados ecológicos fueron: Estados Unidos (41 por ciento del mercado mundial), seguido de la Unión Europea (44.8 millones de euros, 37 por ciento) y China (10.2 millones de euros, 8.5 por ciento). Suiza registró el mayor consumo per cápita, con 418 euros (Willer & Lernoud 2017).

Según FiBL & IFOAM, en el 2020, a nivel mundial se registraron 74.9 millones de ha bajo régimen orgánico, esto es un incremento del 4.1 por ciento, en comparación con el 2019. La región con más superficie de agricultura orgánica es Oceanía con 35.9 millones de ha, seguida de Europa con 17.1 millones, América Latina con 9.9 millones, Asia con 6,1 millones, América del Norte con 3.7 millones y África con 2.2 millones de ha. Respecto al número de productores orgánicos, hubo más de 3.4 millones de productores en todo el mundo. Según los datos publicados, casi el 91 por ciento de los productores se encuentran en Asia, África y Europa. El país con más productores es India, seguido de Etiopía y Tanzania, hubo un incremento de 7.6 por ciento, en comparación con el año 2019 (Willer *et al.* 2022).

La superficie y la producción de árboles frutales orgánicos han crecido de forma espectacular en la última década. Respecto a las frutas tropicales y subtropicales, en el 2020 se registraron alrededor de 292 000 hectáreas bajo régimen orgánico, que representa el 1 por ciento de la superficie mundial. Los principales frutales fueron banano (27 por ciento), dátiles (16 por ciento), mango (12 por ciento), palto (11 por ciento), entre otros. América Latina es el continente con la mayor superficie, seguido de África, Asia, Europa, América del norte y Oceanía (Willer *et al.* 2022).

2.6.1. Características y principios de la producción orgánica

La agricultura orgánica evita e incluso excluye totalmente el uso de los fertilizantes y pesticidas sintéticos; en gran parte reemplaza las fuentes externas por recursos que se obtienen dentro del mismo predio o en sus alrededores (Altieri 1999), además, cultivar sin emplear semillas transgénicas para obtener una producción de calidad apta para el consumo humano y que, al mismo tiempo, preserva la fertilidad natural de la tierra y minimiza el impacto medioambiental (Kolmans y Vásquez 1999). Por lo tanto, este sistema de producción combina métodos tradicionales de agricultura de mentalidad conservacionista con tecnologías agrícolas modernas y pone énfasis en la rotación de cultivos, el manejo de plagas de forma natural, la diversificación de cultivos y ganado, y la mejora del suelo con adiciones de abonos verdes, compost y estiércol animal (Reganold y Wachter 2016).

A nivel internacional se han determinado dos fuentes de principios y requisitos, las cuales rigen la agricultura orgánica: una es planteada por el Codex alimentarius para la producción, procesamiento, etiquetado y comercialización de los alimentos producidos orgánicamente, planteando que la *«agricultura orgánica es un sistema de manejo holístico de la producción que promueve y mejora la salud del ecosistema, incluyendo los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo»* (FAO y OMS 2001), la cual incluye disminuir el uso de elementos químicos fertilizantes, fungicidas, herbicidas, insecticidas u otro tipo de sustancias de este tipo. La segunda fuente es planteada por la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM), en donde *«la agricultura orgánica es un enfoque integral basado en un conjunto de procesos que resulta en un ecosistema sostenible, alimentos seguros, buena nutrición, bienestar animal y justicia social»* (Scialabba y Hattam 2003).

La agricultura orgánica se basa en una serie de principios que son adoptados por cada país para considerar finalmente un producto como orgánico o ecológico, teniendo en cuenta toda la cadena de producción, desde la obtención de la semilla o material de propagación, desarrollo en campo, y el procesamiento hasta la comercialización del producto final. Los principios se aplican a la agricultura en su sentido más amplio, e incluyen la forma en que las personas cuidan suelo, agua, plantas y animales para producir, preparar y distribuir alimentos y otros bienes (IFOAM 2005). Estos principios se encuentran en las diferentes normas de producción orgánica vigente.

Según Luttikholt (2007) los principios de la agricultura ecológica formulados por IFOAM se basan en un proceso participativo mundial y gozan de aceptación en todo el mundo. Están destinados a ser la base de las prácticas ecológicas en entornos certificados y en transición. Además, funcionan como base y dirección para el desarrollo de la agricultura ecológica en un mundo globalizado. Las normas han hecho posible la globalización de la agricultura ecológica.

El IFOAM, señala que, la agricultura orgánica se basa en los principios de salud, ecología, equidad y precaución.

- **Principio de salud:** La agricultura orgánica debe mantener y mejorar la salud del suelo, las plantas, los animales, los seres humanos y el planeta como una unidad indivisible. La salud es el todo y la integridad en los sistemas vivos. No es únicamente la ausencia de la enfermedad, sino también el mantenimiento del bienestar físico, mental, social y ecológico.
- **Principio de ecología:** La agricultura orgánica debe basarse en los sistemas y ciclos ecológicos vivos, trabajar con ellos, emularlos y ayudar a sostenerlos. Debe estar basada en sistemas y ciclos ecológicos vivos, trabajar con ellos, emularlos y ayudar a sostenerlos. Este principio enraíza la agricultura orgánica dentro de sistemas ecológicos vivos. Establece que la producción debe estar basada en procesos ecológicos y el reciclaje.
- **Principio de equidad:** La agricultura orgánica debe basarse en relaciones que garanticen la equidad con respecto al ambiente común y a las oportunidades de vida. La equidad está caracterizada por la igualdad, el respeto, la justicia y la gestión

responsable del mundo compartido, tanto entre humanos, como en sus relaciones con otros seres vivos. Este principio enfatiza que todos aquellos involucrados en la agricultura orgánica deben conducir las relaciones humanas de tal manera que aseguren justicia a todos los niveles y a todas las partes productores, trabajadores agrícolas, transformadores, distribuidores, comercializadores y consumidores.

- **Principio de precaución:** La agricultura orgánica debe ser gestionada de una manera preventiva y responsable para proteger la salud y el bienestar de las generaciones presentes y futuras y el ambiente. Quienes practican la agricultura orgánica pueden incrementar la eficiencia y la productividad siempre que no comprometan la salud y el bienestar. Por lo tanto, las nuevas tecnologías necesitan ser evaluadas y los métodos existentes revisados. Debido a que solo existe un conocimiento parcial de los ecosistemas y la agricultura, se debe tomar en cuenta la precaución. Este principio establece que la precaución y la responsabilidad son elementos clave en la gestión, desarrollo y elección de tecnologías para la agricultura orgánica.

2.7. CERTIFICACIÓN ORGÁNICA

La certificación es un proceso mediante el cual se garantiza la calidad y/o las características de un producto final según lo establecido en una norma o reglamento. La certificación es el procedimiento mediante el cual los organismos oficiales de certificación oficialmente reconocidos, garantizan que los alimentos o los sistemas de control de alimentos cumplen los requisitos, que confirma el cumplimiento de las exigencias en el sitio de producción y el sistema de gestión de los recursos de la empresa, respecto a la regulación exigida por el mercado final (Céspedes 2012; FAO 2004). La certificación es un medio de comunicación a lo largo de la cadena de abastecimiento. El certificado (por terceros) le demuestra al comprador que el proveedor cumple con los estándares establecidos en las normas. La necesidad de certificar las características de los productos se genera por la desaparición de las relaciones directas entre el productor y el consumidor. Por lo tanto la certificación constituye una garantía para el consumidor (Pons y Sivardière 2002; FAO 2004).

Los requisitos que debe cumplir para etiquetar y comercializar un producto orgánico es establecido por cada país. Por lo que los productos orgánicos certificados son aquellos que se producen, almacenan, elaboran y comercializan en base a las especificaciones técnicas en las normas (FAO 2004). Asimismo las regulaciones implementadas por cada mercado son documentos donde se listan los requisitos que deben cumplir los operadores y las entidades certificadoras durante la producción, transformación, comercialización de productos certificados y los requisitos de terrenos, semillas, insumos, etiquetado, entre otros. Las normas orgánicas varían según la región y el país. Sin embargo, se ha avanzado en la armonización, y actualmente existen acuerdos de equivalencia entre EE.UU. y la UE, Canadá, Suiza, Japón y Corea del Sur, con un acuerdo con México en proceso. (Granatstein y Kirby 2016). Respecto a las normas, durante el 2020 se tuvieron algunos cambios. La unión europea confirmó la entrada en vigencia en el 2022 de la nueva norma reglamento (UE) 2018/848 (Consejo de la Unión Europea 2018), el USDA NOP presentó el 26 julio 2021 la actualización del Reglamento de de Certificación orgánica, donde amplía algunos alcances y consideración para la certificación de grupo de productores (Programa Nacional Orgánico 2021), así mismo en el Perú la norma RTPO en el 2020 aprobó el decreto supremo N° 002-2020-MINAGRI que complementa el DS 044-2006-AG y da los requisitos para la conformación de grupo de productores, presenta un catálogo de sanciones y obligaciones para el operador (MINAGRI y SENASA 2020).

En general, el proceso de certificación orgánica incluye los pasos básicos que deben seguir todos los proyectos que quieran certificar un producto como orgánico, incluyen las etapas previas, durante y 7 posterior a la inspección in situ. Se deben cumplir los siguientes pasos: (1) solicitud de certificación, (2) revisión o evaluación del plan de sistema orgánico, (3) inspección, (4) evaluación del informe de inspección, y, (5) decisión (NOP Guía-2601 2013). En caso de que el operador no se encuentre conforme con la decisión, tiene la opción de apelar la denegación, la entidad certificadora tiene como obligación atender las quejas o apelaciones (MINAGRI y SENASA 2020). En Perú los operadores que certifican sus productos como orgánicos suelen implementar de al menos tres de las regulaciones más importantes, como son: El Reglamento Técnico para los Productos Orgánicos (RTPO) 2006, la normativa de la Unión Europea (EU) y

la normativa de los Estados Unidos (USDA-NOP). Esto debido a que son las regulaciones aceptadas por varios países de Oceanía, Asia y África.

Según el reglamento de certificación y fiscalización de la producción orgánica (RCFPO) en el Perú, los principales actores del proceso de certificación son: la autoridad nacional SENASA, entidades de certificación (organismo de certificación OC y sistema de garantía participativo SGP), el operador, agentes económicos comerciales y usuarios denunciante (MINAGRI y SENASA 2020).

2.8. PRODUCCIÓN ORGÁNICA EN EL PERÚ

En el Perú, el año 2006 se aprobó el Reglamento Técnico para los Productos Orgánicos a través del D.S. 044-2006-AG y en el año 2008 la Ley N° 29196 (2008), donde se establece al Ministerio de Agricultura, como el ente rector en producción orgánica y, al SENASA como autoridad nacional encargada de la fiscalización de la producción orgánica a nivel nacional y propone las normas y sanciones para dar garantía del producto orgánico al mercado nacional e internacional.

Según IFOAM & FIBL, en el 2021, hubo avance significativo es que la ley orgánica (ley 29196, 2012) fue modificada en el 2020 a fin de reconocer los SGP (Sistema de Garantía Participativa). Sin embargo, los movimientos ecológicos siguen preocupados por los elevados niveles de burocracia. En la actualidad se está debatiendo la revisión de la ley para dotar de mayor flexibilidad al SGP y promover la agricultura familiar dentro de este sistema de garantía. El gobierno aprobó el Plan Nacional de Agricultura Orgánica 2021-2030 (PLANAE 2021-2030) como herramienta esencial para la implementación de la ley de agricultura orgánica a nivel nacional y municipal (Willer *et al.* 2022).

Según el SENASA, la producción orgánica en nuestro país se desarrolla en los 24 departamentos, con un total de 485 215 hectáreas certificadas y 109 094 hectáreas en transición. Entre los principales cultivos orgánicos destacan: el café con 140 285 hectáreas; cacao con 56 983 hectáreas; quinua con 15 930 hectáreas y el banano con 7728 hectáreas. Los cultivos emergentes que se suman al desarrollo de las agroexportaciones de producción orgánica son los arándanos, el kion, la palta, el mango,

la uva y la granada, que vienen logrando una buena aceptación por parte de los consumidores en los principales mercados. El número de productores que se dedican a la producción orgánica sumó 118 061, el 94 por ciento pertenece a la agricultura familiar, y desarrollan su actividad agropecuaria cumpliendo con las normas orgánicas nacionales e internacionales (Agraria.pe 2022c). En América Latina y el Caribe, el Perú es el país con mayor número de productores orgánicos y el quinto a nivel mundial (Willer *et al.* 2022).

2.9. PRINCIPALES FUENTES ORGÁNICAS DE APLICACIÓN EDÁFICA

El manejo de suelos orgánicos certificados, generalmente restringen el uso de fertilizantes procesados químicamente, lo que lleva a depender de fuentes de nutrientes que requieren la transformación microbiana. En consecuencia, la lenta liberación de los nutrientes controla su tasa de absorción por las plantas y los procesos fisiológicos asociados (Abbott y Manning 2015). Por lo tanto la provisión adecuada de nutrientes en los sistemas de agricultura orgánica certificada puede ser un reto si dependen de fuentes de baja solubilidad (Quilty y Cattle 2011). Además, evitar la lixiviación de nutrientes, incluyendo la contaminación de las aguas subterráneas, es muy importante para los sistemas orgánicos (Askegaard *et al.* 2011).

La incorporación de materia orgánica al suelo, ya sea en forma de estiércol o de compost en los sistemas de agricultura ecológica, se controla para evitar la liberación excesiva de nutrientes solubles, como el nitrógeno y el fósforo, al tiempo que aporta una fuente esencial de carbono para el crecimiento y la actividad de los organismos del suelo (Abbott y Manning 2015). La materia orgánica del suelo desempeña un papel crucial en el mantenimiento de la sostenibilidad de los sistemas de cultivo al mejorar las propiedades físicas, químicas y la microbiota del suelo (Fageria 2012; Wallis *et al.* 2010; Bonilla *et al.* 2012; Salinas *et al.* 2005), mantienen los niveles de fertilidad y productividad, conservan el nitrógeno (N) y el carbono (C) en el sistema suelo-planta (Doran 1987).

Todos los abonos orgánicos han sido catalogados principalmente como enmiendas o mejoradores de suelo. Una de las principales preguntas que siempre se ha generado con respecto a estos, es con relación a su capacidad de suministrar nutrientes a los cultivos.

Se sabe que esta propiedad depende del grado de mineralización de los abonos orgánicos y está en función no solo de las propiedades de la materia orgánica, sino también de las condiciones imperantes en el campo (Evanylo *et al.* 2008; Meléndez 2003; Bertsch 2003).

El estiércol de diferentes animales es la principal fuente de abono orgánico y su apropiado manejo es una excelente alternativa para ofrecer nutrientes a las plantas y a la vez mejorar las características físicas y químicas del suelo. Sin embargo, solo la quinta parte del alimento que consume el animal es utilizada para su producción, el resto es eliminado en el estiércol y la orina (Tapia y Fries 2007). Aunque la disponibilidad de nutrientes por parte de los abonos orgánicos es muy variable, dado que dependen de varios factores. La mineralización no es el único proceso de transformación que los materiales orgánicos sufren en el suelo, pero, si es uno de los más importantes al tomar en consideración su impacto sobre el mantenimiento de la fertilidad de los suelos en los agroecosistemas (Fassbender y Bornemisza 1987; Bertsch 2003).

Para conocer el contenido nutricional de las fuentes orgánicas una de las metodologías más utilizada es el análisis del contenido de nutrientes totales, la cual brinda una aproximación de la riqueza total de nutrimentos de cualquier material; pese a ello, las cantidades resultantes no son necesariamente las que están disponibles para las plantas (Meléndez 2003). En la Tabla 1, se muestra el porcentaje de nitrógeno, fósforo, potasio, que contiene algunos desechos orgánicos.

El palto es un cultivo que responde favorablemente a la aplicación de fuentes orgánicas. Una excelente fuente de nitrógeno, fósforo y micronutrientes es el estiércol, ya sea de vacuno, gallinaza u otra fuente. Es recomendable aplicar el N en forma orgánica, de lenta mineralización, en los primeros años de la plantación, de preferencia previamente descompuesto, para evitar alta concentración salina que perjudique las raíces del cultivo que tiene alta sensibilidad. Aunque, el contenido de nutrientes del abono orgánico puede fluctuar ampliamente, según el tipo de procedencia del animal, el forraje que reciba y el manejo que se le brinde. Por lo que es conveniente realizar un análisis del contenido de nutrientes (Reinés *et al.* 2006; Escobar 2013).

Tabla 1. Contenido nutricional de algunos residuos orgánicos

Material	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
	----- (porcentaje) -----		
Harina de sangre	15.0	1.3	0.7
Harina de huesos	4.0	22.0	0.2
Estiércol de vaca fresca	3.0	0.2	0.4
Estiércol de vaca seco	0.6	0.4	0.4
Harina de pescado	10.0	3.0	0.0
Pezuña y cuerno	13.0	1.5	0.0
Estiércol equino fresco	0.4	0.2	0.4
Estiércol equino seco	0.7	0.5	0.6
Estiércol de oveja	0.7	0.4	0.3
Paja	0.6	0.3	0.9
Cabello humano	12.2	0.075	1.3
Pelo de cuy	13.0	0.02	0.06
Lana de carnero	13.2	0.035	0.22
Estiércol de camélido	1.46	0.64	0.99

Fuente: Guerrero (1993) y Aguirre (2016)

2.9.1. El nitrógeno en la agricultura orgánica

En la agricultura orgánica, la restricción del uso de insumos químicos, combinada con buenas prácticas agrícolas, protege sosteniblemente el medio ambiente contra la contaminación (Harraq *et al.* 2022). El control de la fertilización, especialmente la nitrogenada, representa una clave para esta preservación (Maidl *et al.* 2002) y contribuye a lograr una buena producción cualitativa y cuantitativa de los cultivos (Grant *et al.* 2002). El nitrógeno (N) resultante de la mineralización de los fertilizantes orgánicos es de gran importancia en la agricultura orgánica y depende en gran medida del tipo de fuente orgánica utilizada (Harraq *et al.* 2022). El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Taiz y Zeiger 2002; Najm *et al.* 2012).

El suministro de niveles adecuados de nutrientes para el crecimiento de las plantas en los sistemas orgánicos es complejo, ya que depende de los procesos del suelo para la liberación de nutrientes. Pueden surgir concentraciones excesivas de nutrientes en la

solución del suelo si se añaden altas cantidades de estiércol al suelo (Foissy *et al.* 2013). La dificultad del manejo de la fertilización en la agricultura orgánica, se debe al aporte indirecto de N por parte de un abono orgánico que debe ser mineralizado para liberar el N mineral en el suelo. La mineralización del N de los fertilizantes orgánicos es un parámetro muy importante para comparar los fertilizantes y el manejo de la fertilización en la agricultura orgánica (Harraq *et al.* 2022).

La mineralización es un proceso microbiano complicado que se ve afectado por muchos factores, como la composición química de estos productos (contenido de N y especialmente la relación C/N), así como de las condiciones de suelo, aireación, temperatura, humedad y condiciones climáticas que influyen en la descomposición y la mineralización de la materia orgánica (Sradnick y Feller 2020; Webb *et al.* 2013; Chen *et al.* 2014; Thangarajan *et al.* 2015; Vann Barbarika *et al.* 1985; Bernal y Kirchmann, 1992; Mikkelsen *et al.* 1995). Así como riqueza microbiana del suelo, cantidad agregada y forma de aplicación del abono orgánico (Fassbender y Bornemisza 1987; Guerrero 1993; Soto 2003). Por lo tanto el suministro de N de estos productos suele ser difícil de sincronizar con las necesidades de los cultivos (Pang y Letey 2000). Aunque la mineralización, no es necesariamente la única vía de transformación, el N orgánico se puede mineralizar a partir de la descomposición de la materia orgánica pasando de amonio a nitratos. Su fuente podría incluir compuestos ya humificados estables y formas biológicamente activas producto de la hidrólisis en medios ácidos (Castellanos y Pratt 1981; Hartz *et al.* 2000). Aun, cuando los nutrientes quedan finalmente mineralizados, pueden ser inmovilizados por los microorganismos, a complejados dentro de estructuras húmicas o bien adsorbidos por los coloides, y dependiendo de las situaciones imperantes algunas formas podrían ser lixiviadas (Satchell 1974).

2.9.2. Guano de las islas

Uno de los abonos orgánicos con mayor aporte de nutrientes es el guano de las islas. Es un abono orgánico completo, único en el mundo, aporta todos los nutrientes que la planta necesita para crecer, desarrollar y producir buenas cosechas en cantidad y calidad. Aporta macroelementos: nitrógeno, fósforo y potasio; elementos secundarios: calcio, magnesio, azufre; microelementos: hierro, zinc, cobre, manganeso, boro, molibdeno y cloro (Tabla 2). También aporta flora microbiana benéfica. Es necesario indicar que el

contenido de potasio en el guano de isla es bajo; por otra parte, las plantas generalmente requieren mayor cantidad de potasio que nitrógeno (MINAGRI 2018; Guerrero 1993).

Dentro de las propiedades físicas a destacar están el color y olor, estas características son importantes para establecer la calidad del guano de las islas ante posibles situaciones de adulteración (Moreno 2016). Del total de N en promedio el 40 por ciento se encuentra en forma disponible (38 por ciento en forma amoniacal y 2 por ciento nítrica), el 60 por ciento restante se encuentra en forma orgánica por mineralizarse (MINAGRI 2018). Su valor como materia prima para su uso como abono natural, se debe a su alta concentración de N y P, dos de los elementos químicos básicos para el metabolismo de las plantas, además de muchos otros elementos nutritivos, que lo convierten en el fertilizante orgánico más completo, con efectos positivos en el rendimiento y calidad de las cosechas (Schnug *et al.* 2018; Hadas y Rosenberg 1992; Duffy 1994; Liu *et al.* 2006; Clark y Foster 2012; Szpak, *et al.* 2012; Cushman 2005; Cushman 2013; Abanto-Rodríguez *et al.* 2019; Sánchez 2016). Posee una alta tasa de mineralización, Lazicki *et al.* (2020) encontraron que se mineralizó entre 80 a 90 por ciento del N orgánico en un periodo de 84 días. Mientras que Harst y Johnston (2006) encontraron que la tasa neta de mineralización estuvo entre el 47 y 60 por ciento en un periodo de 2 semanas. Por otro lado, Hadas y Rosemberg (1992) reportaron una tasa de mineralización del 80 por ciento en ocho semanas.

2.9.3. Estiércol de gallina

El estiércol de gallina o gallinaza corresponde a la clase de estiércol caliente, éstos evolucionan más rápido porque son más concentrados, se calienta y maduran con mayor facilidad, tienen una acción acelerada. Se aplican a suelos pesados, puesto que calienta y activa la vegetación gracias a una mineralización más rápida (Batallanos 1999). Por otro lado, la composición y calidad de estiércol depende también del tipo de alimentación, crianza, la edad del ave y tiempo de permanencia su composición cambia de acuerdo con el momento de recolección y al tipo de almacenamiento (Estrada 2005). La mayor parte de la investigación con gallinaza se ha dirigido a su uso como fuente de nitrógeno con la posterior evaluación de los procesos de mineralización y nitrificación (Castellanos y Pratt 1981; Chae y Tabatabai 1986).

Tabla 2. Contenido nutricional del guano de las islas

Elemento	Fórmula	Concentración
Nitrógeno (%)	N	10 – 14
Fósforo (%)	P ₂ O ₅	10 – 12
Potasio (%)	K ₂ O	2 – 3
Calcio	CaO	8 – 10 %
Magnesio	MgO	0.5 – 0.8 %
Azufre	S	1.5 %
Hierro (ppm)	Fe	600
Zinc (ppm)	Zn	170 ppm
Cobre (ppm)	Cu	23 ppm
Manganeso	Mn	48 ppm
Boro	B	187 ppm
Molibdeno	Mo	76 ppm
Cloro	Cl	1.5 %
Sodio	Na	0.8 %
pH	-	6.2 – 7 %
Humedad	-	20 %

Fuente: MINAGRI (2018); Villagarcía y Aguirre (2014)

El aporte nutrimental de la gallinaza depende de varios factores. En comparación con otros abonos orgánicos tiene un aporte nutrimental importante. Cabe destacar que la gallinaza es también uno de los abonos orgánicos con mayor tasa de mineralización. Esto la hace una excelente fuente para el aporte de nitrógeno a los cultivos, pues tan solo en tres semanas el nitrógeno orgánico de la gallinaza se mineraliza en un 75 por ciento aproximadamente. Si aplicáramos 10 t de gallinaza con 80 por ciento de materia seca (8 t), 4 por ciento de N (320 kg de N orgánico), y con un 75 por ciento de mineralización, tendríamos un aporte de 240 kg de N disponible para el cultivo (Castellanos y Pratt 1981).

En términos de promedio el aporte de N mineral de la gallinaza es superior a estiércoles de otros animales con un promedio de 45 por ciento, con 70 por ciento de materia orgánica, la tasa de mineralización en el primer año es de 60 a 90 por ciento (Pomares

2011). Mientras que Castellanos y Pratt (1981), reporta que la gallinaza contiene 34.7 kg N/t, comparado con el estiércol de bovino que contiene 14.2 kg N/t. En la Tabla 3 se observa el contenido de elementos nutritivos de la gallinaza. Para el estiércol de gallina se ha reportado tasas de mineralización mayores al estiércol de vacuno (Eghball *et al.* 2002).

Tabla 3. Composición química de la gallinaza

Parámetros	Gallinaza de jaula	Gallinaza de piso
pH	9.0	8.0
C.E (mS/cm)	6.9	1.6
Humedad (%)	57.8	34.8
Cenizas (%)	23.7	14.0
Potasio (%)	1.9	0.89
Carbono orgánico (%)	19.8	24.4
Materia orgánica (%)	34.1	42.1
Nitrógeno (%)	3.2	2.02
Relación C/N	6.2	12.1
Fosforo (%)	7.39	3.6

Fuente: Peláez (1999) citado por Estrada (2005)

2.9.4. Estiércol de vacuno

El uso de estiércol como fertilizante es una de las prácticas más antiguas utilizadas en la agricultura por el hombre. Su aplicación al suelo determina un aumento de la fertilidad, como también la mejoría de las propiedades físicas, como la estabilidad de los agregados, la densidad aparente y la porosidad que mejoran el flujo de aire, agua y el desarrollo radical de las plantas (Pérez *et al.* 2000; Acevedo-Sandoval *et al.* 2001; Flores-Sánchez *et al.* 2004; Helgason *et al.* 2005; Van Kessel *et al.* 2000). Los estiércoles incrementaron C y N en la biomasa microbiana (Del Pino *et al.* 2008). Han sido utilizados desde hace mucho tiempo para aumentar la fertilidad y modificar las características de los suelos, y el contenido nutrimental de los mismos es muy variable y depende de la especie que los produce, edad del animal, tipo de alimentación y manejo a que ha sido sometido desde su recolección (Romero 1997).

Según, DAAM (2008), citado por Parera *et al.* (2010), la composición del estiércol de vacuno es muy variable y depende de muchos factores como: edad del ganado, el uso de camas, la inclusión o exclusión del excremento líquido. Así como también la alimentación del animal, tipo de almacenamiento del estiércol y la duración del mismo (Bouldin *et al.* 1984; Saviozzi *et al.* 1993; Sutton, 1994; Wilkerson *et al.* 1997). Según Ziegler y Heduit (1991) la forma de N mineral en el estiércol de vacuno es en promedio 10 por ciento, nitrógeno orgánico 70 por ciento y nitrógeno orgánico mineral 20 por ciento aproximadamente.

En la Tabla 4 y Tabla 5, se observa la composición de diferentes tipos de estiércol y composición nutricional del estiércol de vacuno.

Tabla 4. Composición química del estiércol de diferentes especies

Especie	Mat. seca	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	SO ₄
Vacuno (seco)	6	0.29	0.17	0.10	0.35	0.04
Vacuno (fresco)	16	0.58	0.01	0.49	0.01	0.13
Ovejas (fresco)	13	0.55	0.01	0.15	0.46	0.16
Ovejas (seco)	35	1.95	0.31	1.26	1.16	0.34
Caballos (seco)	10	0.55	0.01	0.35	0.15	0.02
Cerdo (seco)	18	0.60	0.61	0.26	0.09	0.04
Camélido (fresco)	37	3.60	1.12	1.29	--	--
Cuyes (seco)	14	0.60	0.03	0.18	0.55	0.10

Fuente. SERPAR (2004) citado por Rojas (2015).

El estiércol de vacuno corresponde a la clase de estiércol frío, que son de acción lenta, pero más duradera y están más recomendados para suelos ligeros o arenosos. Aplicaciones de más de 10 t/ha, muestran efectos positivos, tanto en las características físicas y químicas del suelo, así como en la alta producción de fruto. Se puede considerar el contenido promedio en: 0.5 por ciento de N; 0.25 por ciento de P₂O₅; y 0.5 por ciento de K₂O. Además, aproximadamente 1/2 de nitrógeno, 1/3 de K₂O y 1/4 a 1/5 parte de P₂O₅ es disponible en forma inmediata por la planta (Batallanos, 1999). La disponibilidad de N para el cultivo de parte del estiércol en el suelo también es muy variable, considerando un promedio para el año 1 de 60 por ciento, año 2 de 30 por

ciento y el año 3 de 10 por ciento de N, este promedio es tanto para estiércoles, gallinaza y fangos. IRTA (2011), citado por Parera (2014).

Otros estudios señalan que la tasa de mineralización de N del estiércol de vacuno, Gross (1981), citado por, Labrador *et al.* (1993) se distribuye en tres años: 50 por ciento para el primero, 35 por ciento segundo y 15 por ciento tercer año. Asimismo, Chae y Tabatabai (1986) encontraron que la tasa de mineralización de N fue 35 por ciento, mientras que para la gallinaza fue 53 por ciento en 26 semanas en cinco suelos diferentes. También depende del grado de evolución, así los estiércoles más evolucionados “maduros”, pueden dejar disponible entre el 20 y 40 por ciento de N en el año de aplicación (Ziegler y Heduit 1991). Aunque inicialmente puede ocurrir una inmovilización de N (Calderón *et al.* 2005).

Tabla 5. Composición del estiércol de vacuno en diferentes fases productivas

Especie	Fase productiva	MS (porcentaje)	N		N	P	K
			Amoniacal	Orgánico			
			(kg/t)				
Bovino	Cría	30	1.7	9.2	10.9	2.4	9.4
Bovino	Engorde	33	2.1	9.9	12.0	3.2	10.9
Bovino	Madres	28	1.7	6.4	8.1	2.1	8.5
Bovino	Madres – leche	25	1.5	6.6	8.1	1.6	5.8
Bovino	Reposición	28	1.4	7.1	8.6	2.0	9.5

Fuente: DAAM (2008), citado por Parera (2014) y Parera *et al.* (2010)

2.9.5. Compost

El compost es un abono orgánico que resulta de la transformación de la mezcla de residuos orgánicos de origen vegetal y animal que han sido descompuestos bajo condiciones controladas (Guerrero 1993). Esta descomposición y estabilización biológica permiten el desarrollo de temperaturas termófilas como resultado del calor producido biológicamente, para producir un producto final estable, libre de patógenos y semillas (Haug 1993). Las enmiendas orgánicas, como el compost, se consideran un acondicionador del suelo, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, más que como una fuente de nutrientes (Foley y Cooperband 2002), por lo que su liberación de elementos minerales, principalmente N, es limitada, debido a su reducida

mineralización. Por lo tanto, en la agricultura ecológica, la combinación de estos dos tipos de fertilizantes sería muy beneficiosa especialmente en suelos pobres en materia orgánica (Harraq *et al.* 2022).

La calidad del compost final depende de varios parámetros que intervienen durante el proceso de fermentación y maduración por lo que la disponibilidad de nutrientes (capacidad de ofrecer nutrientes en forma asimilable para las plantas), va a variar mucho con el tipo de compost, dependiendo de la materia prima utilizada y el grado de madurez del producto final. Un compost comercialmente aceptable debe contener más del 2 por ciento de nitrógeno (Meléndez y Soto 2003). En la Tabla 6, se muestra la composición del compost reportado en dos investigaciones (Jacob y Uexkull 1961; Martínez-Blanco *et al.* 2013).

Tabla 6. Contenido de N, P y K del compost

Nutriente	Porcentaje en peso seco	Peso (g/kg de compost)
Nitrógeno	0.3 – 1.5	3 a 15
Fósforo	0.1 – 1.0	1 a 10
Potasio	0.3 – 1.0	3 a 10

Fuente: Jacob y Uexkull (1961); Martínez-Blanco *et al.* (2013)

El N inorgánico liberado por los compost después de 32 semanas osciló entre el 11 y 29 por ciento de su contenido total de N, entre el 2 y el 12 por ciento del N total era inicialmente inorgánico, y entre el 1 y 5 por ciento era N orgánico soluble (Hadas y Portnoy 1994). La tasa de mineralización depende de muchos factores, siendo la más importante la relación C/N, para que el proceso de compostaje se desarrolle de forma adecuada, se considera que el material de partida debe tener un valor entre 25 a 30, ya que se considera que los microorganismos consumen unas 30 partes de carbono por cada parte de nitrógeno (Brady y Weil 2008). Aunque los datos de mineralización neta de N de los estiércoles compostados son muy escasos y variables, debido a las diferencias en las materias primas utilizadas y en las técnicas de compostaje (Castellanos y Pratt 1981) demostraron que los estiércoles compostados liberan mucho menos N disponible que los estiércoles frescos.

2.9.6. Vermicompost

Varias investigaciones en diferentes lugares han encontrado que el perfil de nutrientes del vermicompost es generalmente más alto que el del compost tradicional. De hecho, el vermicompost puede mejorar la fertilidad del suelo física, química y biológicamente. Sin embargo, el aumento del crecimiento de las plantas no puede explicarse satisfactoriamente por mejoras en el contenido de nutrientes del suelo, lo que significa que otros materiales que influyen en el crecimiento de las plantas están disponibles en los vermicomposts (Lim *et al.* 2015). No solo agrega organismos microbianos y nutrientes que tienen efectos residuales duraderos, sino que también mejora la estructura del suelo y aumenta la capacidad de retención de agua. Se observó que la aplicación de vermicompost 20 t/ha a un suelo agrícola en dos años consecutivos mejoró significativamente la porosidad del suelo y la estabilidad de los agregados (Ferrerías *et al.* 2006).

Los efectos benéficos del vermicompost, no se debe únicamente al aporte nutricional que proporcionan al cultivo (Celestina *et al.* 2019; Ibrahim *et al.* 2008), sino también a otros componentes como reguladores del crecimiento, ácidos húmicos y otros (Arancón y Edward 2005), además son ricas en bacterias, actinomicetos y hongos (Edwards 1983; Tomati *et al.* 1987), que son componentes clave en el ciclo de nutrientes, la producción de reguladores del crecimiento y protección de las plantas contra plagas y enfermedades del suelo (Arancón y Edward 2005). Aunque la tasa de mineralización del N es baja comparada con los estiércoles frescos (Lazicki *et al.* 2020; Murugan y Swarnam 2013).

2.10. CARACTERIZACIÓN DEL AGROECOSISTEMA

La caracterización de los sistemas de producción agrícola, es una descripción u ordenamiento conceptual hecho desde la perspectiva del investigador. La descripción puede ser cualitativa y cuantitativa, con la finalidad de determinar variables que permitan discriminar entre zonas, predios o agroecosistemas (Malagón y Prager 2001; Strauss y Corbin 2002; Sánchez-Upegui 2011; Santistevan *et al.* 2014).

A nivel de fincas o predios tiene diferentes objetivos como son obtener información técnica de los procesos productivos de la zona en estudio, entender el proceso de la toma

de decisiones del productor y su relación con el funcionamiento del sistema de producción y los factores limitantes de orden económico, biológico y físico. Esto nos permitirá generar alternativas para los sistemas caracterizados (León-Velarde y Quiroz 1994).

La caracterización de las fincas, debe seguir una serie de pasos: el primer paso es seleccionar el área de estudio, definiendo los componentes del agroecosistema. Luego se aplicara las encuestas para levantar información sobre los sistemas de producción, también se debe incluir entrevistas, talleres y visitas de campo. Luego, con la información primaria se definen las variables en estudio. Asimismo, 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. Finalmente de acuerdo a los datos obtenidos se clasificarán en las tres dimensiones de la sustentabilidad: ambiental, social y económica (Apaza 2019; Bedoya y Julca 2020; Cáceres y Julca 2018; Aquino 2018; Marqués y Julca 2015; Merma y Julca 2012; Collantes 2016).

2.11. CARACTERIZACIÓN DE AGROECOSISTEMAS EN EL PERÚ

En los últimos diez años, en el Perú se ha realizado diversas investigaciones relacionado con la caracterización y tipificación de fincas productoras, los resultados difieren según la zona y el cultivo:

En el cultivo de palto convencional, según el estudio realizado por Collantes (2016), en la zona de Cañete, se clasificó a los productores de palta en cinco grupos. Estos grupos se diferenciaron entre si según las áreas de cultivo, el nivel tecnológico, los costos de producción y el acceso al mercado. Por otro lado, en la irrigación Chavimochic Apaza (2019), agrupó a los fundos de palto en tres grupos, donde el tamaño del fundo, el uso de pesticidas y las certificaciones fueron los aspectos que los diferenciaron. Mientras que Bedoya y Julca (2020) en la región Moquegua, agruparon a las fincas de palto en cinco grupos, los cuales eran diferenciados por la organización, la edad de plantación, el rendimiento, el mercado, la inversión y los ingresos mensuales.

En las condiciones de costa, se ha realizado estudios en otros cultivos como el de Cáceres y Julca (2018), quienes agruparon a las fincas productoras de vid para pisco en la región Ica en dos grupos, para este estudio se tomaron en cuenta diez componentes, estos grupos mostraron similitudes en cuanto a los componentes familiar, la asociatividad, tecnología, la gestión, la capacitación y la problemática que afecta al viñedo y al pisco. Sin embargo se encontraron diferencias significativas en los aspectos sociales, asociatividad, económico y recursos naturales. En el cultivo de papa, Contreras (2018) caracterizó fincas productoras de papa en la región Lima, donde encontró diferencias en las tres localidades de producción de la provincia de Barranca especialmente en las variables económicas y ambientales, pero hubo menor variabilidad en indicadores sociales.

Estudios de caracterización en la selva fueron realizados por Merma y Julca (2012) en la zona del Alto Urubamba, quienes determinaron tres tipos de agricultores, cuya diferencia entre grupos estuvieron relacionados con el área de las fincas, el nivel de ingresos y el nivel tecnológico del productor. Otro estudio llevado a cabo por Marquez (2015), se evaluaron productores de café que utilizaban sistemas de agricultura orgánica y convencional, se encontró una alta relación entre el nivel tecnológico empleado y el nivel de organización del productor, siendo los agricultores orgánicos los que presentaban un nivel tecnológico y una organización superiores al de los productores convencionales. Por otro lado, Maraví *et al.* (2018) caracterizaron a los productores de plátano de la zona de Pichanaki, como resultado determinaron la existencia de cinco grupos de fincas, donde el nivel de educación, la gestión y la edad del agricultor eran variables más importantes. En tanto que, Tuesta *et al.* (2014), realizaron la tipificación de las fincas cacaoteras en la subcuenca media del río Huayabamba en la región San Martín, utilizaron como base seis componentes (familiar, recursos naturales, actividad agrícola, económico, tecnológico y de gestión, social), los resultados mostraron la agrupación de tres tipos de fincas, donde el primer grupo se caracterizó por tener un sistema de producción convencional, realizaban otras actividades paralelas al cultivo del cacao; el segundo grupo que reúne básicamente fincas de producción orgánica, donde predominaron plantaciones híbridas asociadas, y un tercer grupo donde se encontraban plantaciones monoclonales.

En condiciones de Sierra, algunos estudios sobre caracterización de fincas, como el de Coaquira (2020) donde las unidades productoras de papa se tipificaron tres grupos, el primer grupo, representado por la variable sintética "recurso de capital social", constituyeron el 8 por ciento de las unidades productoras; el segundo grupo, representado por la variable sintética "recurso de capital financiero" integrado por agricultores que le dan valor agregado, y, además, almacenan otros productos diferentes a la papa (48 por ciento de las unidades productoras) y el tercer grupo, poseen fincas con el sistema de riego por gravedad y constituyen el 26 por ciento de las unidades productoras de papa. Por otro lado, Aquino (2018) caracterizó a productores de tarwi en tres zonas del valle de Mantaro, utilizó los métodos de análisis factorial y de conglomerados, encontrando tres tipos de agricultores. Las unidades productoras fueron caracterizadas principalmente por la extensión de terreno (0.5-1.0 ha), el rendimiento de cultivos diferentes al tarwi (6 -10 t/ha), el área de otros cultivos (0.5 - 1 y 2 - 5 ha), el costo de producción del tarwi (1000 - 1250 soles/ha), el área cultivada de tarwi (0.1- 0.5 ha) y el número de personas que trabajan en su predio. Mientras que Pinedo *et al.* (2017), en el cultivo de quinua, identificaron cuatro sistemas de producción, donde los sistemas sobresalientes fueron los orgánicos y producción limpia; mientras que la producción convencional relegó al tercer lugar y por último la producción tradicional. Los sistemas de producción orgánica, mixto y convencional generaron mayores ingresos al agricultor.

2.12. AGRICULTURA SUSTENTABLE

El término “sustentabilidad” ha experimentado muchas variantes a lo largo del tiempo, hasta llegar a un concepto moderno basado en el desarrollo de los sistemas socio-ecológicos que involucra tres dimensiones centrales del desarrollo sustentable: la económica, la ambiental y la social (Calvente 2007). El concepto de sustentabilidad facilita entender que estamos ante un mundo con recursos naturales escasos, necesidades ilimitadas y una población siempre creciente; de otro lado, lo sustentable también está relacionado con una dimensión temporal, vinculando la correlación entre los hombres con el tiempo y la existencia de problemas para las generaciones futuras (Ávila 2018). La World Commission on Environment and Development (1987), define a la sustentabilidad como “Todo lo que responde a las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, de satisfacer las suyas”.

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 (Altieri y Nicholls 2000; Fess y Benedito 2018). La agricultura es considerada una de las actividades más importantes de la humanidad que afecta a la naturaleza, debido a que es una actividad de impacto en el medio ambiente, por lo que es muy importante que incorpore la sustentabilidad dentro de sus prioridades (Gasto *et al.* 2009).

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 (agroecosistemas) que lo soportan” (Sarandon *et al.* 2006). Para ser considerado sustentable, debe cumplir satisfactoria y simultáneamente cuatro requisitos: (1) ser suficientemente productiva; (2) económicamente viable; (3) ecológicamente adecuada (que conserve la base de recursos naturales y que preserve la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global) y (4) ser cultural y socialmente aceptable (Sarandón 2002). Asimismo, la FAO (2020), define a 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.

2.12.1. Evaluación de la sustentabilidad

Evaluar la sustentabilidad de agroecosistemas es un proceso complejo, pues involucra no solo aspectos productivos, sino también ecológicos o ambientales, sociales, culturales, económicos y temporales (Sarandon y Flores 2009). La evaluación de agroecosistemas (fincas) es un proceso encaminado a determinar sistemática y objetivamente el estado actual de un sistema, monitoreando los cambios de las

diferentes intervenciones, con el fin de proponer estrategias para mejorarlo, planteando modificaciones para optimizar el estado de cada componente o factor clave, mediante distintas alternativas de manejo agroecológico (Masera *et al.* 1999).

Es una actividad participativa que requiere el concurso de todos los actores involucrados. La participación de los agricultores es fundamental en el planteamiento de indicadores fáciles de obtener y medir, siendo aprobados estos elementos por un panel de expertos cuyo aporte es validado con el coeficiente Alpha de Cronbach, a través de la determinación de la muestra para el trabajo en campo (Barrezueta 2015). La evaluación se lleva a cabo y es válida solamente para: (a) sistemas de manejo específicos en un determinado lugar geográfico y bajo un determinado contexto social y político; (b) una escala espacial (parcela, unidad de producción, comunidad o cuenca) previamente determinada; y (c) una escala temporal también previamente determinada (Sarandón y Flores 2014).

La complejidad y la multidimensión de la sustentabilidad hacen necesario volcar aspectos de naturaleza compleja en valores claros, objetivos y generales, llamados indicadores. Un indicador es *“una variable, seleccionada y cuantificada que nos permite ver una tendencia que de otra forma no es fácilmente detectable”* (Sarandón 2002). De manera general, los indicadores se elaboran para ayudar a los investigadores a simplificar, cuantificar, analizar y comunicar información a los diferentes niveles de la sociedad sobre fenómenos complejos (Soto de la Rosa y Schuschny 2009).

Sarandon y Flores (2009), mencionan que varios autores proponen que los indicadores se pueden agrupar en: ecológicos o ambientales, económicos y socioculturales. Por lo que cada uno de estos será una determinada dimensión. El grupo de indicadores dentro de una dimensión se determinará por el objetivo de estudio. En tanto que, Li (1994) clasifica los indicadores de sostenibilidad en tres: indicadores de recursos (naturales y sociales), indicadores de estructura (económica y ecológica) e indicadores de beneficios (ecológicos, económicos y sociales). Por lo tanto el tipo de indicador se elige en función a los objetivos de la investigación y escala de análisis, deben 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; Masera *et al.* 1999). La lista de indicadores no debe ser exhaustiva; se debe incluir

solamente aquellos indicadores con una influencia crítica al problema de estudio (Camino y Muller 1993).

Una estrategia para identificar indicadores de sostenibilidad es la selección de estos indicadores a partir de un menú construido en base a la experiencia previa. Conocidos estos indicadores parciales (sociales, económicos, ambientales) usualmente se procede a construir un indicador agregado, para lo cual se determinan las ponderaciones. Dichas ponderaciones pueden ser obtenidas tanto a partir de un marco teórico como a través de algún método ad hoc (Glave y Escobal 2001). Sin embargo, no existe un conjunto de indicadores universales, sino que cada sistema, dependiendo de su nivel de agregación, sus categorías tendrán su propio conjunto de indicadores (Camino y Muller 1993). Las diferencias existentes en la escala de trabajo (finca, región, etc.), el tipo de fincas, los objetivos deseados, la actividad productiva, las características de los agricultores, hacen imposible su generalización (Sarandon y Flores 2014).

Para la valoración de los indicadores se debe evitar el utilizar ambigüedad, es decir bueno o malo; además es subjetivo este tipo de valoraciones. Sarandon y Flores (2009) sugiere establecer umbrales, cuando sea posible; pues esto ayudará a calificar si la sustentabilidad está superando el umbral. Para estandarizar la valoración se sugiere el utilizar escalas, que pueden ser de cuatro grados o niveles. Respecto a la cuantificación de la sustentabilidad agraria a través de indicadores puede generar ciertos problemas. La mayor dificultad está en la interpretación conjunta de los múltiples indicadores, como herramienta práctica de apoyo a la toma de decisiones públicas. Debido a esto, se han realizado intentos para establecer acuerdos y aplicar métodos de agregación de la combinación de indicadores multidimensionales en índices o indicadores compuestos (Gómez-Limón y Sanchez- Fernandez 2010).

A pesar de la mejora en la exactitud y transparencia en la selección de indicadores, Gómez-Limón y Sanchez-Fernandez (2010) mencionan que el problema del carácter subjetivo de los métodos utilizados en la construcción de indicadores compuestos (selección de formas funcionales para la agregación y la valoración de los indicadores individuales) está todavía bajo debate, este tema ha sido puntualizado por otros autores como Morse *et al.* (2001), Ebert y Welsch (2004), Huetting y Reijnders (2004), Munda (2005) y Böhringer y Jochem (2007).

2.12.2. Evaluación de la sustentabilidad en el Perú

Se han desarrollado diversas investigaciones en la evaluación de la sustentabilidad en diferentes cultivos y contextos. A Continuación se citan algunas de estas investigaciones.

Sustentabilidad en el cultivo de palto

En Perú, existen experiencias en palto convencional tales como Bedoya y Julca, (2021a) evaluaron la sustentabilidad de las fincas de palto en la región Moquegua, encontraron que solo el 27 por ciento de las fincas productoras de palto fueron sustentables, el manejo de las fincas satisfizo en mayor grado los objetivos sociales que los objetivos ambientales o los objetivos económicos. Asimismo, Apaza (2019) evaluó la sustentabilidad en la Irrigación Chavimochic, donde encontró que solo los fundos con áreas grandes, fueron sustentables, principalmente por su conexión directa a mercados externos y uso menor de pesticidas. Los fundos de palto fueron sustentables en lo social, siendo la sustentabilidad ambiental el factor más importante a ser fortalecido. Mientras que en la zona de Cañete, Collantes y Rodríguez (2015) encontraron que solo las fincas productoras de palto con cultivos diversificados y crianza de animales fueron sustentables. Por otro lado, en el distrito de Supe, Ayora (2015) encontró que dentro de los cultivos con índices de sustentabilidad aceptable estuvo el cultivo de palto.

Sustentabilidad en otros cultivos

En agroecosistemas de costa, Cáceres (2019) evaluó la sustentabilidad de fincas productoras de vid en la región Ica, donde el 62.5 por ciento de las fincas estudiadas tuvieron un Índice de Sustentabilidad General > 2 , principalmente por que cuentan con sus propios viñedos, cuentan con área de procesamiento, área de comercialización y en su mayoría con tuvieron una pequeña área pecuaria, tienen diversas bebidas alcohólicas además del Pisco para la venta y tuvieron diversificación en las vías de comercialización. Por otro lado, Contreras (2018) estudió la sustentabilidad del cultivo de papa en la región de Lima, no encontró en ninguna de las zonas evaluadas que la producción de papa sea sostenible, siendo el componente medio ambiental uno de los más débiles por el uso excesivo de pesticidas.

En agroecosistemas de la sierra, Anculle (2019) caracterizó a las fincas productoras de *Opuntia ficus* para la producción de cochinilla carmín en la zona la Joya, Arequipa; para la evaluación de la sustentabilidad utilizó el “Marco MESMIS” y el “Análisis multicriterio”, los resultados obtenidos mostraron que las fincas no eran sustentables pese a la rentabilidad económica de la cochinilla, donde los índices de la sustentabilidad en las tres dimensiones fueron bajas. Perales *et al.* (2009), evaluaron la 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 secano. 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, uso de fertilizantes, el tipo de labranza y la rotación de cultivos. En el valle de Mantaro, Aquino *et al.* (2018), evaluaron la sustentabilidad de los productores de *Lupinus mutabilis* (Tarwi), encontró que 3/4 partes de los productores fueron sustentables, siendo la dimensión económica un punto crítico. Por otro lado, Barreto (2017) estudió la sustentabilidad de 339 productores agropecuarios en la zona de Carhuaz, Ancash, utilizó la metodología multicriterio, los productores se caracterizaron por tener multicultivos en diferentes pisos ecológicos, encontró que la sustentabilidad, ecológica, social y económica era muy variable entre zonas y los valores de los índices de sustentabilidad estuvieron lejos de los niveles óptimos. Pinedo-Taco *et al.* (2018) identificaron cuatro sistemas productivos, la sustentabilidad de los sistemas orgánico, mixto y convencional presentaron índices de sustentabilidad igual o mayor que el valor medio de la escala establecida, mientras que el sistema de producción tradicional no alcanzó el umbral mínimo en la dimensión económica, por lo que fue calificada como no sustentable.

Algunos estudios sobre evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas de selva como el de Marqués *et al.* (2016) demostraron que las fincas productoras de café con sistema orgánico fueron más sustentables que aquellas fincas con sistema convencional, donde los indicadores como la preservación de la biodiversidad, la reducción de la erosión y la microbiota del suelo fueron los indicadores medioambientales más importantes que le dieron soporte a la sustentabilidad. Otro estudio, publicado por Ruiz *et al.* (2019) evaluaron la sustentabilidad de fincas

productoras de naranja, variedad Valencia en la provincia de Chanchamayo, Junín, concluyeron que el 79.3 por ciento de las fincas evaluadas no fueron sustentables. Por otro lado, Merma y Julca (2012) informaron la sustentabilidad de fincas ubicadas en el Alto Urubamba, donde los cultivos de coca y té no fueron sustentables, mientras que los cultivos principales como café, cacao, plátano, cítricos, papayo y mango fueron sustentables, adicionalmente los autores mencionan que los indicadores de sustentabilidad multicriterio utilizados fueron simples, confiables y replicables para otros agroecosistemas. Meza y Julca (2015), reportaron la sustentabilidad de los sistemas de cultivo de yuca en la subcuenca de Santa Teresa, encontraron que el valor general de la sustentabilidad fue de 3.64 y los puntos críticos identificados estuvieron relacionados con la agroforestería, la diversidad de cultivares de yuca y el área destinada a la producción de yuca.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CONTEXTO FÍSICO EN EL QUE SE DESARROLLAN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE PALTO ORGÁNICO

3.1.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en la región Lima, en los distritos: Sayán, Huaura, Santa María, Végueta de la provincia de Huaura y el distrito de Supe de la provincia de Barranca (Figura 1).

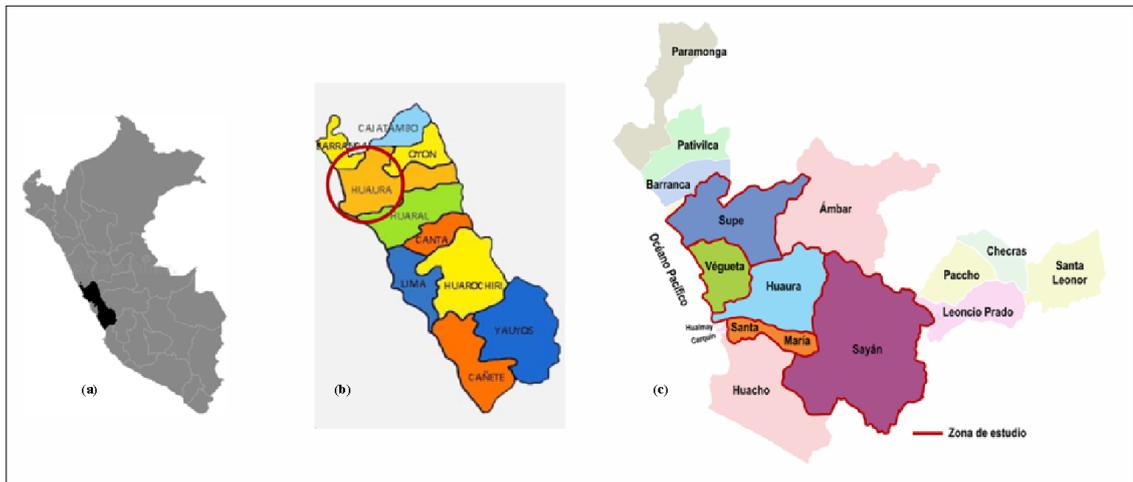


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio, (a) Mapa de Perú, (b) mapa de la región Lima con sus provincias, (c) mapa de la zona de estudio, distritos de: Sayán, Huaura, Santa María, Végueta - provincia de Huaura y distrito de Supe - provincia de Barranca

3.1.2. Descripción del contexto físico de los sistemas de producción de palto orgánico

La descripción del entorno físico donde se desarrolla la producción de palto orgánico se realizó utilizando información secundaria previamente publicada de fuentes oficiales y plataformas estadísticas de organismos regionales y nacionales. La información

meteorológica de los últimos cinco años (2014 - 2018) fue recolectada de la estación meteorológica principal de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión (SENAMHI) y de dos estaciones meteorológicas semi automáticas ubicadas en los predios El Paraíso, y Pampa grande. La estadística agrícola sobre área de plantación y rendimiento fue proporcionada por la Dirección Regional de Agricultura de Lima (DRAL). Los resultados de características de los suelos donde se cultiva palto orgánico fueron proporcionados por 15 productores que formaron parte del estudio. Se revisó información bibliográfica sobre requerimientos de cultivo (MINAGRI y SENAMHI 2018; MINAGRI 2019a; MINAGRI 2019b; MIDAGRI 2021; Ataucusi 2015; Lahav *et al.* 2013; Schaffer *et al.* 2013; Wolstenholme y Whiley 1999; Whiley y Winston 1987; Lovatt 1990; Gardiazabal 2004; Lahav y Kadman 1980; Wolstenholme 2013; Ferreyra *et al.* 2007b; Silber *et al.* 2018). Toda la información recolectada fue tabulada y analizada para identificar posibles limitantes en la producción de palto orgánico.

3.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS PREDIOS PRODUCTORES DE PALTO ORGÁNICO

3.2.1. Población y muestra

En este estudio, se tomó en cuenta a todos los productores de palto orgánico con certificación orgánica o en proceso de transición a orgánico (74 productores). Estas certificaciones son garantizadas por las inspecciones periódicas de parte de las empresas certificadoras, quienes nos proporcionaron la información sobre las certificaciones. Estos productores se encontraban ubicados en cuatro distritos de la provincia de Huaura (Huaura, Santa María, Végueta y Sayán) y un distrito de la provincia de Barranca (Supe). Se trabajó con la Asociación de Productores de Palto y afines Santa Rosalía (APROPAL SR), con productores independientes, proveedores de tres empresas exportadoras, las cuales agrupan el 100 por ciento de productores orgánicos de los cinco distritos. Además se contó con la participación de las certificadoras y exportadoras que tuvieron su ámbito de acción en la zona de estudio.

3.2.2. Instrumento de colecta de datos

a. Encuestas estructuradas

La recolección de datos directos, se realizó mediante una encuesta al responsable del predio, cada predio fue georeferenciado con GPS (Figura 2), encuesta elaborada y estructurada en base a principios y criterios de las normas orgánicas vigentes, el cuestionario fue validado por un comité de expertos, donde se incluyeron preguntas relacionadas con el sistema de producción: Manejo del cultivo, inversión, rendimiento, rentabilidad, asociatividad, certificaciones, asesoría, capacitación, diversidad, zona de conservación, aspecto social, entre otros (Anexo 1). La información sobre reporte de cosecha, calidad de exportación, certificaciones, el precio de venta, el financiamiento y los mercados de destino fueron proporcionadas por las empresas exportadoras. Además, se entrevistó a cinco productores líderes, uno de cada distrito en estudio, para completar la información de las encuestas.

b. Visitas in situ y revisión de registros de campo

Se realizaron visitas *in situ* a todos los predios productores de palto orgánico con el fin de validar los datos obtenidos en las encuestas. Durante las visitas se recolectaron datos sobre: cobertura vegetal, diversidad vegetal, zonas de conservación, entre otros. Se revisaron además detalladamente los registros de campo, que contenían información acerca de compra de insumos, número de jornales, número de aplicaciones foliares (nutrientes, bioestimulantes y productos para el control de plagas y enfermedades), ventas de cosecha y todas las labores realizadas durante el manejo del cultivo. Esta información fue de gran utilidad para los análisis y la confirmación de los datos recopilados en las encuestas.

3.2.3. Análisis de datos

La información recolectada fue sistematizada en hojas del Microsoft Excel 2019 y analizada con el Software estadístico SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) versión 25 (IBM 2017). Se utilizó estadística descriptiva e inferencial. Para las variables del aspecto social, zona de conservación, diversidad en el predio y otras variables se

utilizó estadística descriptiva. A Continuación se detallan los análisis estadísticos utilizados para los factores que influyen en el rendimiento y rentabilidad.

Factores y componentes que influyen en el rendimiento y los ingresos netos. Los análisis de rendimiento y los ingresos netos incluyeron plantaciones ≥ 5 años de edad (63 predios). Se realizaron las pruebas de normalidad (test de Kolmogorow-Smirnov) y homogeneidad de varianzas (test de Levene), y, debido a que los datos no presentan una distribución normal, se utilizaron pruebas no paramétricas. Para evaluar la diferencia del rendimiento y rentabilidad entre sistemas de riego se empleó la prueba U de Mann-Whitney, mientras que para determinar la diferencia de rendimiento de las variables portainjerto y polinizante, se aplicaron las pruebas de Kruskal – Wallis y U de Mann-Whitney, con un nivel de significancia del 5 por ciento. La relación entre los factores técnicos y económicos con el rendimiento y los ingresos netos se determinó mediante la prueba de correlación de Spearman (ρ) con un nivel de significancia del 5 por ciento. Se elaboraron tablas y gráficos para la presentación, descripción y análisis de la información.

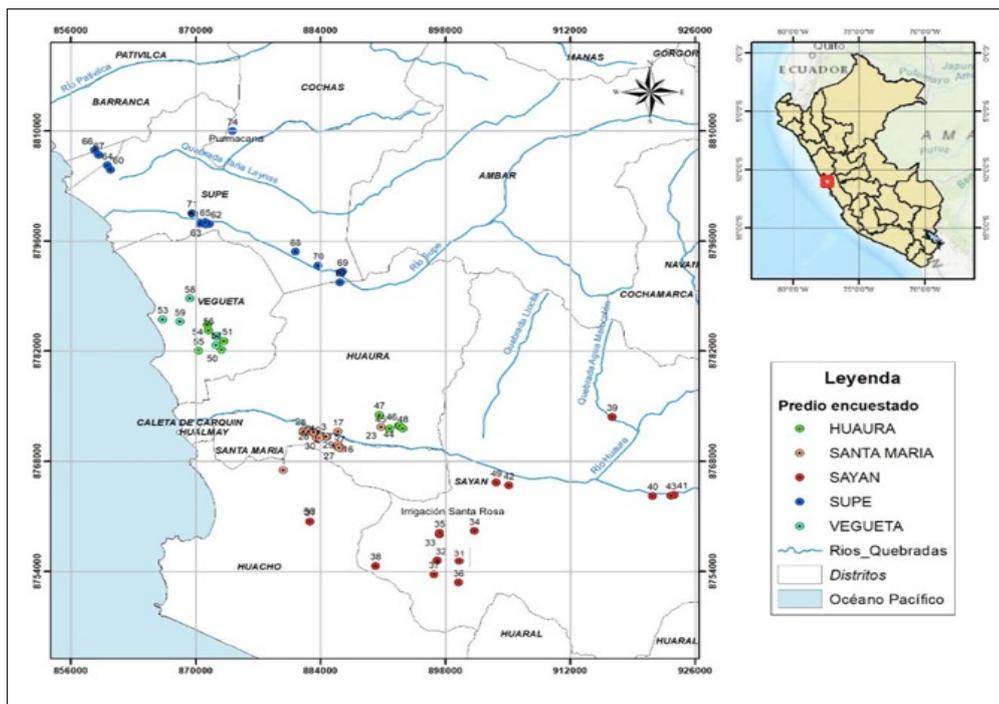


Figura 2. Georreferenciación de predios productores de palto orgánico en el ámbito de estudio

3.2.4. Descripción de la tipología de los predios productores de palto orgánico de la zona de estudio

Con los datos obtenidos a través de las encuestas, visitas *in situ*, datos proporcionados por las empresas exportadoras y certificadoras, se realizó un análisis multivariado de conglomerados (*cluster*) de tipo jerárquico. Se seleccionó como medida de proximidad la distancia euclídea al cuadrado y el método Ward, considerándose como la más recomendada para frutales perennes (Miranda y Carranza 2013). Los resultados del análisis cluster se expresaron en forma gráfica mediante un diagrama de árbol o dendrograma en función de los grupos homogéneos o con mayor similaridad (Valerio *et al.* 2004; Escobar y Berdegué 1990). Los análisis se realizaron con el Software estadístico SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) versión 25 (IBM 2017).

3.3. FUENTES ORGÁNICAS EN EL RENDIMIENTO Y CALIBRE DE FRUTOS DE PALTO ORGÁNICO

3.3.1. Lugar de ejecución

El ensayo se instaló en una plantación de palto variedad Hass de cinco años de edad, ubicada en la localidad de Santa Rosalía (11° 05' 28.32'' latitud sur, 77° 29' 36.96'' longitud oeste, 318 m.s.n.m.), distrito de Santa María, provincia de Huaura, región Lima.

3.3.2. Características del clima

El clima de la zona es desértico árido y cálido (Kottek *et al.* 2006). El tipo de clima en la zona de estudio es E(d)B', el cual describe una zona desértica, semicálida con temperaturas medias de 16 °C a 23 °C y con escasez de lluvias durante el año, debido a la influencia de la corriente peruana, este tipo de clima se extiende desde la provincia de Cañete al sur hasta la provincia de Barranca al norte (Castro *et al.* 2021).

3.3.3. Características de suelo donde se desarrolló el ensayo

Se realizaron análisis físico-químicos del suelo previo a la instalación y al finalizar el experimento. Para ello, se tomaron dos submuestras de suelo por árbol en la proyección

de la copa. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina (LASPAF-UNALM). Los resultados de los análisis químicos previo a la instalación del experimento, mostraron que el suelo presentaba: pH = 8.63, C.E._(1:1) = 0.23 dS m⁻¹, CaCO₃ = 3.20 por ciento, M.O. = 0.52 por ciento, P (Olsen) = 11.8 mg kg⁻¹, K (acetato de amonio) = 126 mg kg⁻¹, CIC = 5.76 cmol_c kg⁻¹. Los análisis de suelo previo y posterior al ensayo se muestran en los Anexos 2 y 3.

3.3.4. Análisis de fuentes orgánicas

Se realizó el análisis físico-químico de las fuentes orgánicas en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina (LASPAF-UNALM). La composición química de las fuentes orgánicas se resume en la Tabla 7 y Anexo 4 y 5.

Tabla 7. Composición química de las fuentes orgánicas utilizadas en la investigación

Característica	Guano de isla	Estiércol de Gallina	Estiércol de vacuno	Compost	Vermicompost
pH	6.15	7.11	8.32	8.35	7.81
C.E. dS/m	24.90	37.70	14.00	20.40	25.60
Humedad (% en peso fresco)	13.21	19.71	24.28	43.82	39.89
M.O. (% en peso seco)	8.45	28.09	58.50	38.50	29.31
N (%)	3.22	1.24	1.78	1.79	1.77
P ₂ O ₅ (%)	0.94	4.76	1.10	2.21	2.39
K ₂ O (%)	1.51	2.96	1.92	1.36	1.52
CaO (%)	3.58	14.63	2.78	5.56	10.36
MgO (%)	1.33	2.67	0.98	1.42	1.47
Relación C/N	1.50	13.10	19.10	12.50	9.60

Las fuentes orgánicas ensayadas fueron el guano de las islas (GI) procedente de AGRO RURAL, unidad adscrita al MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego); el estiércol de vacuno (EV) de un establo lechero del distrito de Santa María; el estiércol de gallina (EG) de una granja avícola del distrito de Végueta; el compost (CO) y el vermicompost (VC) de un centro de producción del distrito de Santa María. El análisis de laboratorio mostró que la calidad de las fuentes es promedio, excepto el guano de las

islas, que mostró una pobre calidad. Esto se debe a que la composición nutricional está fuera de los parámetros comunes de calidad y no cumple con las especificaciones respecto al contenido de nutrientes (MINAGRI 2018), lo que sugiere una posible adulteración. Además, las fuentes que presentan un bajo contenido de materia orgánica son el estiércol de gallina y el vermicompost (Tabla 7 y Anexo 5).

3.3.5. Material vegetal

El ensayo se instaló en una plantación de palto variedad Hass de cinco años de edad (cuarta campaña productiva) portainjerto mexicano y polinizante `Fuerte. Se realizó durante la campaña 2018 - 2019. La plantación cuenta con certificación orgánica desde su establecimiento, la densidad es de 500 plantas/ha, el campo fue regado en forma superficial con agua proveniente del río Huaura.

3.3.6. Tratamientos estudiados

Los tratamientos estuvieron conformados por las fuentes orgánicas: guano de las islas (GI), estiércol de gallina (EG), estiércol de vacuno (EV), compost (CO) y vermicompost (VC) (Tabla 8). Se aplicaron a dosis de 0.340 kg N/árbol, equivalente a 170 kg N/ha, de acuerdo al límite máximo anual establecido por el Reglamento de la Unión Europea 2018/848 del parlamento (Consejo de la Unión Europea 2018), calculado en base al contenido de N total. Se incluyó un tratamiento sin aplicación de abono orgánico como control.

Tabla 8. Tratamientos estudiados y etapas de aplicación de las fuentes orgánicas

Tratamiento	Fuente orgánica	Etapas de aplicación		
		I	II	III
T1	Guano de las islas (GI)			
T2	Estiércol de gallina (EG)	Inicio	1 mes después	1 mes después
T3	Estiércol de vacuno (EV)	floración	de la I	de la II
T4	Compost (CO)		aplicación	aplicación
T5	Vermicompost (VC)			
T6	Control			

3.3.7. Diseño experimental

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con cinco repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada por una parcela de cuatro árboles (80 m²).

3.3.8. Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron:

- Número total de frutos/árbol que llegaron a la madurez fisiológica.
- Calibre de fruto de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 011.018.2014 (para envases destinados al mercado de la unión europea).

Tabla 9. Disposición de calibres y su peso (en gramos) de una caja de 4 kg netos en destino. Para envases destinados al mercado de la Unión Europea

Código de calibre	Peso (g)
4	781 – 1220
6	576 - 780
8	456 - 576
10	364 - 462
12	300 - 371
14	258 - 313
16	227 - 274
18	203 - 243
20	184 – 217
22	165 – 196
24	151 – 175
26	144 – 157
28	134 – 147
30	123 – 137
S ³	80 – 123 (sólo la variedad Hass)

Nota: Para envases destinados al mercado de la Unión Europea

En el caso de mercados diferentes a la Unión Europea se cumplan con los requisitos del cliente.

Fuente: Norma Técnica Peruana 011.018.2014 (INDECOPI 2014)

- Rendimiento total y rendimiento exportable (kg/ha)

Se tuvo en cuenta la clasificación por aspecto externo (extra, categoría I y categoría II), establecido en el Codex Alimentarius (FAO y OMS 2001) y Norma Técnica Peruana 011.018.2014 (INDECOPI 2014) mostrados en la Tabla 9.

3.3.9. Análisis de datos

Los resultados fueron sometidos a la prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas, seguido de un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de las medias por medio de la prueba de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey a un nivel de significación estadística del 5 por ciento. Esto fue realizado con el programa InfoStat versión 2020 (Di Rienzo *et al.* 2020).

3.4. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS PREDIOS PRODUCTORES DE PALTO ORGÁNICO

Para el análisis de la sustentabilidad de los predios productores de palto orgánico, se adaptó la metodología multicriterio propuesta por Sarandón *et al.* (2006) y, Sarandón y Flores (2009), considerando las dimensiones ambiental, económica y social. Los indicadores utilizados fueron adaptados para predios productores de palto orgánico previamente validados en la zona de estudio (Tabla 10, 11 y 12). La metodología para seleccionar los indicadores de sustentabilidad consistió en una serie de pasos que condujeron como producto final a la obtención de indicadores adecuados para evaluar los puntos críticos en la sustentabilidad del cultivo de palto orgánico. El procedimiento fue el siguiente:

3.4.1. Aplicación de encuestas

Se aplicó una encuesta a todos los productores de palto orgánico con certificación orgánica o en proceso de transición a orgánico (74 productores) pertenecientes a cinco distritos: Huaura, Santa María, Vegueta y Sayán de la provincia de Huaura y el distrito de Supe de la provincia de Barranca. Se trabajó con la Asociación de Productores de Palto y afines Santa Rosalía (APROPAL SR), productores independientes y las exportadoras más importantes en el ámbito de estudio. Las encuestas se elaboraron en

base a principios y criterios de las normas orgánicas, y se utilizó información proporcionada por las certificadoras y por las empresas exportadoras. Se incluyó preguntas cerradas categorizadas, relacionadas con las tres dimensiones de la sustentabilidad: social, económico y ambiental (Anexo 1). Para contrastar la información obtenida de las encuestas, se revisaron los registros de las actividades realizadas en cada predio y registros manejados por la empresa exportadora que hace el seguimiento durante las campañas de producción. Posteriormente, se construyó una base de datos con la información obtenida para los análisis respectivos.

3.4.2. Selección y construcción de sub-indicadores

Para la selección y construcción de sub-indicadores se siguió la metodología propuesta por Sarandón (2002), Sarandón *et al.* (2006) y Sarandón y Flores (2009), la cual fue adaptada para el cultivo orgánico de palto, ya que la propuesta original está diseñada para fincas con cultivos anuales y no para aquellas que tienen cultivos permanentes (Márquez y Julca 2015).

La elección, estandarización y ponderación de cada indicador se realizó mediante una consulta y consenso de expertos en el manejo orgánico de palto. Entre los expertos que participaron en la selección, estandarización y ponderación de indicadores estuvieron: asesores técnicos de las empresas exportadoras, auditores de las certificadoras, representante de la Asociación de Productores de Palto (APROPAL), agricultores líderes con amplia experiencia en el tema y docentes universitarios. De acuerdo con Sarandón (2002), la metodología propone indicadores para cada uno de estos aspectos, sin embargo, no existen indicadores universales para todos los sistemas de producción, por lo que estos deben ser adaptados de acuerdo a las necesidades locales.

3.4.3. Estandarización y ponderación de los indicadores

Se realizó mediante una consulta y consenso de expertos. Los datos de las encuestas fueron estandarizados en una escala numérica (0 a 4), siendo 0 la categoría menos sustentable y 4 la más sustentable (Marquez y Julca 2015; Collantes y Rodriguez 2015; Apaza 2019; Merma y Julca 2012; Bedoya y Julca 2021a). Los valores de cada indicador se expresaron en algún valor de esta escala. En esta escala cuantitativa se consideró el

valor umbral de 2 como un nivel aceptable de sustentabilidad (Sarandón y Flores 2009; 2014), luego los valores obtenidos para cada variable o sub-indicador fueron ponderados multiplicándolo el valor de la escala por un coeficiente de acuerdo a la importancia relativa de cada variable respecto a la sustentabilidad (Sarandón *et al.* 2006). En la Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12 se detallan los indicadores y variables para cada dimensión de la sustentabilidad.

3.4.4. Sustentabilidad ambiental

En la Tabla 10 se muestran los subindicadores adaptados para evaluar la sustentabilidad ambiental de los predios productores de palto orgánico en la región Lima. Se consideró al subindicador riesgo de erosión como el más importante, por lo tanto, se le otorgó el doble peso.

3.4.5. Sustentabilidad económica

En la Tabla 11, se presentan los subindicadores adaptados para evaluar la sustentabilidad económica de los predios productores de palto orgánico en la región Lima. El subindicador rentabilidad fue considerado el más importante, por lo que se le otorgó el doble peso respecto a los otros subindicadores.

3.4.6. Sustentabilidad social

En la Tabla 12, se presentan los subindicadores adaptados para evaluar la sustentabilidad social de los predios productores de palto orgánico en la región Lima. Se le otorgó el doble de peso al subindicador satisfacción de necesidades básicas con respecto a los demás subindicadores.

3.4.7. Análisis de sustentabilidad general (ISGen)

En base a los valores calculados en las tres dimensiones ambiental, económica y social se calculó el Índice de Sustentabilidad General (**ISGen**). En el ISGen las tres dimensiones tienen la misma importancia. Para considerar un predio sustentable, el ISGen debe ser mayor a 2 y ninguna de estas dimensiones debe tener un indicador con un valor menor a 2 (Sarandón *et al.* 2006).

La fórmula para los cálculos de los índices de cada dimensión se encuentra en la Tabla 13.

Tabla 10. Subindicadores de la dimensión ambiental de los predios productores de palto orgánico

Subindicador	Variable	Detalle ⁽¹⁾	Valor
A. Conservación de la vida del suelo	A1. Diversidad vegetal (número de especies vegetales)	Totalmente diversificado (> 10)	4
		Alta (6 – 10)	3
		Media (3 – 5)	2
		Baja (2)	1
		Monocultivo (1)	0
	A2. Manejo de la cobertura vegetal (%)	>90%	4
		60 a 90%	3
		30 a 60%	2
		15 a 30%	1
		<15%	0
B. Manejo de la biodiversidad	B1. Diversificación de la producción	>4 cultivos	4
		4 cultivos	3
		3 cultivos	2
		2 cultivos	1
		1 cultivo	0
	B2. Área de zonas de conservación (%) (*)	mayor de 7	4
		5 a 7	3
		3 a 5	2
		1 a 3	1
		0	0
C. Riesgo de erosión	C1. Uso de materia orgánica (t/ha)	> 30	4
		20 a 30	3
		10 a 20	2
		5 a 10	1
		< 5	0
	C2. Tipo de suelo	Suelo muy adecuado para cultivos	4
		Suelo adecuado para cultivos	3
		Suelo intermedio	2
		Suelo inadecuado para cultivos	1
		Suelo muy inadecuado para cultivos	0
	C3. Manejo de la cobertura vegetal	>90%	4
		60 a 90%	3
		30 a 60%	2
		15 a 30%	1
		<15%	0
D. Manejo de agua y riesgo de contaminación	D1. Método de riego	Riego localizado por goteo	4
		Riego localizado por microaspersión	3
		Riego localizado por aspersión	2
		Riego por gravedad por mangas	1
		Riego por gravedad por surcos	0
	D2. Riesgo de contaminación del agua de riego (*)	no existe riesgo	4
		bajo riesgo	3
		medio riesgo	2
		alto riesgo	1
		muy alto riesgo	0

Fuente: (1) Adaptado de Sarandón *et al.*, (2006); Sarandón y Flores (2009) y fueron validados por el comité de expertos

*Nueva variable propuesta para el análisis

Tabla 11. . Subindicadores económicos de los predios productores de palto orgánico

Subindicador	Variable	Detalle ⁽¹⁾	Valor
		> 15	4
	A1.	10 a 15	3
	Productividad	6 a 10	2
	(t/ha)	3 a 6	1
		< 3	0
		> 95	4
	A.2. Calidad de	80 a 95	3
	exportación (%)	65 a 80	2
		50 a 65	1
		< 50	0
		< 5	4
	A.3. Incidencia	5 a 8	3
A) Rentabilidad	de plagas (%)	9 a 12	2
		12 a 15	1
		>15	0
		< 6000	4
	A4. Costos de	6000 a 7500	3
	producción	7500 a 8500	2
	(US\$/ha)	8500 a 10000	1
		>10000	0
		> 4	4
	A5. Número de	3	3
	certificaciones	2	2
	(*)	1	1
		0	0
		> 8500	4
B) Ingreso neto por	B1. Cantidad	6000 a 8500	3
campana	(US\$/ha)	3500 a 6000	2
		1000 a 3500	1
		< 1000	0
	C1.	>4	4
	Diversificación	4	3
	de productos	3	2
	para la venta	2	1
	(Cantidad de		0
C). Riesgo	productos)	solo palto	
económico		0 a 20 (muy baja)	4
	C2. Dependencia	21 a 40 (baja)	3
	de insumos	41 a 60 (media)	2
	externos (%)	61 a 80 (alta)	1
		81 100 (muy alta)	0

Fuente: (1) Adaptado de Sarandón *et al.*, (2006); Sarandón y Flores (2009) y fueron validados por el comité de expertos

*Nueva variable propuesta para el análisis

Tabla 12. Subindicadores sociales de los predios productores de palto orgánico

Subindicador	Variable	Detalle ⁽¹⁾	Valor
A. Satisfacción de necesidades básicas	A1. Acceso a educación	Superior	4
		Secundaria	3
		Primaria	2
		Limitada	1
		Sin acceso	0
	A2. Acceso a salud y cobertura sanitaria:	< 1 km	4
		1.1 a 3 km	3
		3.1 a 5 km	2
		5.1 a 10 km	1
		>10 km	0
	A3. Servicios	Completos	4
		Casi completos	3
		Agua y luz	2
Sólo 1 servicio		1	
B. integración social	Participación en organizaciones	Ninguno	0
		Muy alta (pertenece a más de 3 organizac)	4
		Alta (pertenece a 3 organizac)	3
		Media (pertenece a 2 organizac)	2
		Baja (pertenece a 1 organizac)	1
	C1. Conocimiento de buenas prácticas agrícolas	No participa	0
		Muy alta (> 3 capacitaciones/año)	4
		Alta (3 capacitaciones/año)	3
		Media (2 capacitaciones/año)	2
		Baja (por lo menos ha recibido una capacitación)	1
C. Conocimiento de buenas prácticas agrícolas y conciencia ecológica	C2. Visión y concepto del agroecosistema	Ninguno (no conoce)	0
		Holística	4
		Conservación	3
	D1. Elabora sus insumos (*)	Parcializada, limitada	2
		Muy poco conocimiento	1
		Sin conciencia ecológica	0
		elabora > 3 insumos	4
D. Autogestión en el predio	D2. Maneja registros de campo (*)	elabora 3 insumos	3
		elabora 2 insumos	2
		elabora por lo menos 1 insumo	1
	D2. Maneja registros de campo (*)	No elabora	0
		Mantiene sus registros actualizados	4
		actualiza su registro cada mes	3
D2. Maneja registros de campo (*)	actualiza su registro cada 3 meses	2	
	actualiza su registro cada 6 meses	1	
	No cuenta con registro	0	

Fuente: (1) Adaptado de Sarandón *et al.*, (2006)); Sarandón y Flores (2009) y fueron validados por el comité de expertos.

*Nueva variable propuesta para el análisis

Tabla 13. Fórmulas para el cálculo de los diferentes Índices de Sustentabilidad de los de los predios productores de palto orgánico

Indicador	Fórmula
Sustentabilidad ambiental (IAm)	$IAm = \frac{\left[\frac{A1+A2}{2}\right] + \left[\frac{B1+B2}{2}\right] + 2\left[\frac{C1+C2+C3}{3}\right] + \left[\frac{D1+D2}{2}\right]}{5}$
Sustentabilidad económica (IK)	$IK = \frac{2\left[\frac{A1+A2+A3+A4+A5}{5}\right] + B + \left[\frac{C1+C2}{2}\right]}{4}$
Sustentabilidad social (IS)	$IS = \frac{2\left[\frac{A1+A2+A3}{3}\right] + B + \left[\frac{C1+C2}{2}\right] + \left[\frac{D1+D2}{2}\right]}{5}$
Índice de sustentabilidad general (ISGen)	$ISGen = \frac{IAm+IK+IS}{3}$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO FÍSICO DONDE SE DESARROLLAN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE PALTO ORGÁNICO

4.1.1. Principales cultivos frutícolas en la región Lima

La superficie cosechada de los principales cultivos frutícolas de la región Lima provincias se muestra en el Tabla 14. El palto es el frutal con mayor superficie cosechada después de la mandarina, el crecimiento sostenido muestra un incremento gradual desde 6332 ha en la campaña 2015 a 7044 ha en la campaña 2021, lo que indica el atractivo del cultivo de palto para los productores de la región. Esto se debe principalmente a la rentabilidad que ofrece, las condiciones favorables de clima, suelo y disponibilidad de agua han propiciado el crecimiento del cultivo en la región principalmente la variedad Hass que se exporta a diferentes mercados. La mandarina también ha experimentado un crecimiento sostenido en la superficie cosechada, mientras que el arándano ha sido el frutal que ha registrado el mayor índice de crecimiento durante los últimos cinco años (Tabla 14).

Tabla 14. Superficie cosechada de los principales frutales de la región Lima (2015-2021)

Campaña agrícola	Palto	Manzana	Mandarina	Vid	Melocotón	Chirimoya	Arándanos
2015	6332	8062	5582	3919	3518	1050	12
2016	6482	8070	5950	3995	3531	1778	141
2017	6492	8026	6067	3964	3511	1754	169
2018	6531	6826	6627	3795	3323	1227	237
2019	6593	7475	7615	2774	3106	1504	940
2020	7003	6095	7228	2227	2525	1446	2014
2021	7044	5868	8095	2538	2897	1181	2109

Fuente: Elaboración propia, basados en información del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI)

De acuerdo con la información recopilada, la zona de estudio alcanzó las 2650 ha en el año 2018. Los distritos: Sayán, Huaura, Santa María y Vegueta de la provincia de Huaura con 2340 ha y en el distrito de Supe que pertenece a la provincia de Barranca con 310 ha, en estos distritos se concentra la mayor área de cultivo de palto orgánico, que representó en promedio el 11 por ciento del área total del cultivo de palto. Este sistema es relativamente joven, considerándose que los predios más antiguos tienen entre 8 a 10 años bajo régimen orgánico. El distrito de Santa María mostró la mayor superficie destinada a la producción orgánica y mayor número de productores, seguido de los distritos Sayán, Supe, Vegueta y Huaura. Además en el distrito de Santa María se encuentran los campos más antiguos bajo régimen orgánico (Tabla 15).

Tabla 15. Área total, área de producción orgánica, porcentaje destinado y productores dedicados a la producción orgánica de palto en los distritos estudiados (campaña 2017 - 2018)

Provincia/distrito	Área de producción (ha)		Producción orgánica (porcentaje)	Número de productores
	Total	Orgánica		
Huaura				
Santa María	475	100	21	31
Vegueta	680	52	8	10
Huaura	187	7	4	5
Sayán	998	76	8	13
Barranca				
Supe	310	54	17	15
Total	2650	289	11	74

Fuente: Elaboración propia, basados en datos de la Dirección Regional de Agricultura Lima (DRAL)

4.1.2. Características de clima en la zona de estudio

Las condiciones climáticas de la zona en estudio tienen particularidades, es considerado desértico árido y cálido (BWh) de acuerdo a la clasificación de Koeppen (Kottek *et al.* 2006). Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) califica el tipo de clima en la zona de estudio como E(d)B', el cual describe una zona desértica, semicálida con temperaturas medias de 16 °C a 23 °C y con escasez de lluvias durante el año, debido a la influencia de la corriente peruana. Este clima se extiende desde la provincia de Cañete al sur hasta la provincia de Barranca al norte (Castro *et al.* 2021).

En la Tabla 16, se muestran los registros meteorológicos promedio de cinco años de tres estaciones meteorológicas. La temperatura media anual en la zona de estudio (periodo 2014 - 2018) fue de 20.8 °C, la temperatura máxima de 30.3 °C, correspondiente al mes de febrero y los meses con menores temperaturas julio y agosto con 12.7 °C (Figura 3). La humedad relativa media en los meses de verano fue de 77 por ciento y la humedad relativa máxima (88.2 por ciento) se alcanza en julio (Figura 4). La evapotranspiración alcanza su valor más alto en el período de verano, en el mes de marzo con 4.5 mm/día (Figura 5). Las condiciones climáticas en la zona de estudio están dentro de los requerimientos del cultivo de palto, considerando que especialmente la temperatura afecta la floración y el cuajado (MINAGRI y SENAMHI 2018; MINAGRI 2019b; Shaffer *et al.* 2013; Wolstenholme 2013). En el Perú, las principales fortalezas de las plantaciones de la zona costera son las excelentes condiciones de clima, suelo y la proximidad al puerto del Callao (CIRAD y HAB 2019).

La diversidad de cultivos en los valles es mayor que en la zona de Irrigación Santa Rosa. En el valle Huaura-Sayán el área cultivada está dominada por tres cultivos: caña de azúcar, maíz amarillo y maíz chala, le sigue la palta, fresa y otros cultivos. En el valle Supe los principales cultivos son: maíz amarillo (28 por ciento), caña de azúcar (14 por ciento), palto y maracuya en la misma proporción (12 por ciento) (Ayora 2015). El área de palto orgánico en estos dos valles sumó 262.5 ha. La zona de Irrigación Santa Rosa, presenta un microclima muy particular favorable al cultivo de palto, donde la temperatura no baja de 11 °C, ni tampoco sube más de 33 °C (Tabla 16 y Figura 6), debido a su ubicación entre colinas, la producción de palto es importante, pero solo 26.5 ha corresponden a producción orgánica. Según el análisis de los datos de clima de los últimos cinco años (2014-2018), indican que por lo general, la cosecha en esta zona inicia en abril 3 a 4 semanas antes que en los predios ubicados en los valles (Huaura-Sayán y Supe), debido a que registra temperaturas máximas mayores, en promedio anual de 4.3 °C que los valles (Figura 6), lo cual permite la acumulación de materia seca en el fruto que acelera la madurez. En zonas cálidas las mayores temperaturas favorecen la acumulación de materia seca en la fruta por lo tanto acelera la maduración (Schaffer *et al.* 2013). El rendimiento promedio en los valles (7170 kg/ha) y la Irrigación Santa Rosa (7610 kg/ha). El calendario temprano de cosecha en la Irrigación Santa Rosa es

particularmente ventajoso, los productores tienen la posibilidad de acceder a mejores precios, ya que los meses de cosecha alta se dan entre los meses de mayo a julio.

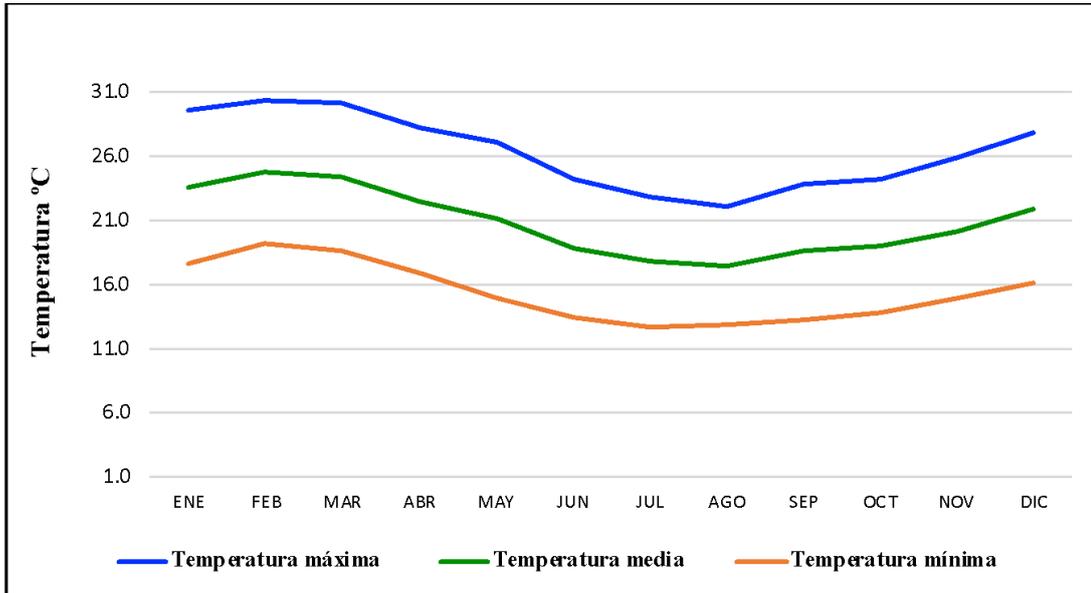


Figura 3. Temperatura máxima, media y mínima promedio obtenida en la zona de estudio, según los datos de tres estaciones meteorológicas

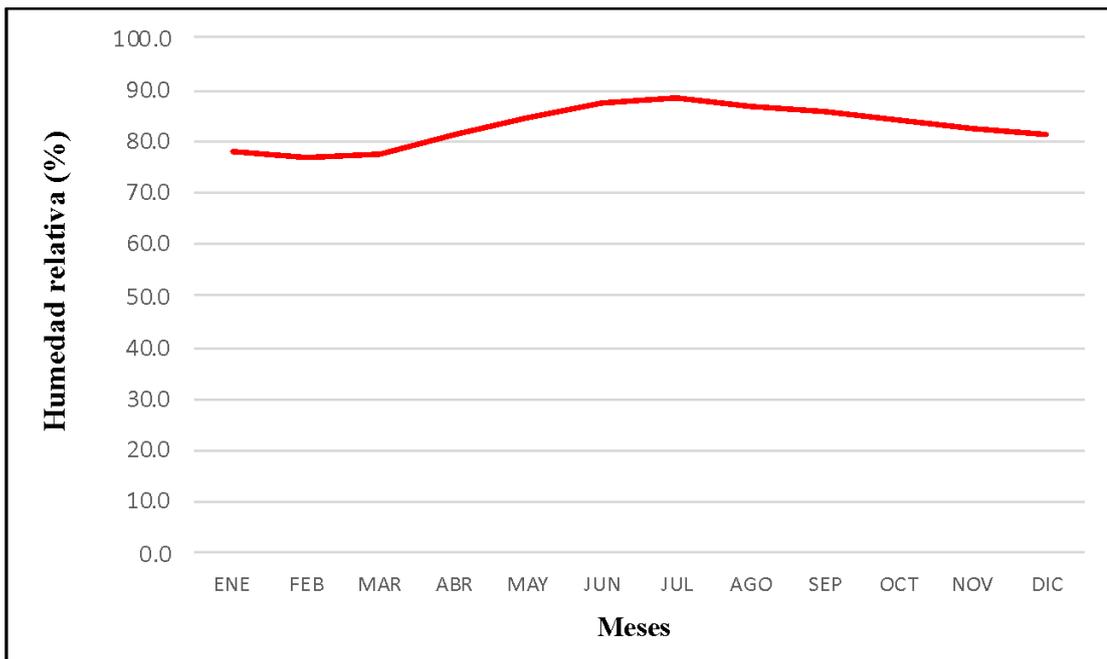


Figura 4. Promedio de la humedad relativa registrada durante cinco años en tres estaciones meteorológicas en la zona de estudio

Tabla 16. Datos meteorológicos de cinco años en el ámbito de estudio de palto orgánico (2014 - 2018)

Zona	Estación meteorológ.	Variable climática	Ene	Feb	Mar	Abr	May	jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Irrig. Santa Rosa - Sayán	El Paraiso	Temperatura máxima (°C)	32.14	32.84	32.68	30.86	29.84	26.1	25.82	25.4	27.92	27.24	29.00	30.74
		Temperatura media (°C)	24.38	25.43	25.08	23.29	21.93	18.87	18.61	18.24	19.60	19.52	20.02	22.10
		Temperatura mínima (°C)	16.62	18.02	17.48	15.72	14.02	11.64	11.40	11.08	11.28	11.80	11.96	13.46
		Humedad relativa (%)	74.16	71.61	71.36	75.86	81.74	85.89	86.91	84.58	83.22	81.31	79.71	78.08
		Evapotranspiración (mm/día)	4.22	4.79	5.79	3.81	2.70	1.65	1.87	2.22	2.82	3.44	3.69	3.95
Valle Huaura - Sayán	UNJFSC	Temperatura máxima (°C)	27.30	28.48	28.54	26.18	24.69	23.04	20.66	19.87	21.67	22.66	24.20	25.64
		Temperatura media (°C)	22.99	24.12	23.89	21.98	20.45	19.08	17.29	17.21	18.47	19.29	20.81	22.02
		Temperatura mínima (°C)	18.67	19.76	19.23	17.77	16.21	15.13	13.91	14.56	15.26	15.93	17.41	18.40
		Humedad relativa (%)	78.05	77.94	77.47	81.31	83.98	87.39	88.29	87.07	85.78	83.90	82.95	81.00
		Evapotranspiración (mm/día)	3.76	4.20	4.09	3.49	2.38	1.62	1.75	2.04	2.65	3.19	3.37	3.71
Végueta - Valle Supe	Pampa grande	Temperatura máxima (°C)	29.11	29.64	29.16	27.42	26.52	23.10	22.20	21.00	21.68	22.80	24.28	27.34
		Temperatura media (°C)	23.33	24.59	24.04	22.25	20.63	18.31	17.49	16.83	17.45	18.31	19.84	21.73
		Temperatura mínima (°C)	17.54	19.54	18.91	17.08	14.74	13.52	12.78	12.66	13.22	13.81	15.40	16.12
		Humedad relativa (%)	81.71	81.82	83.40	86.23	87.27	88.21	89.42	89.09	88.53	86.65	85.08	84.69
		Evapotranspiración (mm/día)	3.24	3.47	3.49	3.06	2.25	1.50	1.16	1.23	1.69	2.37	2.72	2.92

Fuente. Elaboración propia en base a registros de tres estaciones meteorológicas del ámbito de estudio: El Paraiso y UNJFSC y Pampa grande

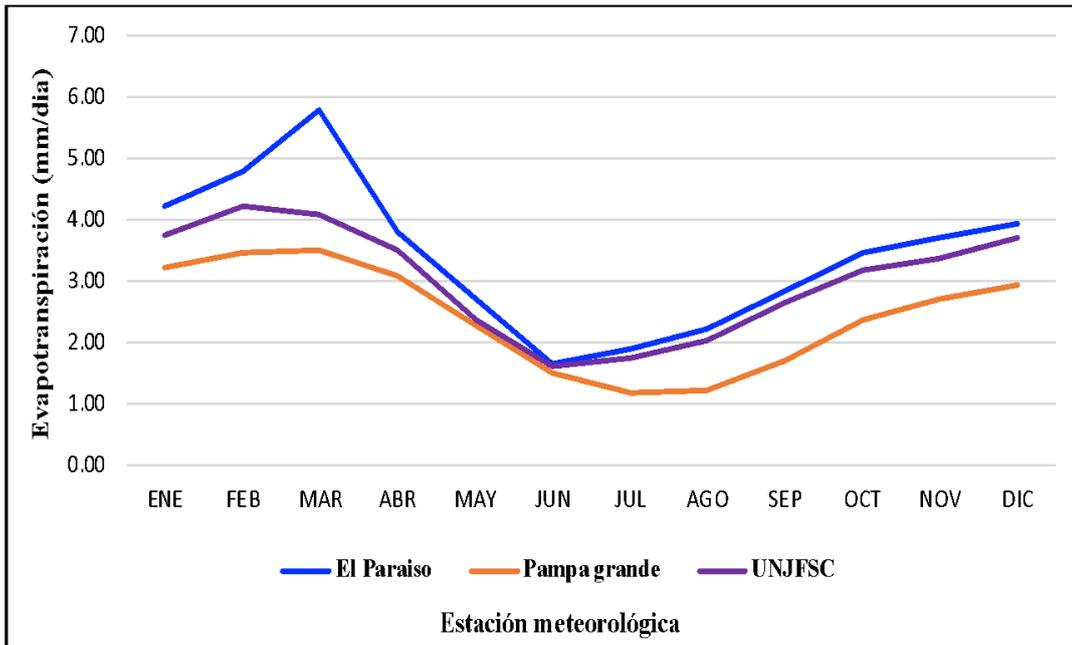


Figura 5. Promedio de la evapotranspiración registrada en las tres estaciones meteorológicas en la zona de estudio (promedio de cinco años)

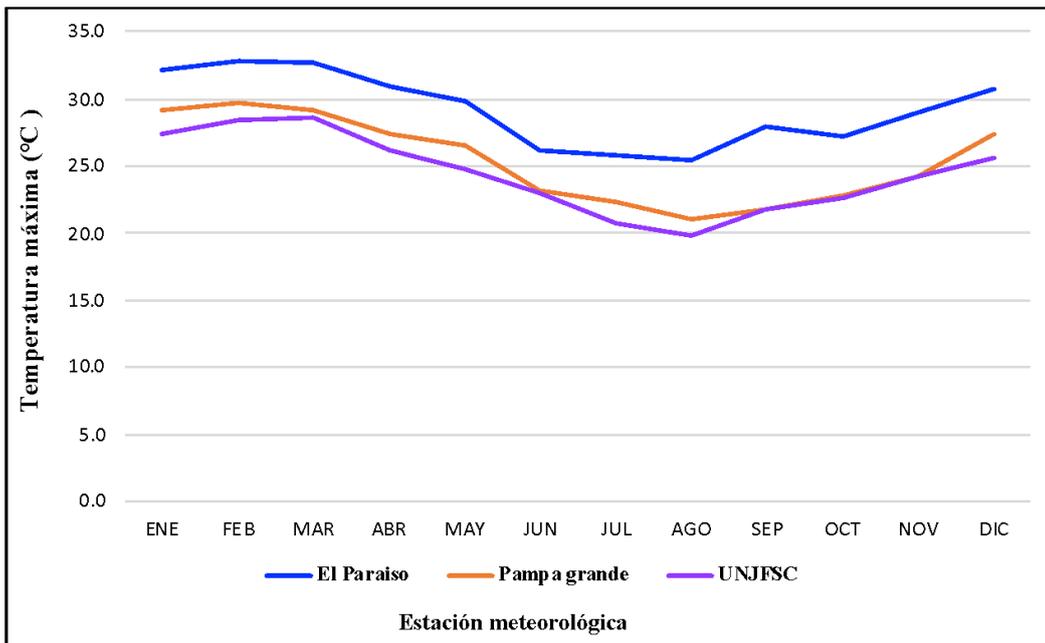


Figura 6. Temperatura máxima en las tres estaciones meteorológicas en la zona de estudio (promedio de cinco años)

4.1.3. Características de los suelos en predios productores de palto orgánico en la zona de estudio

Las características físico-químicas del suelo donde se desarrolla el cultivo se presentan en la Tabla 17. Estos suelos tienen textura franco-arenosa a arenosa, de reacción moderadamente alcalina y presentan bajo contenido de sales. En todas las localidades, el contenido de materia orgánica es bajo, y los contenidos de macroelementos como fósforo y potasio, son mayores en suelos ubicados en los valles que en los suelos de la zona de la irrigación Santa Rosa (distrito de Sayán). El cultivo de palto prefiere suelos de textura franco arenosa a arenosa, profundos, bien drenados y con buena aireación (Gardiazabal 2004; Ferreyra *et al.* 2012b; Ataucusi 2015; Ferreyra *et al.* 2007b; Gardiazabal 1990). Por el contrario, las características desfavorables para el desarrollo del cultivo de palto son el alto contenido de CaCO₃ (2 a 4 por ciento) y un pH superior a 7.0 (Schaffer *et al.* 2006; Gardiazabal 2004; Ferreyra *et al.* 2012b; Razeto y Palacios 2005). Según Gardiazabal (1990) el alto contenido de carbonatos en el suelo puede provocar la aparición de deficiencias foliares de elementos como fierro, zinc y manganeso, lo cual se traduce en una detención del crecimiento y una disminución de la producción. Además, los suelos del área de estudio tienen un bajo contenido de materia orgánica, lo cual podría ser una limitante para el cultivo de palto, ya que el árbol posee un sistema radicular superficial y carece de pelos absorbentes, por lo que requiere condiciones de suelos con buen contenido de materia orgánica (Ferreyra *et al.* 2012b; Wolstenholme 2013; Hofman *et al.* 2002; Hermoso *et al.* 2003; Schaffer *et al.* 2013). El 81 por ciento de los productores encuestados señalaron que el análisis del suelo es un requisito para la certificación, pero solo el 15 por ciento indicó que utiliza los resultados para planificar la fertilización.

4.1.4. Recurso hídrico en la zona de estudio

En la zona de estudio, aunque hay agua disponible durante todo el año, el principal problema es la infraestructura de riego, la cual carece de un adecuado mantenimiento y está conformada mayoritariamente por acequias y canales de poca capacidad. Según el Banco Mundial (2013), el valle de Huaura es uno de los valles con sistemas de riego más antiguos que presentan problemas de drenaje. Además, el 76 por ciento de los productores de palto orgánico usan riego por gravedad, mediante surcos, y no cuentan

con reservorios en sus predios, lo que empeora la gestión del uso del agua. Por otro lado, la irrigación Santa Rosa tiene turnos de agua más limitados, lo que hace que los productores tengan que instalar sistemas de riego localizado.

Tabla 17. Resultados de caracterización físico-químicas de suelos donde se cultiva palto orgánico en los distritos en estudio (promedio de 15 suelos)

Característica	Distrito de Santa María	Distrito Vegueta	Distrito Huaura	Distrito Sayán	Distrito Supe
n	3	3	3	3	3
Textura	F°A°	A°F°	F°A°	A°	F°A°
pH	8.3	8.0	7.6	8.2	7.6
C.E _(1:1) (dS m ⁻¹)	0.3	0.4	1.0	1.4	0.7
Materia orgánica (%)	0.7	1.2	1.0	0.3	1.0
CaCO ₃ (%)	2.9	0.5	2.0	2.6	4.0
P-Olsen (mg kg ⁻¹)	10.9	13.3	15.0	7.4	16.3
K-acetato de amonio (mg kg ⁻¹)	182.0	302.0	215.3	153.0	159.0
CIC (cmol _c kg ⁻¹)	8.6	13.1	11.6	5.3	7.3

Fuente. Elaboración propia

n: número de muestras, F°A°: franco arenoso, A°F°: arena franca, A°: arenoso

4.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS PREDIOS PRODUCTORES DE PALTO ORGÁNICO

4.2.1. Factores técnicos y económicos que influyen en el rendimiento

4.2.1.1. Sistema de riego

Los resultados indicaron que hubo diferencia significativa ($p < 0.05$) en el rendimiento de palto orgánico dependiendo del sistema de riego (Anexo 6). Los predios con riego localizado tuvieron rendimientos superiores en un 40 por ciento, que los predios con riego por gravedad (Mdna = 9740 kg/ha vs 5872 kg/ha, respectivamente) (Figura 7). No obstante, solo el 25 por ciento de los predios estudiados contaba con sistema de riego localizado. Esto se puede atribuir al efecto positivo del sistema de riego localizado en el rendimiento, ya que permite alcanzar una eficiencia de aplicación entre 90 a 95 por ciento (Antúnez *et al.* 2010; Carrazón 2007; MINAGRI 2015; Banco Mundial 2013). Esta eficiencia beneficia al cultivo de palto, ya que es muy susceptible al déficit hídrico, las raíces absorben hasta el 95 por ciento del agua en

los primeros 60 cm del suelo (Gardiazabal 2004). Al respecto, la encuesta nacional agropecuaria 2018, reporta que en el Perú solo el 22 por ciento de pequeños y medianos productores aplicaban riego localizado (INEI 2019). El rendimiento promedio en este estudio está por debajo del promedio regional y nacional, según, MINAGRI (2019a) el rendimiento promedio nacional de palto en el 2018 fue de 12 600 kg/ha, y en la región Lima fue de 13 200 kg/ha. Varios estudios reportan que en la agricultura orgánica los rendimientos en distintos cultivos son menores que el sistema convencional (Barlow 2002; Porrás *et al.*, 2006; Pagal 2015). En otras zonas productoras de palto convencional, los rendimientos promedios reportados fueron de 13.74 t/ha en Cañete (Collantes *et al.* 2015) y de 15.35 t/ha en la Irrigación Chavimochic (Apaza 2019). Según CIRAD & HAB (2019), los rendimientos de palto en el Perú son de los más altos del mundo, tanto en la etapa de producción (15 a 20 t/ha) como en la etapa de empaque (alrededor del 92 por ciento de fruta exportable).

El rendimiento de frutos de palto categoría extra también fue superior en predios con riego localizado (77 por ciento de la producción), en comparación con los predios con riego por gravedad, que obtuvieron un 62 por ciento. Los frutos de categoría extra tienen una calidad superior (FAO y OMS 2001) y la Norma Técnica Peruana NTP 011.018 (INDECOPI 2014). La Figura 8, muestra el rendimiento promedio de las categorías exportables (extra, primera y segunda). El riego localizado permite mejorar la calidad de frutos, gracias a la aplicación frecuente de agua y nutrientes, lo que incrementa el rendimiento y mejora el calibre del fruto (Schaffer *et al.* 2013; Moreno-Ortega *et al.* 2019; Silber *et al.* 2012; Lahav y Kalmar 1983).

Los frutos considerados como descarte no se exportan, sino que se destinan al mercado nacional, en este estudio los predios con sistema de riego localizado representó el 2 por ciento y en predios con riego por gravedad el 5 por ciento de la producción total. En el Perú, la calidad exportable en la costa es alta, siendo el porcentaje de frutos descarte alrededor del 8 por ciento (CIRAD y HAB 2019).

Solo los predios con sistema de riego localizado registran el consumo de agua por campaña. El consumo promedio de agua fue de 13 808 m³ en predios ubicados en los valles y 14 050 m³ en predios ubicados en la Irrigación Santa Rosa. Según Ferreyra (2021) el requerimiento hídrico del palto en el Perú oscila entre 7000 y

12 000 m³/ha/año. Aunque en zonas como Chavimochic (La Libertad) y Olmos (Lambayeque), el requerimiento alcanza 16 900 m³/ha/año (Apaza *et al.* 2019) y 20 000 m³/ha/año (Ferreira 2021), esto se debe al efecto oasis que ocurre en planicies eólicas. Varios estudios han reportado que los rendimientos máximos y frutos con mejor calibre en la variedad Hass se obtuvieron cuando se aplicó láminas de agua equivalentes entre el 70 a 75 por ciento de ETo ($K_c = 0,7$ a $0,75$) (Zuazo *et al.* 2021; Holzapfel *et al.* 2017; Faber *et al.* 1996; Grajales 2017; Dorado *et al.* 2017; Ferreira *et al.* 2007b). En la región Lima, según lo reportado por Vásquez *et al.* (2015) para la variedad Hass, al aplicar una lámina de agua equivalente al 120 por ciento de la ETo, se obtuvo el mayor rendimiento.

La tarifa de agua anualmente varía según decisión de la junta de usuarios, en el valle Huaura-Sayán fue S/ 273/ha/año en promedio, en el valle de Supe S/ 280/ha/año y en la Irrigación Santa Rosa de S/ 287/ha/año. Al respecto el Banco Mundial (2013) indica que el pago por el agua de riego, es en general por área y no por volumen, contribuyendo al desperdicio, sumado a eso limitaciones en la infraestructura, mantenimiento y métodos de riego no mejorados contribuyen a la baja eficiencia. En otras zonas productoras de palto, las tarifas se aplican en función al volumen, en el caso de la irrigación Chavimochic, un fundo que gasta 16 000 m³/ha, el costo fue de S/ 3488 al año (Apaza *et al.* 2019).

4.2.1.2. Costo de producción por hectárea

El costo de producción tuvo una alta correlación positiva con el rendimiento ($\rho=0.98$), con una alta variabilidad entre predios (Tabla 18 y Figura 9). En aquellos predios con sistema de riego localizado la inversión promedio por hectárea fue S/ 17 416, con un 70 por ciento destinado a insumos y un 30 por ciento a mano de obra. El sistema permite aplicar diferentes productos, haciéndolo más eficiente. Por otra parte, en los predios con riego por gravedad, la inversión promedio por hectárea fue de S/ 11 318, con un 60 por ciento destinado a insumos y un 40 por ciento a mano de obra. Los costos de producción del cultivo en el Perú varían según región, sistema de cultivo, nivel tecnológico y otros factores. En la región Moquegua el 90 por ciento de fincas invierten menos de S/ 4000 ha⁻¹ (Bedoya y Julca 2020), mientras que en sistemas más intensivos como los fundos productores de la Irrigación Chavimochic

invierten en promedio USD 6276.5 (Apaza *et al.* 2019). Según CIRAD y HAB (2019) en la costa peruana, los costos de producción de palto son altamente competitivos (USD 5000 a 7000 ha⁻¹) principalmente por la disponibilidad de agua, mano de obra y baja presión fitosanitaria.

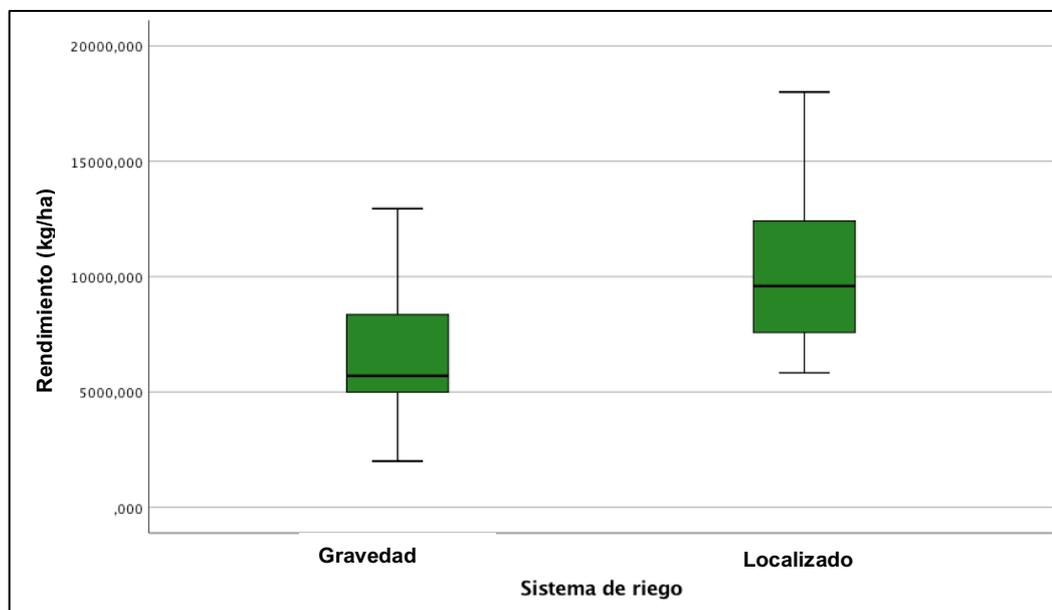


Figura 7. Rendimiento de palto (kg/ha) de los predios de producción orgánica en la zona en estudio según el sistema de riego empleado

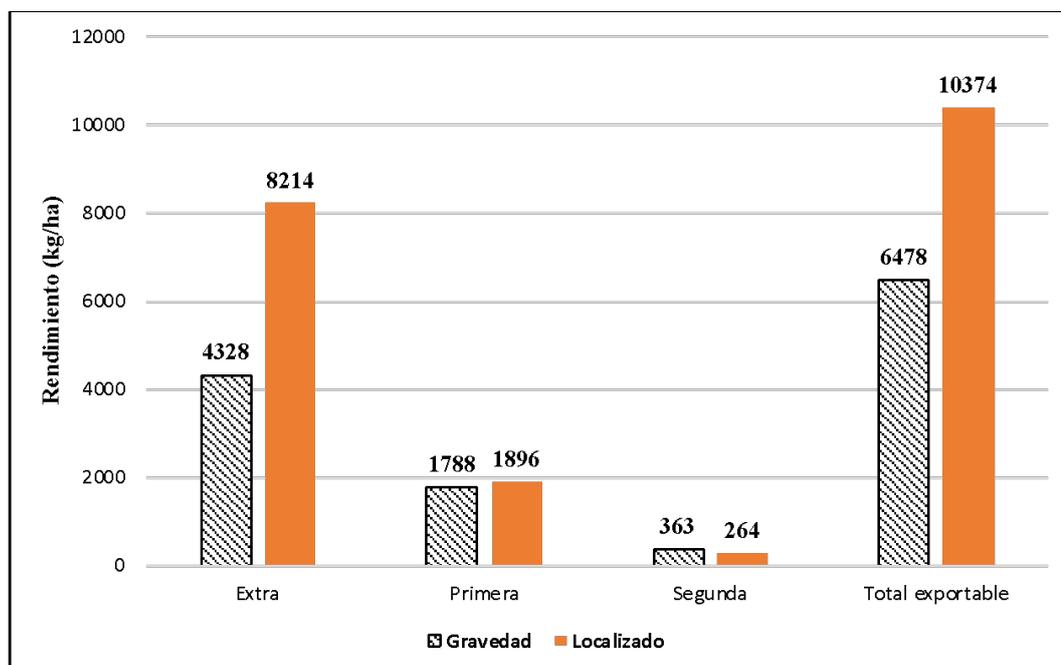


Figura 8. Rendimiento promedio de las categorías exportables (kg/ha) de los predios de producción orgánica de acuerdo al sistema de riego empleado en la zona de estudio

Aquellos predios que aplican sistema de riego localizado invirtieron más en insumos, principalmente en productos como ácidos húmicos, aminoácidos, fertilizantes foliares y bioestimulantes. El sistema permite la aplicación de diferentes productos junto con el agua, haciendo el proceso más eficiente, lo que resulta en mayores rendimientos y de mejor calidad. En predios con riego por gravedad se invierte un 10 por ciento más en mano de obra, debido a labores como el deshierbo, la aplicación de productos al suelo, entre otros, que necesariamente requieren de trabajo humano. Por ende, la inversión en insumos es menor. Los costos de producción del cultivo en el Perú varían según la región, el sistema de cultivo, el nivel tecnológico y otros factores.

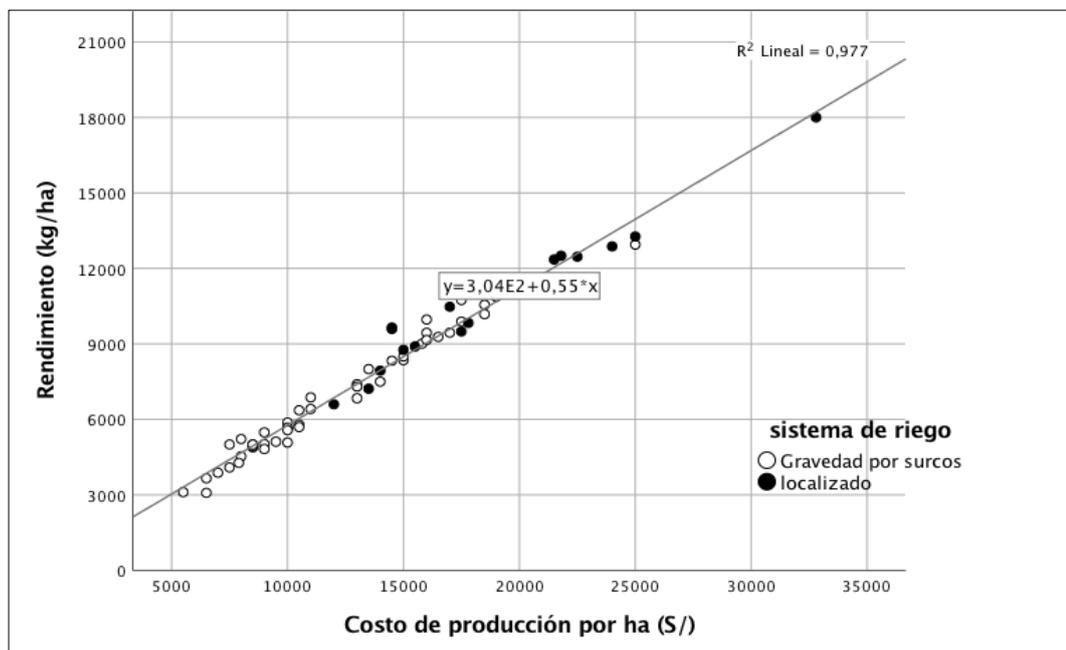


Figura 9. Relación entre el costo de producción y el rendimiento de palto, según el sistema de riego empleado en predios de producción orgánica en la zona de estudio

4.2.1.3. Aporte de nitrógeno orgánico

El aporte de N se limitó al uso de fuentes orgánicas. La dosis de N orgánico tuvo una correlación positiva con el rendimiento (Figura 10 y Tabla 18). Esta tendencia se pudo observar a pesar de que la mineralización del N orgánico es muy variable, ya que depende de muchos factores. El efecto positivo en el rendimiento del cultivo de palto se atribuye a las ventajas de la incorporación de fuentes orgánicas al suelo, especialmente en suelos con bajo contenido de materia orgánica, como el caso de los

sistemas en estudio. El beneficio del uso de fuentes orgánicas ha sido ampliamente descrito (Mohale *et al.* 2021; Campos *et al.* 2020; Valladares *et al.* 2020; Kwiatkowski *et al.* 2020; Burges *et al.* 2020; Celestina *et al.* 2019; Villalva-Morales *et al.* 2015; Tapia *et al.* 2014; Aguirre *et al.* 2007; Bruuselma, 2002; Mikkelsen y Hartz 2008; Brandt y Molgaard 2001; Courtney y Mullen 2008) y va más allá de su valor nutricional, ya que mejora las distintas propiedades de los suelos.

En la agricultura ecológica, la limitación del uso de fertilizantes químicos, especialmente nitrogenados, es un factor clave para la preservación del medio ambiente (Maidl *et al.* 2002) y contribuye a lograr una buena producción cualitativa y cuantitativa de los cultivos (Grant *et al.* 2002). Sin embargo, la complejidad de gestionar la fertilización se debe a la aportación indirecta de nitrógeno por medio de un abono orgánico, el cual debe ser mineralizado para liberar el nitrógeno mineral en el suelo. El suministro de nitrógeno de estos productos suele ser difícil de sincronizar con las necesidades de los cultivos (Pang y Letey 2000) y depende de la composición de la fuente orgánica, especialmente la relación C/N, así como de las condiciones edafo-climáticas que influyen en la descomposición y la mineralización (Webb *et al.* 2013; Chen *et al.* 2014; Thangarajan *et al.* 2015; Sradnick y Feller 2020).

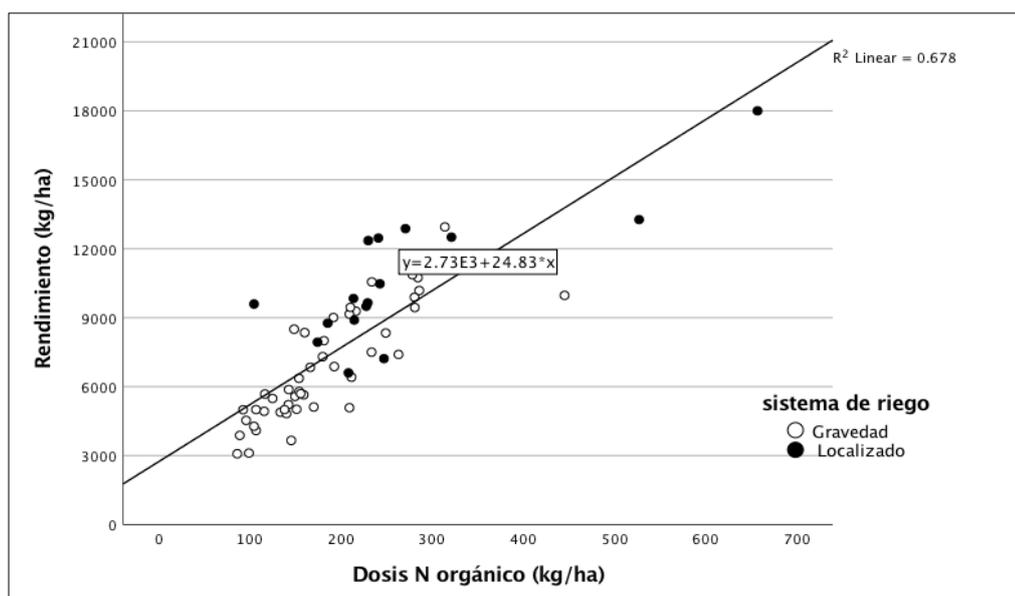


Figura 10. Relación entre la dosis de aplicación de N orgánico y el rendimiento del cultivo de palto, según el sistema de riego empleado en predios de producción orgánica en la zona de estudio

4.2.1.4. Aporte de fósforo y potasio

Se observó un alto grado de correlación positiva entre los aportes de fósforo y potasio con el rendimiento de palto, alcanzando coeficientes de correlación (ρ) de 0.89 y 0.87, para el fósforo y potasio, respectivamente. Esto indica que el incremento de las dosis resultó en un incremento del rendimiento (Figura 11 y Tabla 18). Las distintas funciones esenciales que desempeñan el fósforo y potasio en el metabolismo de las plantas son fundamentales para incrementar el rendimiento y calidad de los frutos de palto (Gardiazabal *et al.* 2007).

El efecto positivo de la aplicación de fósforo sobre el rendimiento del cultivo de palto ha sido reportado en varias investigaciones (Sánchez 2020; Du Plessis *et al.* 1995; Winer *et al.* 1995). Este nutriente es esencial para la formación de ácidos nucleicos, fosfatos de azúcares y membranas, la síntesis de proteínas y la formación del nuevo protoplasma (Condrón y Tiessen 2005). Existe una gran demanda del fósforo sobre todo al inicio de la floración del árbol (Aburto-Gonzales *et al.* 2017; Ramírez-Gil 2017), ya que posee una alta movilidad dentro de la planta (White 2012), lo cual permite su desplazamiento hacia las zonas de mayor demanda. Sin embargo, Silver *et al.* (2018) indican que la remoción de fósforo por el fruto es baja con respecto al nitrógeno y potasio. Por lo tanto en algunas zonas productoras, y dependiendo de las concentraciones de fósforo en el suelo, solo basta con suministrar 20-30 kg/ha como ácido fosfórico durante la estación de crecimiento y cuando se dispone de sistemas de riego.

El potasio es considerado el nutriente más demandado por el cultivo de palto y diversas investigaciones han reportado que incrementa el rendimiento y calibre de frutos (Sánchez 2020; Guerrero-Polanco *et al.* 2018; Salazar-García *et al.* 2009; Hermoso *et al.* 2003; Gardiazabal *et al.* 2007; Van Niekerk *et al.* 1999). Este elemento contribuye a mantener la presión de turgencia de las células, interviene en el potencial osmótico y, debido a su alta movilidad permite, su transporte de célula a célula, de tejido viejo a tejido nuevo o a los órganos de almacenamiento, como son los frutos (Marschner 2012). La fertilización balanceada del potasio en los cultivos ha discutido ampliamente, buscando siempre los niveles nutricionales óptimos. Sin embargo, los resultados específicos de una investigación no se puedan extrapolar a todos los cultivos (Lazcano-Ferrat 2006).

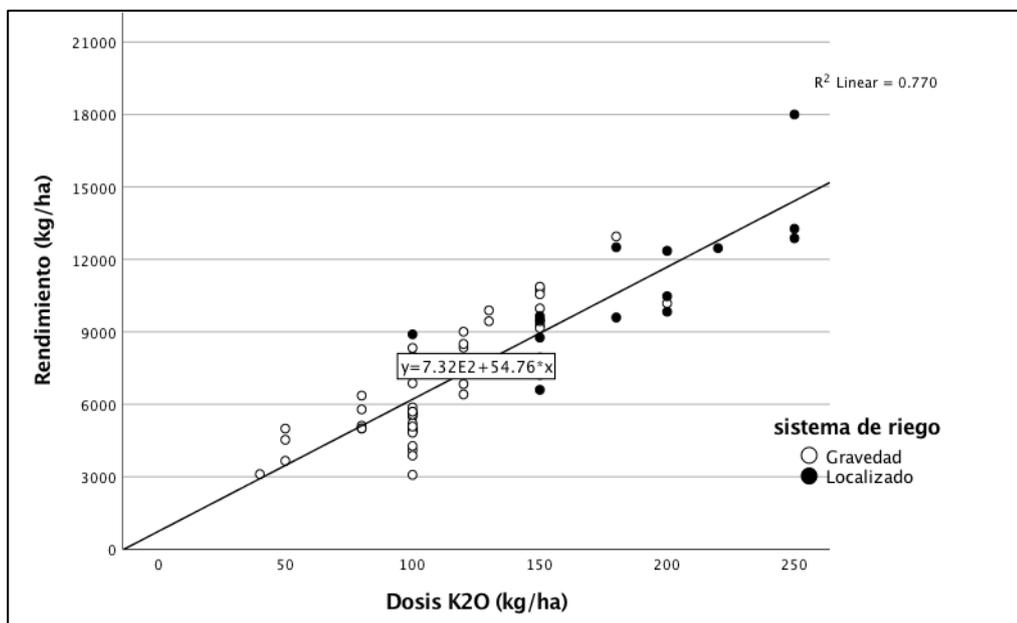
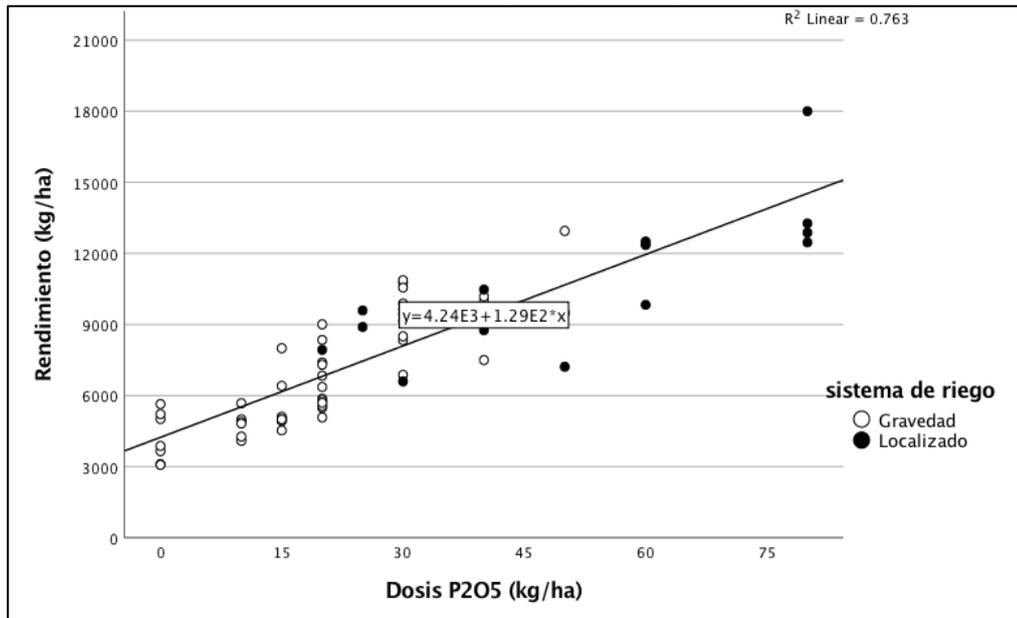


Figura 11. Relación entre la dosis de P₂O₅ y K₂O (kg/ha) y el rendimiento del cultivo de palto, según el sistema de riego empleado en predios de producción orgánica en la zona de estudio

4.2.1.5. Mano de obra (Número de jornales por hectárea)

El requerimiento de mano de obra de los predios varió de 87 a 437 jornales/ha, mostrando una correlación positiva con el rendimiento (Tabla 18). El 84 por ciento de predios emplearon entre 100 a 250 jornales; solo un predio registró 437 jornales, dado que el cultivo está establecido en terrazas y con alta densidad de plantación.

Los predios con riego localizado obtuvieron rendimientos mayores empleando el mismo número de jornales (Figura 13). Los sistemas de producción orgánica requieren en promedio un 30 por ciento más mano de obra por unidad de producción que los sistemas convencionales (FAO 2018; Camacho *et al.* 2015; Ortigoza *et al.* 2010; Salinas 2011) lo que los convierte en una actividad económica con potencialidad en la generación de empleo y divisas (Vásquez *et al.* 2021). En el cultivo de palto convencional en la zona de Cañete se reportó como máximo 70 jornales/ha (Collantes *et al.* 2015). Una ventaja para el productor del cultivo de palto en la costa de Perú, es que hay disponibilidad de mano de obra y los salarios no son elevados (salario mínimo neto aproximadamente USD 350/mes) (CIRAD y HAB 2019).

La distribución porcentual de jornales para ambos sistemas de riego se muestra en la Figura 13. Predios con sistema de riego por gravedad emplean 12 por ciento de jornales en el deshierbo, mientras que aquellos predios con riego localizado solo emplean el 5 por ciento del total de jornales por campaña. También hay diferencia importante entre predios según el sistema de riego en la incorporación de fuentes orgánicas y fertilizantes al suelo, siendo mayor en predios con riego por gravedad (14 por ciento) que en predios con riego localizado (3 por ciento). Esto se debe a que el sistema de riego localizado permite la aplicación de productos al suelo mediante el agua, lo que representa un ahorro en mano de obra respecto a los predios con riego por gravedad.

4.2.1.6. Número de aplicaciones foliares

El número de aplicaciones foliares, dependiendo de la inversión, varió entre 4 y 14. Estas aplicaciones incluyeron nutrientes, bioestimulantes y productos para el control de plagas y enfermedades. A mayor inversión en insumos, mayor número de aplicaciones; estas tuvieron alto grado de correlación positiva con el rendimiento (Figura 14 y Tabla 18). Todos los predios se manejaron según los registros de campo, con un plan de control de plagas y enfermedades.

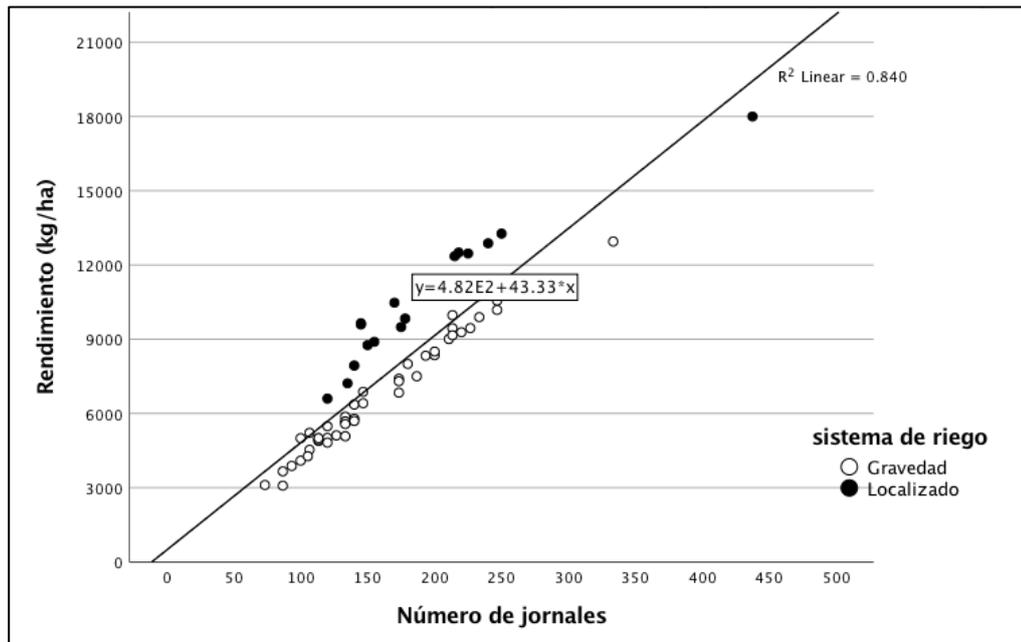


Figura 12. Relación entre el número de jornales y el rendimiento del cultivo de palto, según el sistema de riego empleado en predios de producción orgánica en la zona de estudio

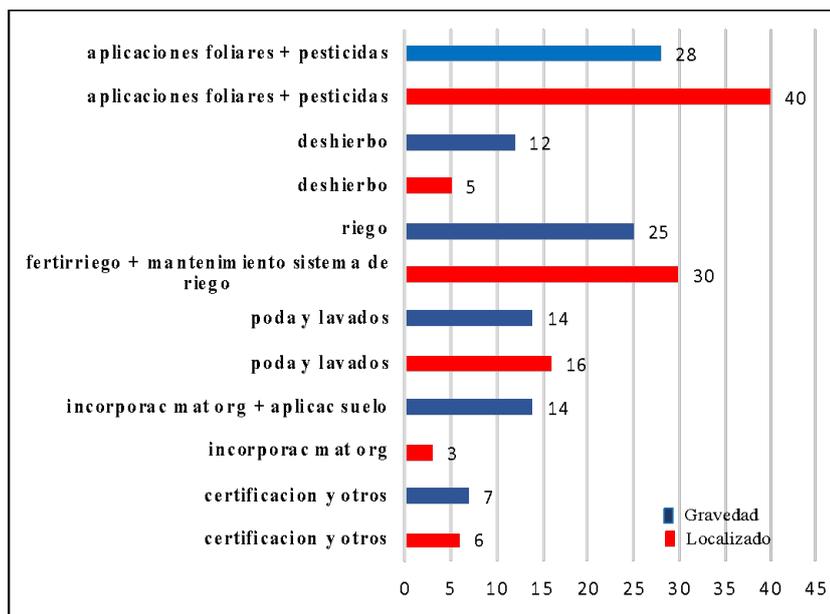


Figura 13. Distribución de jornales (porcentaje) según el sistema de riego en en predios de producción orgánica en la zona de estudio

Las plagas que requirieron más aplicaciones fueron *Oligonychus* sp., *Fiorinia fioriniae* y *Aleurodicus* sp. en el sector de Santa Rosalía (Distrito de Santa María) además *Oiketicus kirbyi* que también fue importante. Dentro de los principales problemas del palto, se encuentran las queresas, las cuales, aunque no afectan los

rendimientos, limitan el acceso a mercados como Estados Unidos y China (SENASA 2014). Estas plagas también han sido reportadas en otras zonas productoras de palto de Perú, como en Cañete (Collantes 2016) y en la Irrigación Chavimochic (Apaza *et al.* 2019). De estas, dos plagas (*Fiorinia fioriniae* y *Oligonychus* sp.), son comunes en zonas áridas en donde no se registran precipitaciones, lo que les permite desarrollarse.

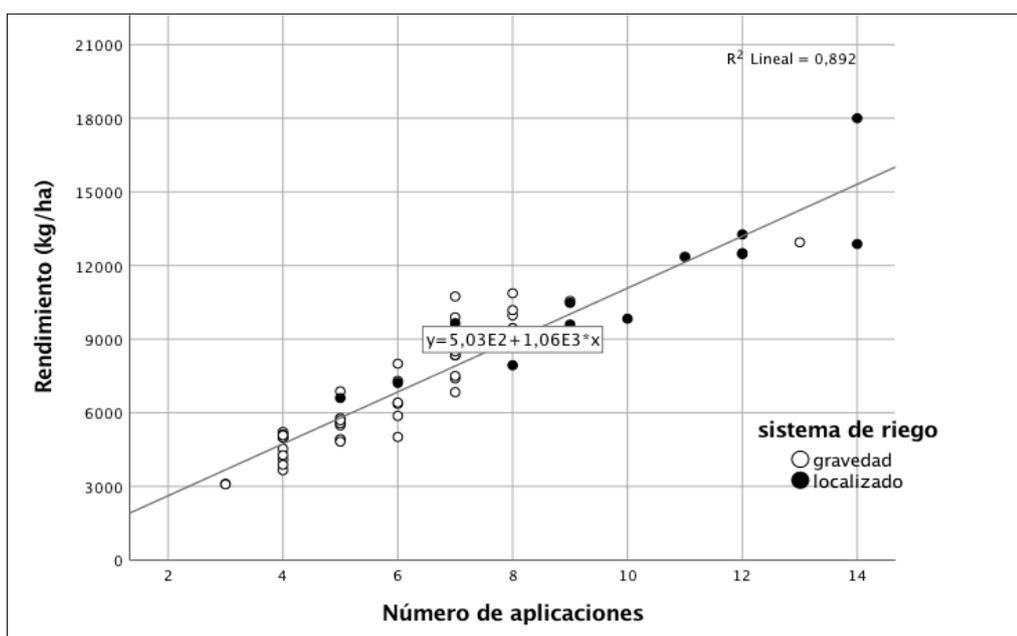


Figura 14. Relación entre el número de aplicaciones y el rendimiento del cultivo de palto, según el sistema de riego empleado en predios de producción orgánica en la zona de estudio

Las enfermedades más importantes en la etapa de floración y cuajado fue *Botrytis cinerea*, seguido de *Cladosporium* sp. Otras enfermedades que consideran de importancia fueron *Lasiodiplodia theobromae* seguido de *Phytophthora cinnamomi*. En la costa peruana, el hongo de madera más predominante es *L. theobromae* (Apaza *et al.* 2015). La podredumbre de raíces causada por *Phytophthora*, es posiblemente la enfermedad más devastadora que afecta la producción de aguacate a nivel mundial, y ha sido reportada en más 3000 especies hospederas (Mitchell *et al.* 2015; Ndlovu y Van den Berg 2015). Por otro lado, una de las ventajas en la producción de palto en la costa peruana es la baja presión fitosanitaria, debido a que los suelos son de textura arenosa, por lo que hay poco problema con *Phytophthora* (CIRAD y HAB 2019), lo que es una ventaja para la producción orgánica del cultivo. El control de

malezas se realiza de forma totalmente manual, en predios con riego por gravedad se destinó un 12 por ciento de los jornales para los deshierbos y en aquellos con riego localizado un 5 por ciento (Figura 13). Los residuos de malezas y de la poda de los árboles se aprovechan como mulch o para elaborar compost.

4.2.1.7. Densidad y edad de plantación

La Tabla 18, muestra que el rendimiento presentó baja correlación con la densidad de plantación ($\rho=0,19$), mientras que esa fue intermedia con la edad de plantación ($\rho=0,49$). La densidad varió de 278 a 1000 plantas/ha, encontrándose en plantaciones jóvenes mayores densidades. Los rendimientos promedio más altos (11 833 kg/ha) fueron alcanzados en plantaciones con densidades altas (1000 plantas/ha) y edad de 7.2 años, aunque solo representaron el 8 por ciento de los predios. Le siguen los predios con 400 plantas/ha (41 por ciento de predios), con un rendimiento de 7993 kg/ha. Por último, las plantaciones con menores densidades (278 y 333 plantas/ha) y mayor edad (8 y 11 años) presentaron rendimientos de 6686 y 7075 kg/ha respectivamente (Tabla 19).

4.2.1.8. Variedad, portainjerto y polinizante

En todos los predios objeto de estudio, la variedad principal exportable fue 'Hass'. No obstante, dado que todas las plantaciones contaban con cultivares polinizantes y algunas con mayor edad presentaban otras variedades, se observaron las siguientes combinaciones: el 68 por ciento con dos variedades (31 por ciento Hass y Fuerte y 37 por ciento Hass y Zutano), 16 por ciento con tres variedades (12 por ciento Hass, Fuerte y Nabal, y 4 por ciento Hass, Zutano y Ettinger) y 16 por ciento con cuatro variedades (Hass, Fuerte, Nabal y Linda), esta última combinación se encontraba en plantaciones de mayor edad.

Los portainjertos utilizados en plantaciones con mayor edad son las variedades Duke 7 y Topa Topa (paltos mexicanos), mientras que el portainjerto Zutano es más usado principalmente en nuevas plantaciones. El portainjerto Zutano ha demostrado ser más vigoroso, más tolerante a sales y a *Phytophthora cinnamomi* (Apaza *et al.* 2015). La misma tendencia fue reportada por Collantes *et al* (2015) en Cañete, y por Bedoya y Julca (2020) en la región Moquegua. Se encontró una diferencia

significativa ($p < 0,05$) en rendimiento de acuerdo con el tipo de portainjerto utilizado (Anexo 7). Las plantaciones con portainjerto Zutano obtuvieron el mayor rendimiento (9448 kg/ha), seguidas de aquellos predios que combinan los portainjertos Zutano y Topa Topa (7047 kg/ha). La combinación de portainjertos mexicanos Topa Topa y Duke 7 mostró los rendimientos más bajos (6142 kg/ha), debido a que estas plantaciones eran las más antiguas (Anexo 8). Todas las plantaciones parte de este estudio utilizaron la variedad polinizante en una proporción de 10 por ciento, siendo los más representativos Fuerte y Zutano.

Tabla 18. Principales factores relacionados con el rendimiento de predios productores de palto orgánico en la zona de estudio

Factores	Mediana \pm RIQ	Coefficiente de correlación de Spearman (<i>rho</i>)
Costo de producción por ha.	13500.0 \pm 8000.0	0.98***
N orgánico (kg ha ⁻¹)	185.4 \pm 98.5	0.86***
P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	20.0 \pm 25.0	0.89***
K ₂ O (kg ha ⁻¹)	120.0 \pm 50.0	0.87***
Mano de obra (jornales ha ⁻¹)	146.7 \pm 93.3	0.94***
Número de aplicaciones	7.0 \pm 3.0	0.94***
Edad de plantación (años)	7.0 \pm 3.0	0.49***
Densidad (plantas ha ⁻¹)	400.0 \pm 167.0	0.19*

Los coeficientes encontrados son significativos con $P < 0.001$ (***), < 0.01 (**), < 0.05 (*). Si $P > 0.05$ (N.S.).

RIQ: rango intercuartil

Tabla 19. Rendimiento promedio (kg/ha) de acuerdo a densidad y edad de la plantación en predios productores de palto orgánico en la zona de estudio

Nº de predios	Densidad (plantas/ha)	Edad promedio (años)	Rendimiento (kg/ha)
6	278	8.5	6686
13	333	7.8	7075
26	400	6.4	7993
6	500	5.7	6674
6	555	5.8	7594
1	625	5.0	5012
5	1000	7.2	11 833

4.2.2. Componentes que influyen en los ingresos netos

Los ingresos netos del cultivo de palto orgánico en plantaciones ≥ 5 años de edad, varió de S/ 11 306 a 93 830. El 44 por ciento de predios tuvieron ingresos netos entre S/ 15 000 a 30 000 por ha, el 33 por ciento de predios tuvieron ingresos netos entre S/ 30 000 a 45 000 por ha (Figura 15). Según Salinas (2011), el cultivo de palto tiene una buena rentabilidad, más aún la producción orgánica tiene un valor agregado ya que adquiere mejor precio que el convencional. Además de ser rentable, es considerada saludable que respeta la dignidad humana y la naturaleza (Soto y Descamps 2011). En muchos casos la rentabilidad de los cultivos orgánicos superan al cultivo convencional, aunque el costo de producción es 22 por ciento mayor al convencional (Márquez 2009; Alvarado 2013). Más aún, los agricultores certificados tienen ingresos del 16 a 22 por ciento que los no certificados (Meemken 2020). Otros estudios señalan que la rentabilidad del cultivo convencional de palto mostraron ingresos menores a S/ 54 400 en Cañete (Collantes *et al.* 2015) y en la Irrigación Chavimochic el ingreso neto promedio fue de US\$ 19 007 (Apaza *et al.* 2019). El 90 por ciento de los predios vendieron su cosecha a una empresa exportadora que es la más representativa de la zona de estudio.

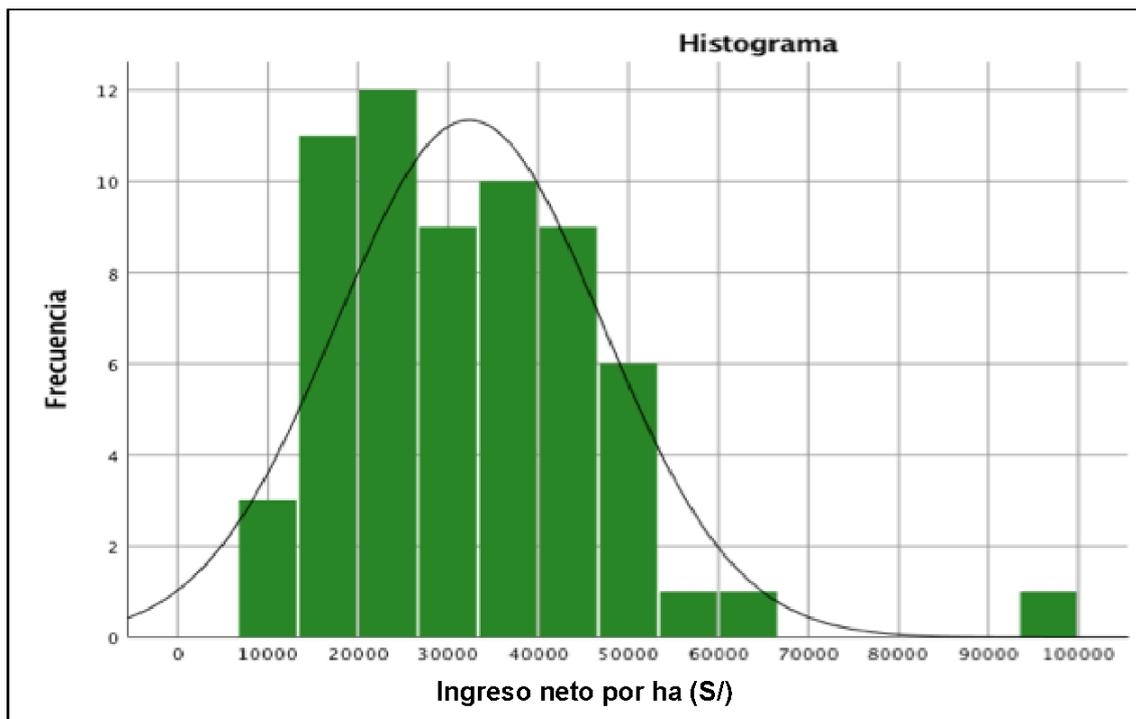


Figura 15. Frecuencia de distribución del ingreso neto por hectárea (S/) de los predios productores de palto orgánico en la zona de estudio

4.2.2.1. Sistema de riego

Se observó una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los ingresos netos de los predios con riego localizado y los predios con riego por gravedad (Mdna = S/ 47 164.8 vs 25 108.8, respectivamente, Figura 16). Esto demuestra la importancia del riego localizado en la productividad del cultivo, dado el aumento de la eficiencia de aplicación (Zuazo *et al.* 2021; Antúnez *et al.* 2010; Carrazón 2007; MINAGRI 2015b; Banco Mundial 2013).

Un manejo eficiente del riego es esencial para incrementar el rendimiento y, por lo tanto la rentabilidad de cultivos, más aún en zonas áridas como es el caso de la costa peruana. El riego es fundamental para restaurar los déficits hídricos ocasionados por la elevada evapotranspiración del cultivo en regiones áridas y semiáridas (Zuazo *et al.* 2021; García-Tejero y Durán 2018). Por tanto, resulta importante la implementación de sistemas de riego más eficientes en las plantaciones de palto (García-Tejero *et al.* 2010; Rodríguez *et al.* 2018).

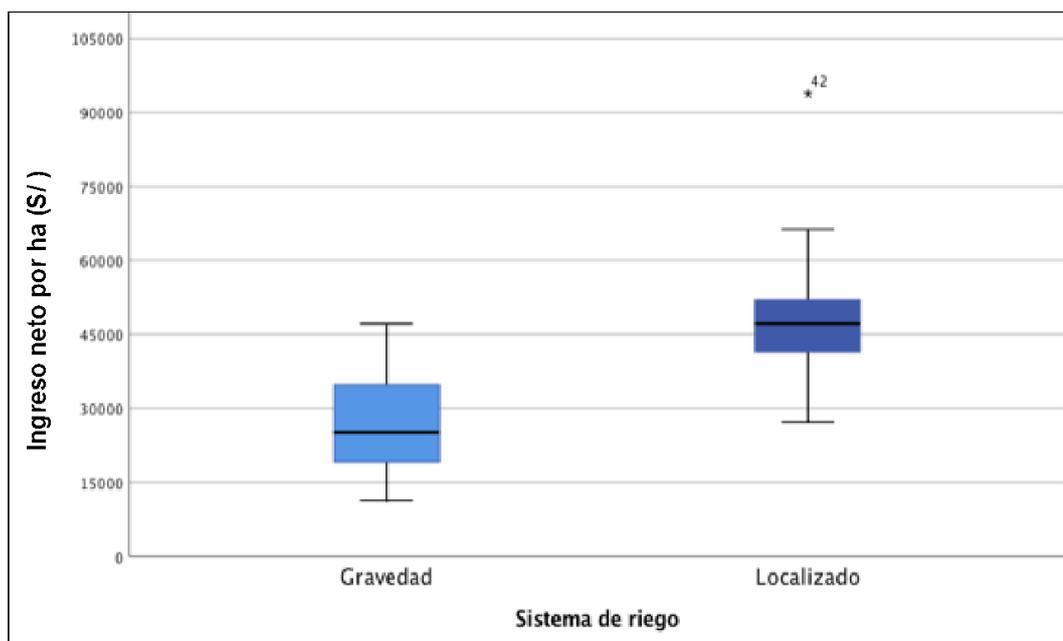


Figura 16. Ingreso neto promedio en predios productores de palto orgánico de acuerdo al sistema de riego empleado en la zona de estudio

Los ingresos netos de los predios con riego localizado fueron superiores a aquellos con riego por gravedad en todas las categorías exportables. Esto se debe a que el sistema de riego localizado permite la fertirrigación, lo cual incrementa el

rendimiento y calidad de frutos, por ende, mejora la rentabilidad (Zuazo *et al.* 2021; Ferreyra *et al.* 2016; Lahav *et al.* 2013; Dorado *et al.* 2017; Schaffer *et al.* 2013; Moreno-Ortega *et al.* 2019; Silber *et al.* 2012; Lahav y Kalmar 1983).

Los componentes que influyeron de manera significativa en los ingresos netos del cultivo de palto orgánico fueron el costo de producción (inversión por ha.), rendimiento total, el rendimiento de la categoría extra, las certificaciones, el precio de venta promedio y el número de mercados.

4.2.2.2. Costo de producción

El costo de producción mostró una alta correlación positiva con los ingresos netos ($\rho=0.94$) (Tabla 20). Cuanto mayor fue la inversión, mayor fue la rentabilidad por hectárea, tanto para los sistemas de riego localizado como para los de riego por gravedad (Figura 17). La rentabilidad de los predios con sistema de riego localizado fue superior a la de aquellos con sistema de riego por gravedad.

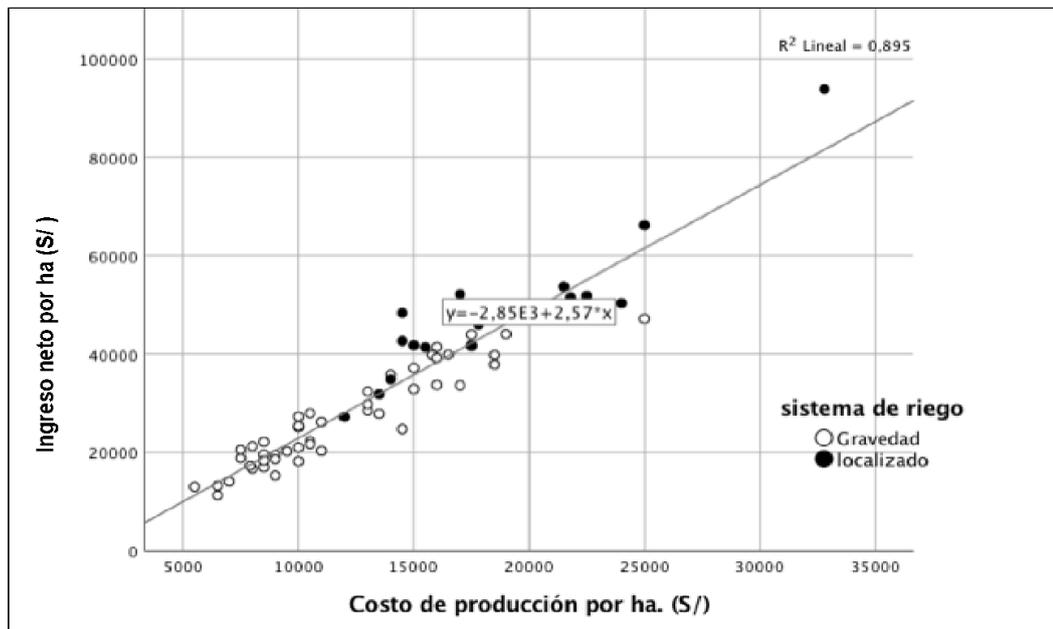


Figura 17. Relación entre el costo de producción y el ingreso neto, según el sistema de riego empleado en predios de producción orgánica de palto en la zona de estudio

4.2.2.3. Rendimiento (kg/ha)

El rendimiento mostró una alta correlación positiva con el ingreso neto ($\rho=0,96$) (Tabla 20). La Figura 18 indica que el ingreso neto de los predios con riego localizado

fue superior a la de los predios con riego por gravedad, esta tendencia se debe a mejor calidad de frutos (mayor producción de frutos extra) que alcanzaron los predios con riego localizado.

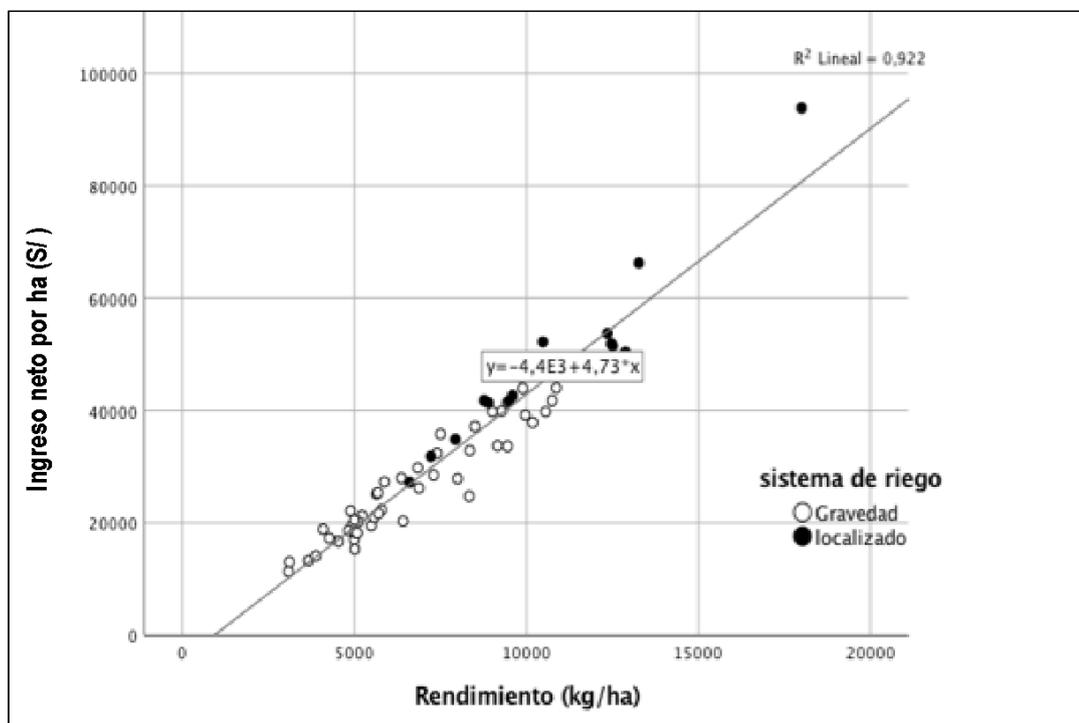


Figura 18. Relación entre el rendimiento y el ingreso neto del cultivo de palto, según el sistema de riego empleado en predios de producción orgánica en la zona de estudio

Rendimiento según categoría (kg/ha)

El rendimiento de la categoría extra mostró un alto grado de correlación con el ingreso neto (Tabla 20 y Figura 19), debido a que en esta categoría se obtuvo el mejor precio de venta promedio, los predios con riego localizado obtuvieron mayores rendimientos por lo tanto mayor rentabilidad. Los frutos de categoría extra son considerados de calidad superior (FAO y OMS 2001) y Norma Técnica PNTP 011.018 (INDECOPI 2014). Sin embargo el rendimiento de frutos de la categoría primera tuvo una correlación moderada con el ingreso neto ($\rho=0,57$), mientras que la categoría segunda no tuvo correlación significativa (Tabla 20 y Figura 19).

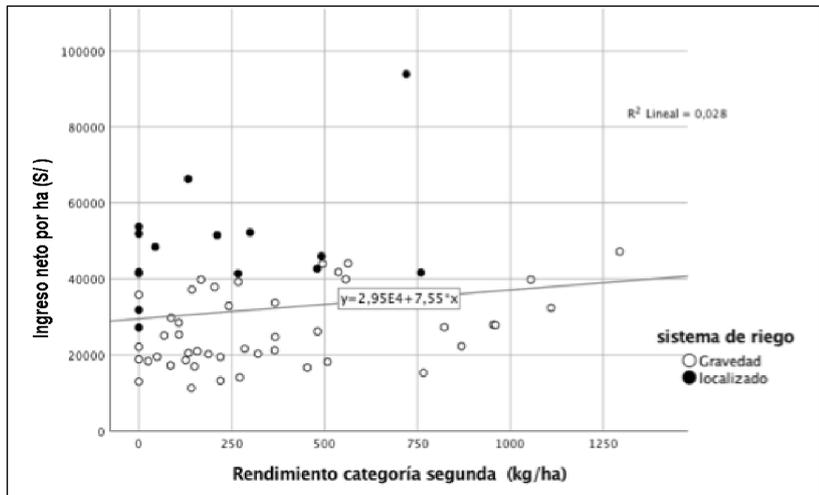
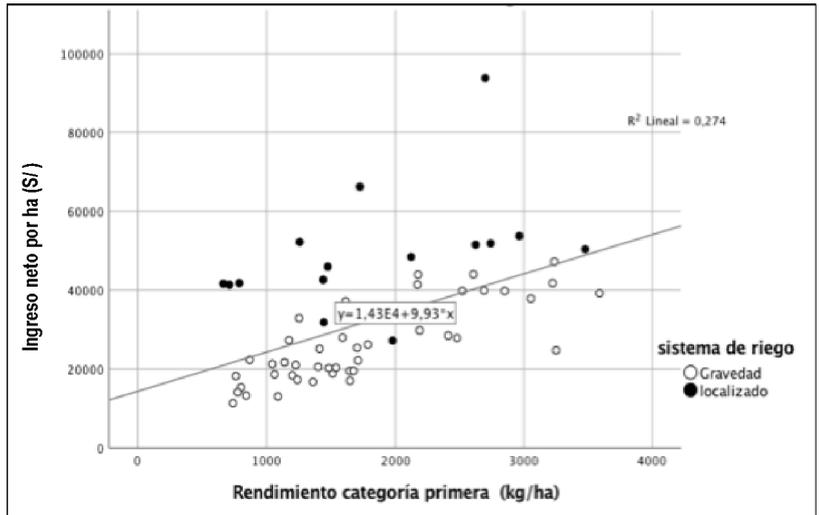
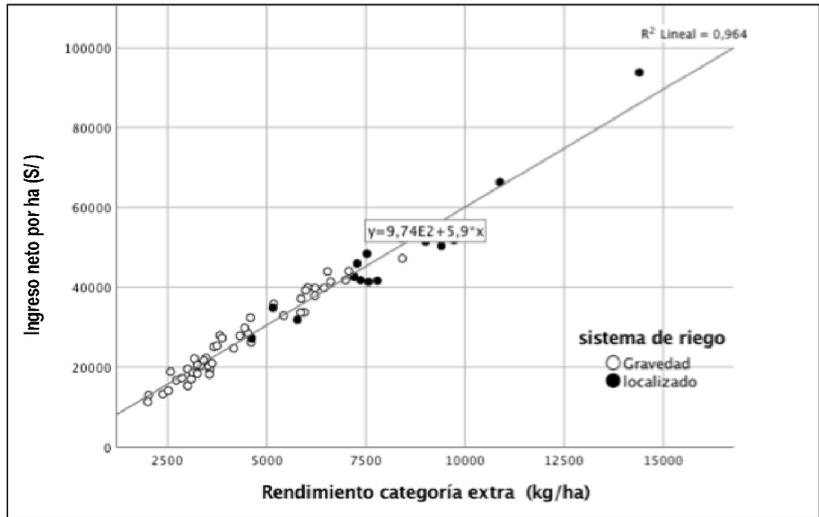


Figura 19. Relación entre el rendimiento en las categorías extra, primera, segunda y el ingreso neto del cultivo de palto, según el sistema de riego empleado en predios de producción orgánica en la zona de estudio

4.2.2.4. Precio de venta

La empresa exportadora estableció el precio de venta por kg de palta en base a la calidad del fruto, certificación y al precio internacional. El mayor precio de venta correspondió a los frutos de categoría extra, seguido de primera y segunda. El precio promedio general fue de S/ 4.5 por kg, superior al promedio nacional que, según el MINAGRI (2019a), registró S/ 3.32 y el de la región Lima fue de S/ 2.82 por kg. Los productos orgánicos suelen tener un precio superior al de sus equivalentes producidos de forma convencional (Sánchez 2019; Blueberriesconsulting 2021; Meemken 2020). Esto se debe, principalmente, a los altos costos de producción, al pago por la certificación y a otros factores no contenidos en los precios de los alimentos convencionales, como la protección del medio ambiente, el mayor bienestar de los animales, la eliminación de riesgos a la salud de los agricultores, así como el desarrollo rural a través de la creación de más empleos agrícolas al asegurar un ingreso justo y suficiente para los productores (FAO 2018; Organic Latin América 2018).

En este estudio, el precio promedio por kilogramo de fruta de los predios con certificación orgánica fue de S/ 7.3, 3.6 y 2.2 en las categorías extra, primera y segunda respectivamente, mientras que los predios en transición tuvieron precios más bajos con S/ 6.2, 3.0 y 2.0 en las mismas categorías (Figura 20). Por lo tanto, los predios con certificación orgánica tuvieron mayores ingresos neto. La diferencia de precios por kilogramo de fruta entre los predios certificados y los predios en transición fue de S/ 1.1, 0.6 y 0.2 en las categorías extra, primera y segunda respectivamente.

Otro factor que influyó en el precio de venta fue el número de certificaciones. Según se muestra en la Figura 21, el precio de venta variaba según el número de certificaciones. Esto significa que, cuanto mayor era el número de certificaciones, mayor era el precio de venta, especialmente para la categoría extra.

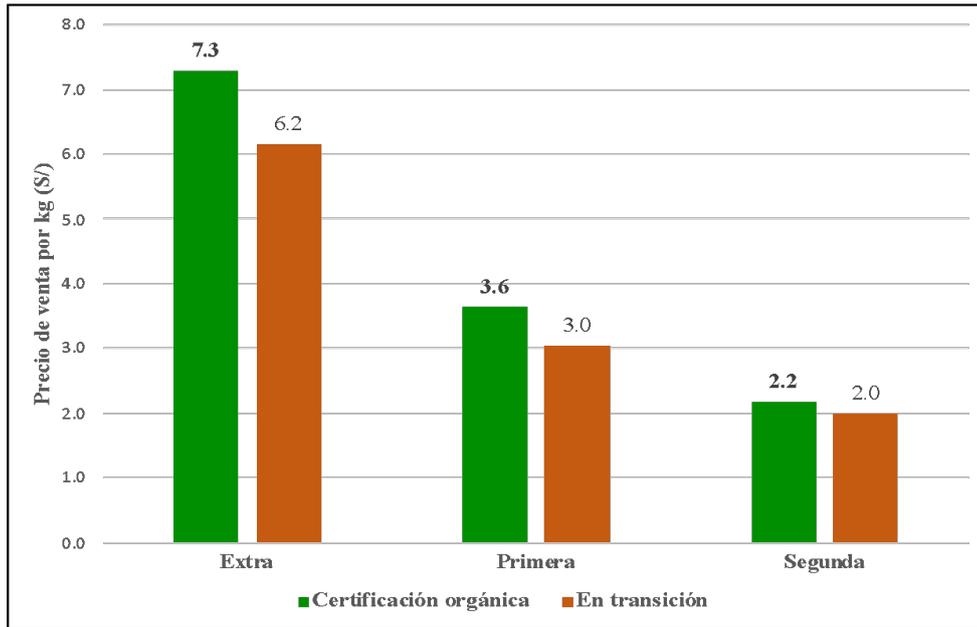


Figura 20. Precio de venta promedio por kg (S/) según las categorías y la certificación orgánica en predios de producción orgánica en la zona de estudio

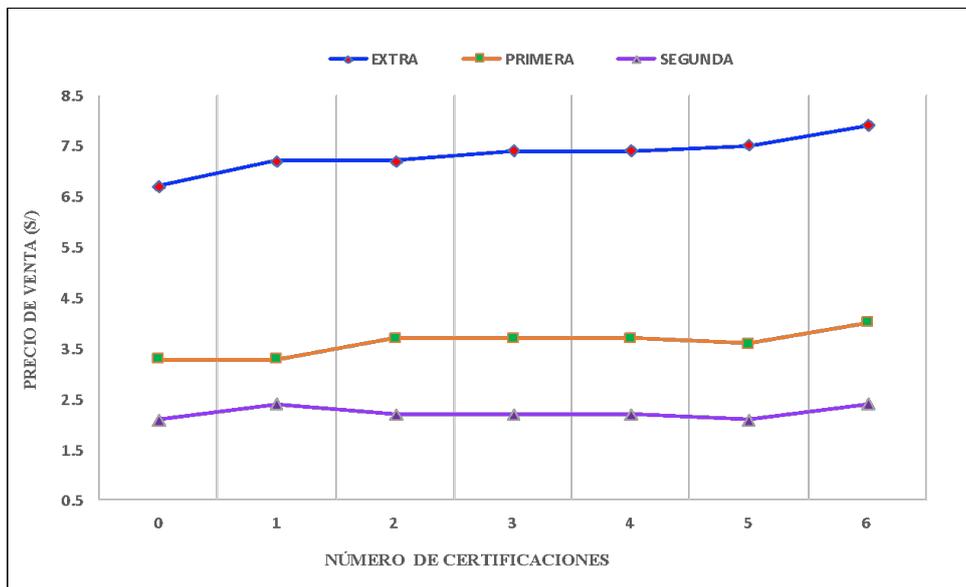


Figura 21. Precio de venta por kg (S/) de acuerdo al número de certificaciones que posee el predio de producción orgánica en la zona de estudio

4.2.2.5. Certificaciones

Certificación orgánica

Los predios con certificación orgánica comercializaron a precios superiores a los predios en transición a orgánico; por ende, mayores ingresos (Figura 22). En este

estudio el 80 por ciento de los predios contó con certificación orgánica y el 20 por ciento se encontraba en proceso de transición a orgánico. La certificación orgánica es una garantía de que un cultivo se maneja siguiendo las normas de la producción orgánica. Esto es de utilidad tanto para el consumidor, como para el productor, ya que primero tendrá la seguridad de que lo que compra es orgánico, y el segundo podrá vender mejor sus productos diferenciados (Soto y Descamps 2013; Martínez-Bernal *et al.* 2012; Pons y Sivardièrre 2002), obteniendo así mayores ganancias.

Según DeFries *et al.* (2017) y Oya *et al.* (2018) los ingresos familiares de los productores orgánicos certificados de café superan entre un 16 y un 22 por ciento a los de los agricultores sin certificación. Por otra parte, Meemken (2020) afirma que los precios que reciben los agricultores certificados son entre un 20 por ciento y un 30 por ciento más altos que los de los agricultores no certificados. En el Perú, la autoridad competente encargada de supervisar el cumplimiento de responsabilidades que le corresponden a las empresas certificadoras es SENASA. En el ámbito de estudio, todos los predios son auditados por la entidad certificadora y supervisados por la empresa exportadora de acuerdo con las normas orgánicas vigentes.

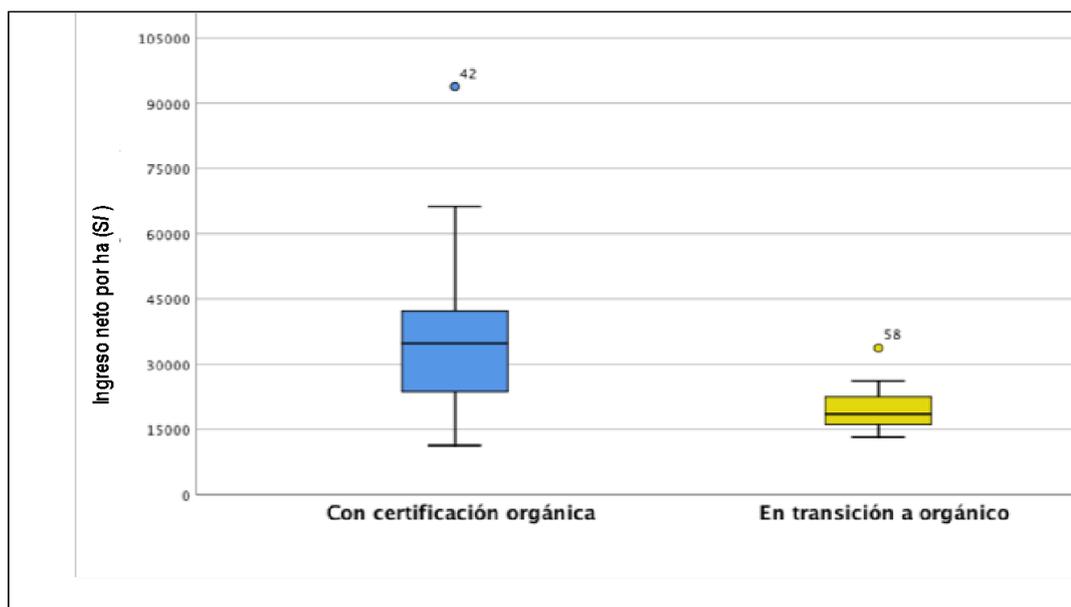


Figura 22. Ingreso neto promedio del cultivo de palto en predios con certificación orgánica y en transición a orgánico en la zona de estudio

En este estudio, otra ventaja de predios con certificación orgánica fue el acceso a un mercado más diversificado, ya que su producción se destinó mínimo a al menos tres

mercados: Unión Europea, Suiza y Estados Unidos, lo que permitió obtener mejores precios. Por otro lado, los predios en transición comercializaron su producción como producto convencional, destinado a un solo mercado: la Unión Europea.

Número y tipo de certificación de los predios

El número de certificaciones tuvo una correlación significativa con el ingreso neto (Tabla 20 y Figura 23). Los predios con más certificaciones obtuvieron mejores precios y, por lo tanto, mayores beneficios, especialmente en la categoría extra, debido a la mayor diversidad de la demanda.

La Figura 24, muestra los distintos tipos de certificaciones con las que cuentan los predios estudiados: Certificación orgánica, Global G.A.P, SMETA (Sedex Member Ethical Trade Audit, auditoría comercial ética de miembros de Sedex), Bio Suisse, GRASP (Evaluación de Riesgos Global G.A.P para las Prácticas Sociales) y JAS (Japanese Agricultural Standard). El 82 por ciento de los predios contaba con alguna certificación, mientras que el 18 por ciento restante carecía de ellas. En este caso todos los predios con certificación orgánica tenían también certificación Bio Suisse.

4.2.2.6. Mercado de destino

La empresa exportadora determinó el mercado de destino de la fruta en función de la certificación que posee el predio, así como del precio de venta internacional. Hubo una correlación positiva con el ingreso neto (Tabla 20). De acuerdo con la información de la empresa exportadora, los mercados de destino más importantes fueron la Unión Europea, Suiza y Estados Unidos. La CCL (2019) menciona que los cinco principales mercados de productos orgánicos en el año 2018 fueron liderados por la Unión Europea, seguido por Estados Unidos, Corea del Sur y Japón.

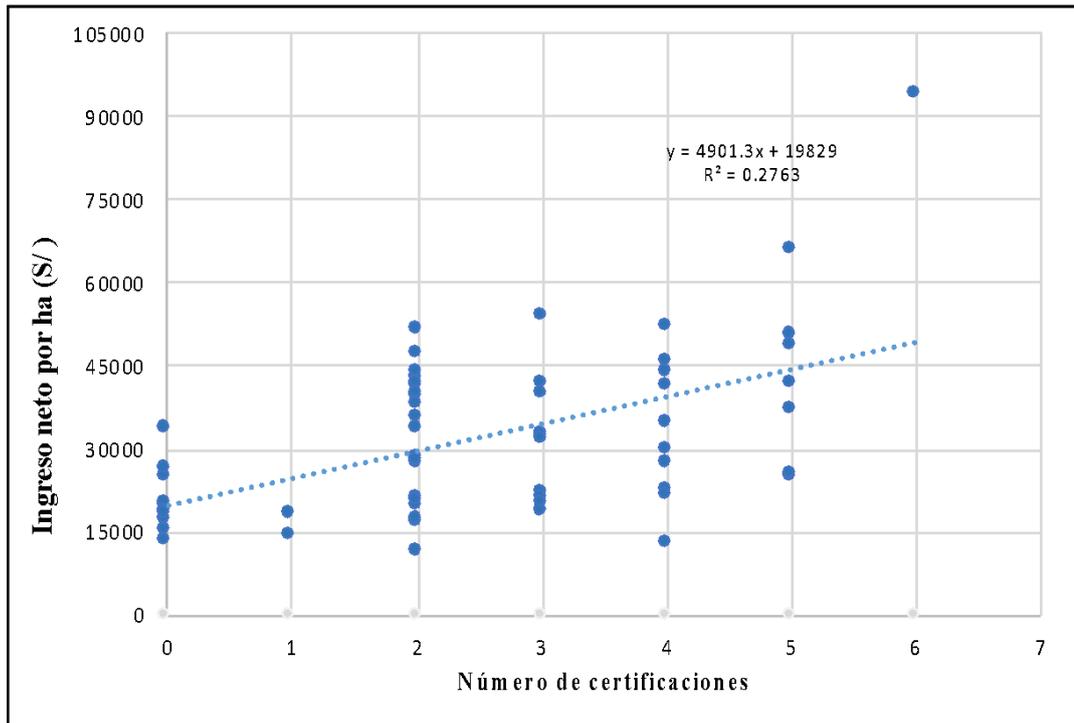


Figura 23. Relación entre el número de certificaciones y el ingreso neto del cultivo de palto en predios de producción orgánica en la zona de estudio

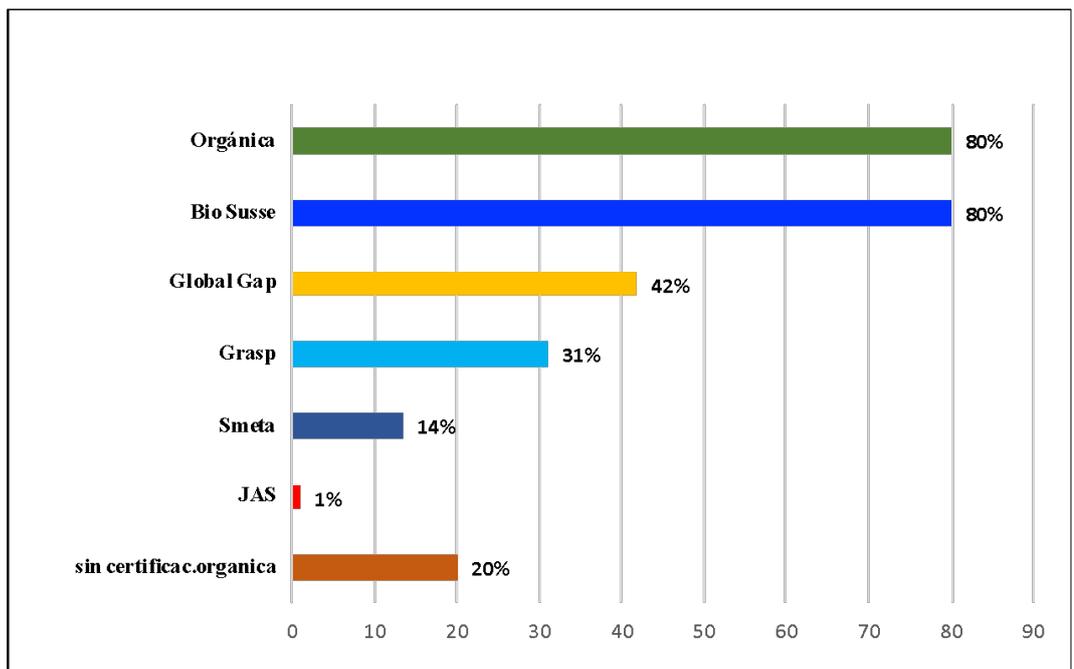


Figura 24. Distribución porcentual según el tipo de certificación que poseen los predios productores de palto orgánico en la zona de estudio

Tabla 20. Principales componentes relacionados con el ingreso neto del cultivo de palto en predios de producción orgánica en la zona de estudio

Componentes	Mediana \pm RIQ	Coefficiente de correlación de Spearman (<i>rho</i>)
Costo de producción por ha.	13500.0 \pm 8000.0	0.94***
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	7351.6 \pm 4493.6	0.96***
Rendimiento categoría extra (kg ha ⁻¹)	4486.7 \pm 3106.9	0.98***
Rendimiento categoría primera (kg ha ⁻¹)	1630.1 \pm 1196.3	0.57***
Rendimiento categoría segunda (kg ha ⁻¹)	292.1 \pm 411.8	0.14NS
Precio de venta categoría extra (S/)	7.1 \pm 0.6	0.31**
Precio de venta promedio (S/)	4.4 \pm 0.6	0.25**
Número de mercados	2.0 \pm 1.0	0.35**
Número de certificaciones	2.0 \pm 2.0	0.48***

Los coeficientes encontrados son significativos con $P < 0.001$ (***), < 0.01 (**), < 0.05 (*).

Si $P > 0.05$ (N.S.).

RIQ: rango intercuartil

4.2.3. Diversidad de cultivos

En lo referente a la diversidad, todos los predios tienen cultivos asociados al palto en la zona de desarrollo de las raíces y en espacios entre hileras. Las principales especies son leguminosas, como frijoles, el payar y la alfalfa, además del maíz, el camote y otros. Esto es una exigencia establecida por la certificadora, como práctica de conservación de suelos, para que todos los predios mantengan un “mulch” permanente como corredor biológico, para control de malezas, la disminución de la evaporación y el aumento de la diversidad en el predio. De acuerdo con los resultados, el 27 por ciento de los predios tiene el palto más cuatro cultivos asociados y el 62 por ciento tienen al palto como cultivo principal más tres cultivos asociados (Figura 25).

En la agricultura orgánica, es una necesidad mantener la mayor diversidad de cultivos asociados al cultivo principal, aunque no todos los productos se destinen a la venta. Esta condición es verificada por la certificadora y la empresa exportadora. La biodiversidad es importante para la regulación del sistema, ya que proporciona hábitat y nichos ecológicos para los enemigos naturales (Swift *et al.* 2012). La agricultura orgánica es una actividad rentable y saludable, que respeta la dignidad humana y la naturaleza. Esta se fundamenta en los conocimientos y la creatividad de la familia productora, así como

en el mejoramiento de la tierra y la biodiversidad (Soto y Descamps 2013). Además, es importante señalar que una mayor diversidad de cultivos ofrece mayores opciones de venta. Los productores cultivan otras especies asociado al palto para diversificar sus ventas y para autoconsumo, especialmente los productores con menores áreas de cultivo.

Algunas investigaciones han reportado que los sistemas orgánicos presentan una mayor diversidad que los sistemas convencionales. En el cultivo de café orgánico que la diversidad fue superior al cultivo convencional. Marquez *et al.* (2016) encontraron que en el cultivo de café orgánico, la diversidad fue superior al cultivo convencional, al igual que los agroecosistemas de otras regiones con sistemas de producción de tipo familiar en sierra (Pinedo-Taco *et al.* 2018) y selva (Tuesta *et al.* 2014). Esto se utiliza como una estrategia de diversificación para disminuir los impactos económicos o biológicos que podrían poner en peligro el ingreso económico de la familia (Merma y Julca 2012). Sin embargo, en sistemas de cultivo más intensivos de palto convencional, el uso de cultivos asociados es muy bajo (Apaza 2019).

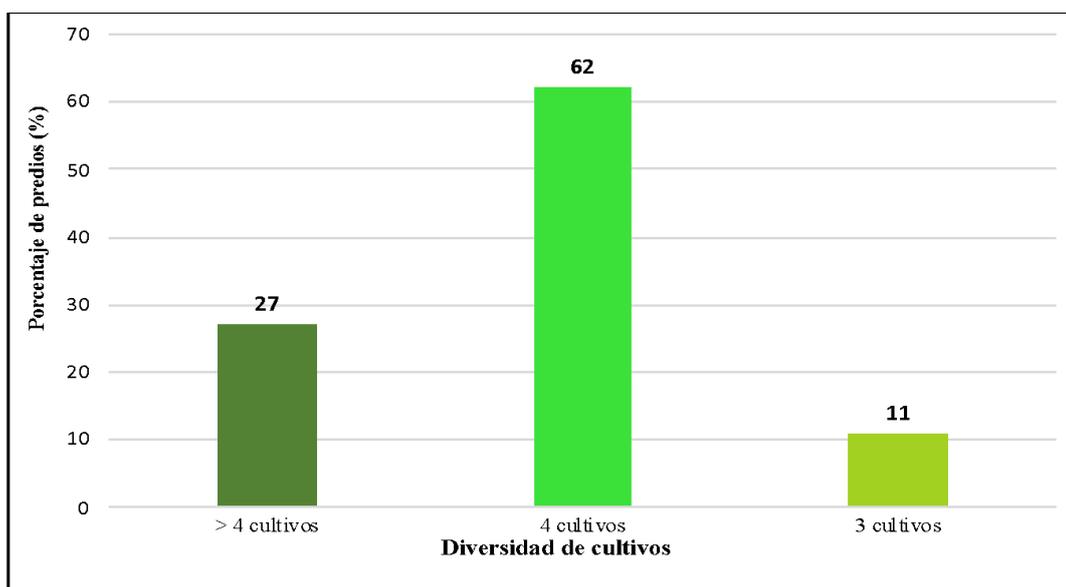


Figura 25. Diversidad de cultivos en los productores orgánicos de palto en la zona de estudio

4.2.4. Áreas de zonas de conservación

En este estudio todos los predios tienen destinado un área como zona de conservación (Figura 26), debido a que en agricultura orgánica es una condición necesaria. El 81 por ciento de predios destinan >7 por ciento del área total como zona de conservación y 19

por ciento de predios destinaron entre 5 a 7 por ciento como zona de conservación. La zona de conservación incluyen las áreas de caminos, borde de acequias, cercos vivos y toda area donde no se realice labores agrícolas como: pastizales, orillas de ríos y riachuelos, zonas de amortiguamiento, donde no se realice labores agrícolas y por el contrario estén adecuadamente delimitadas y conservadas. Las zonas de conservación deben abarcar al menos el 7 por ciento de la superficie agrícola útil total de la explotación para aquellos predios con certificación Bio Suisse (Bio Suisse 2020). En sistemas de producción convencional de palto en diferentes zonas determinaron pocas áreas de zonas de conservación (Collantes y Rodríguez 2015; Bedoya 2021).

4.2.5. Cobertura vegetal

Un aspecto muy importante en agricultura orgánica es mantener una cobertura permanente en los campos de cultivo, esta es considerada una exigencia, la misma que es auditada por la certificadora. En este estudio todos los predios tuvieron coberturas superiores a 30 por ciento, observándose cobertura entre 30 a 60 por ciento en plantaciones más jóvenes, mientras que en plantaciones con mayor edad tuvieron coberturas mayores a 60 por ciento (Figura 27). La cobertura vegetal puede ser con plantas de otras especies o con residuos vegetales (mulch). Según Altieri (1999) la cobertura vegetal previene la erosión del suelo, reaprovisiona de agua al suelo y controla las inundaciones, mejora la infiltración y reduce la escorrentía del agua. En tanto que, el uso de mulch tiene diversos efectos positivos sobre el suelo: incrementa la disponibilidad de agua en el suelo, disminuye la escorrentía e incrementa la infiltración (Erenstein 2003), esto es aún más importante en el caso del palto por el sistema radicular poco profundo (Hofman *et al.* 2002), el cultivo se ha adaptado bien a suelos con alto contenido de materia orgánica superficial (Schaffer *et al.* 2013; Wolstenholme *et al.* 1997). En sistemas de producción convencional del cultivo de palto reportaron una baja cobertura vegetal (Apaza *et al.* 2019).

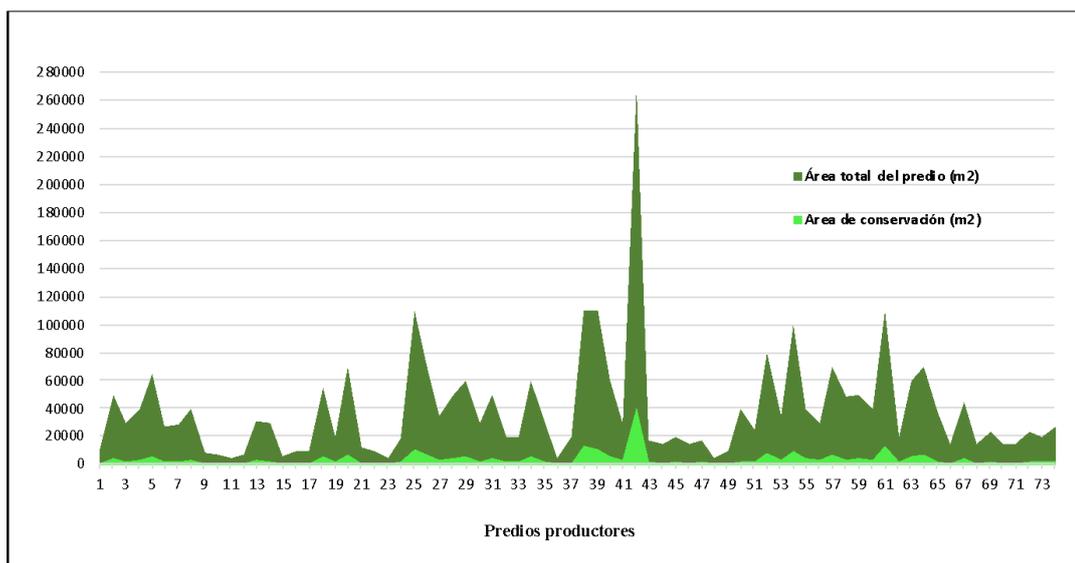


Figura 26. Área total de predio y área destinada a la zona de conservación en los predios productores de palto orgánico en la zona de estudio

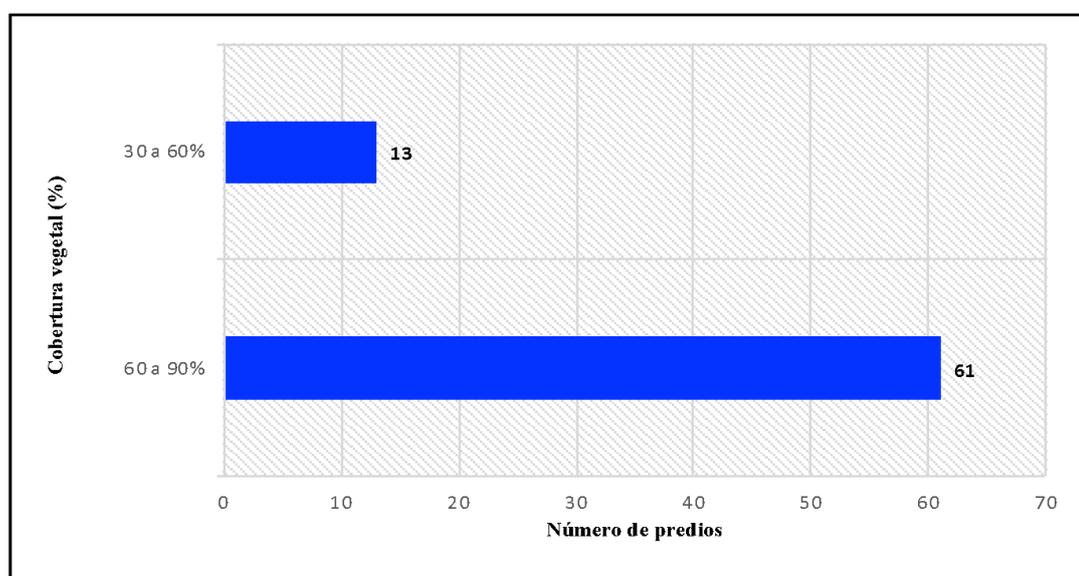


Figura 27. Cobertura vegetal (porcentaje) en los predios productores de palto orgánico en la zona de estudio

4.2.6. Características del productor

4.2.6.1. Género y edad

La Figura 28, muestra la distribución porcentual del género y edad del responsable del predio. Se observa una mayor participación del sexo masculino (69 por ciento). Las edades estuvieron comprendidas entre los 41 y 64 años (66 por ciento), seguido por el grupo cuya edad están entre los 26 y 40 años (20 por ciento) y finalmente

aquellos con mayor edad de 65 años a más (14 por ciento). El Censo Nacional Agropecuario CENAGRO (2012), señala que en la costa la edad promedio de los productores es de 54.5 años (INEI 2013).

La participación del género femenino en este estudio fue del 31 por ciento, esto se aproxima a otra zona productora de palto como en la Irrigación Chavimochic donde la participación del género femenino fue del 39 por ciento (Apaza 2019). Según, la encuesta nacional agropecuaria 2018, el 30 por ciento de pequeñas y medianas unidades agropecuarias son conducidas por mujeres y el 70 por ciento por hombres (INEI 2019), mientras que en otras zonas productoras de palto fue menor (Bedoya y Julca 2020; Collantes *et al.* 2015).

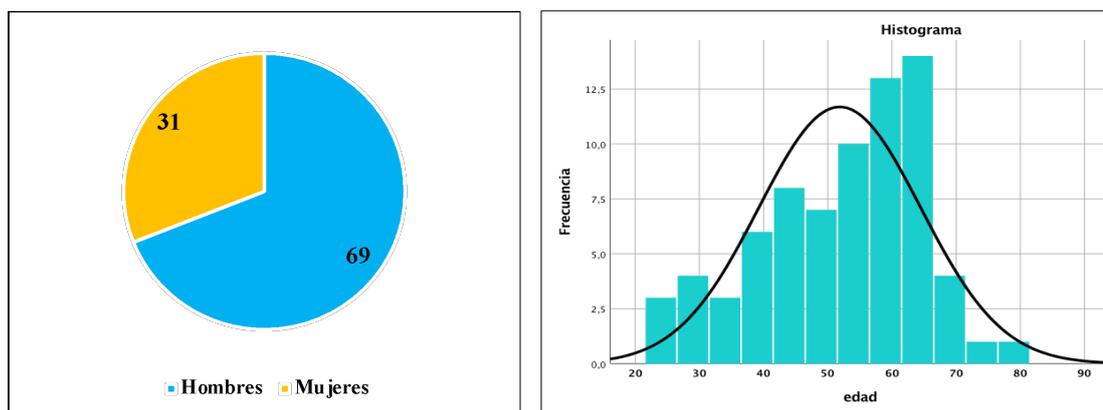


Figura 28. Distribución porcentual según género (lado izquierdo) y frecuencia de la edad (lado derecho) del responsable en los predios productores de palto orgánico en la zona de estudio

4.2.6.2. Nivel de instrucción y tamaño de la familia

El nivel de instrucción del responsable del predio se muestra en la Figura 29. El 36 por ciento con nivel secundario, 33 por ciento con estudios superiores que van desde el nivel técnico hasta el universitario, 26 por ciento con educación primaria y solo el 5 por ciento con postgrado. En el ámbito de estudio, se cuenta con acceso a educación en todos los niveles, ya que en las ciudades se ubican diferentes colegios y universidades tanto públicas como privadas. El tamaño de la familia de los responsables de los predios en un 60 por ciento esta integrada por 3 a 4 miembros, seguida de un 38 por ciento que tienen a 2 miembros y 2 por ciento con más de cuatro integrantes, esto muestra que las familias no son muy numerosas en comparación con otras zonas.

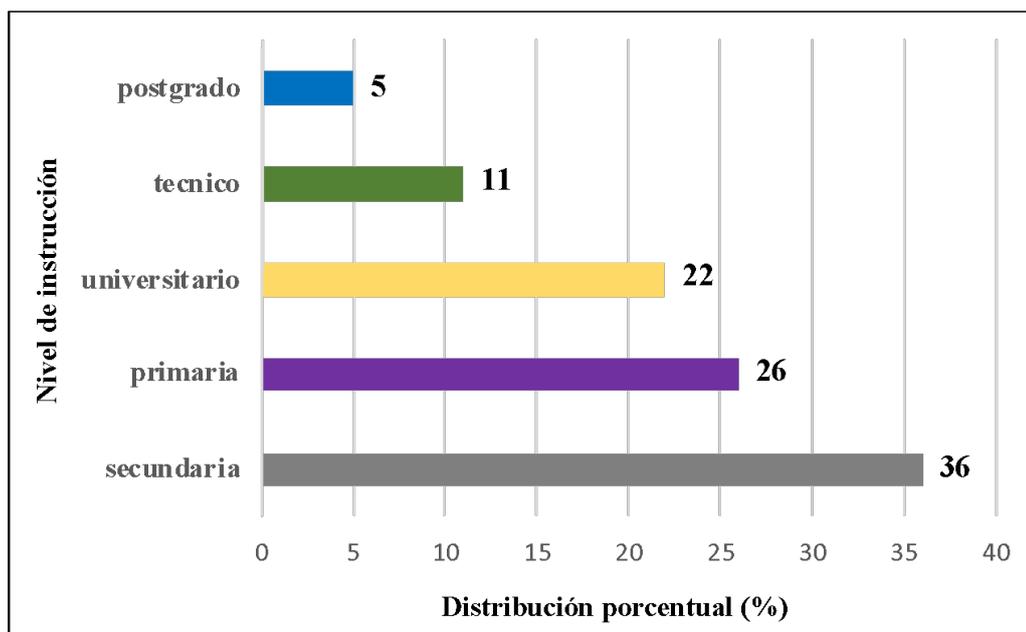


Figura 29. Nivel de instrucción de los responsables de los predios productores de palto orgánico en la zona de estudio (porcentaje)

4.2.6.3. Acceso a salud

Todos tienen acceso a salud, recurriendo principalmente a las ciudades más cercanas como: Huacho, Huaura, Sayán, Supe, entre otros, que cuentan con centros médicos, hospital regional del MINSA, hospital de EsSalud y clínicas particulares. Aquellos que no cuentan con posta medica en su localidad, tienen dentro del distrito puestos de salud para un auxilio ante una emergencia; las vías de acceso para llegar al predio son adecuados y cuentan con medios de comunicación, principalmente señal de telefonía móvil, radio y televisión. Respecto al seguro de salud, el 55 por ciento cuentan con SIS (Seguro Integral de Salud), 32 por ciento EsSalud y solo 3 por ciento cuenta con EPS (Empresa Prestadora de salud).

4.2.6.4. Acceso a servicios básicos

Todos los productores encuestados tienen acceso a electricidad, lo que demuestra que es uno de los servicios básicos con mayor cobertura en la zona de estudio. No obstante, no sucede lo mismo con los demás servicios básicos. De los 74 productores, 47 tienen acceso al agua, mientras que los 27 restantes no (Figura 30). Estos últimos solo tienen acceso al servicio de electricidad, especialmente en localidades como

Santa Rosalía, Pueblo Nuevo y Río Chico. Los productores han señalado que para ellos, la electricidad es el servicio básico prioritario.

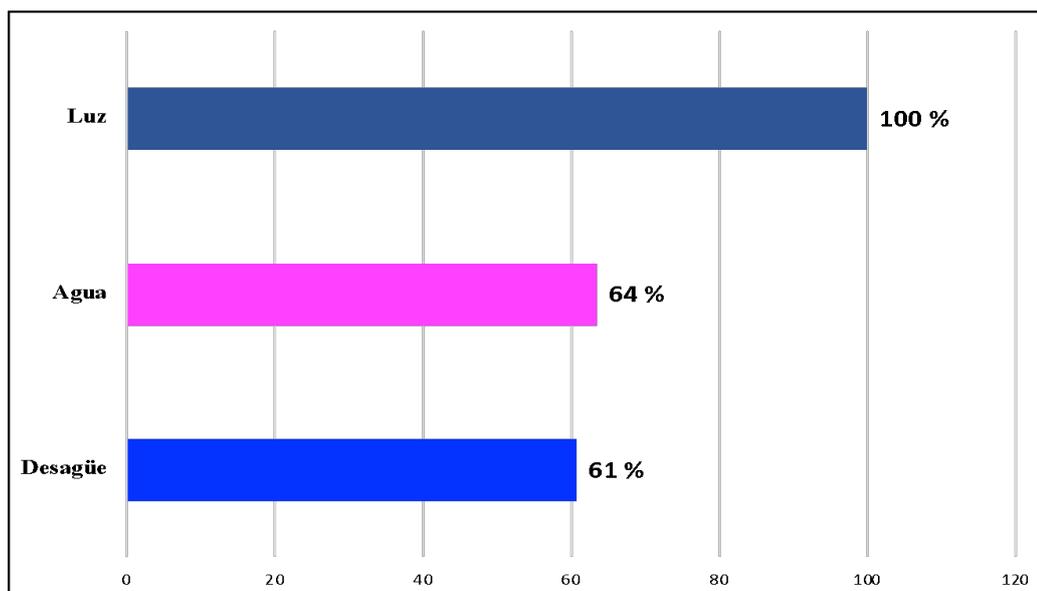


Figura 30. Cobertura de los servicios básicos en los productores de palto orgánico en la zona de estudio

4.2.6.5. Área del predio y tipo de posesión

En la Figura 31 se observa que la frecuencia de distribución varía entre 0.5 y 100 ha, con un promedio de 7.6, mediana de 3.1 y moda de 2.7, lo cual indica que la mayoría son pequeños productores y es una tendencia observada desde hace años. Según el Censo Nacional Agrario (CENAGRO) 2012, las unidades agropecuarias con superficie menor a cinco hectáreas representaron el 82 por ciento de total (INEI 2013), y en la región Lima el tamaño promedio de la unidad agropecuaria fue de 7.2 ha (INEI 2014).

Respecto al área del cultivo de palto orgánico, los resultados también muestran similar tendencia, el área registrada varió entre 0.5 y 27.0 ha, con un promedio de 3.9, mediana de 3.0 y moda de 2.0 (Figura 31). Según Accame *et al.* (2018) el 99.7 por ciento de productores de palto son pequeños y medianos. Esta tendencia de las pequeñas unidades agropecuarias es cada vez más frecuente. La producción orgánica es desarrollada por una gran cantidad de pequeños productores (Castañeda 2017). Esta tendencia es aún más acentuada en la producción orgánica; según el Instituto de Investigaciones para la Agricultura Orgánica (FIBL, por sus siglas en

inglés) el Perú es el país con mayor número de productores en América Latina, se estima que 107 367 productores se dedican a la producción orgánica, de los cuales el 94 por ciento son pequeños agricultores, asociados a operadores colectivos, que cumplen con las normas orgánicas nacionales y demandan mercados internacionales (Willer *et al.* 2022). Respecto al tipo de posesión del predio, en este estudio, el 76 por ciento cuenta con título de propiedad, mientras que el 24 por ciento solo cuenta con certificado de posesión.

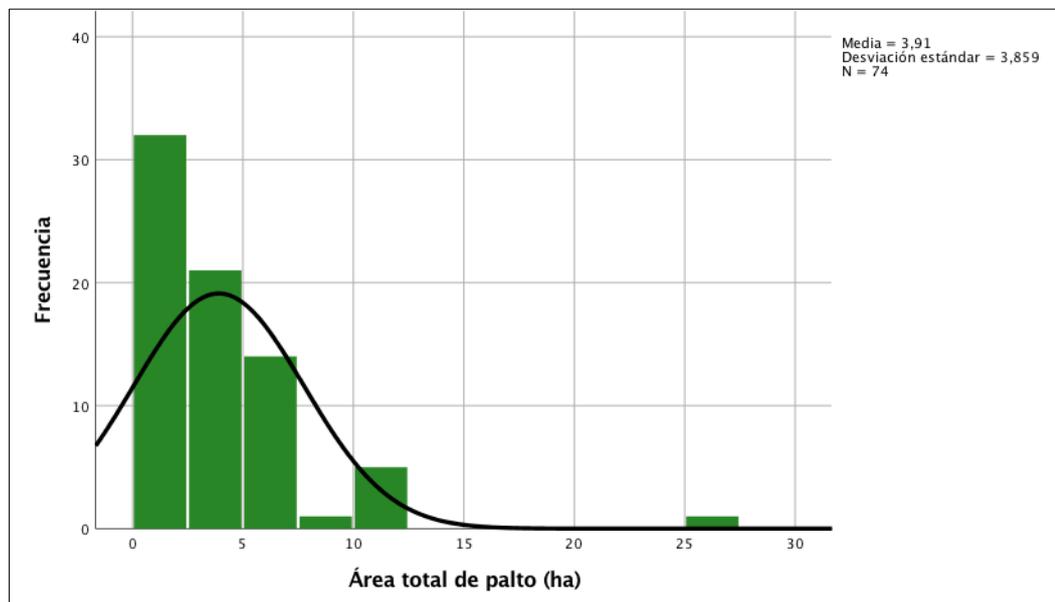
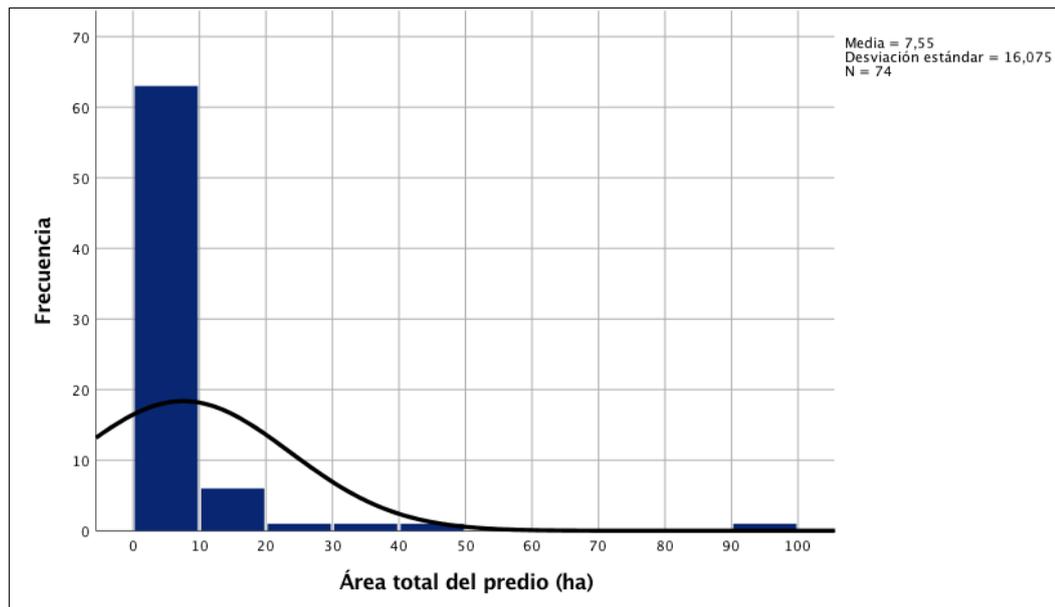


Figura 31. Distribución de los productores según área del predio (figura superior) y área del cultivo de palto orgánico (figura inferior) en la zona de estudio

4.2.6.6. Actividad económica alternativa

El 49 por ciento de productores señalaron que sus ingresos económicos dependen exclusivamente del cultivo de palto, mientras que el 51 por ciento indicó tener otra actividad económica alternativa. En la Figura 32, del 51 por ciento de productores, el 61 por ciento cultiva otras especies distintas al palto, mientras que el 39 por ciento tienen otras actividades como trabajos en otros fundos agrícolas, apicultura, comercio u otras labores. Esta situación fue más acentuada en los productores que poseen áreas menores a 2 ha, los cuales no invierten adecuadamente en el cultivo de palto orgánico, lo que repercute en un bajo rendimiento. En cuanto a la crianza animal, la mayoría de productores cria animales menores y en menor proporción animales mayores, los cuales son destinados para el autoconsumo.

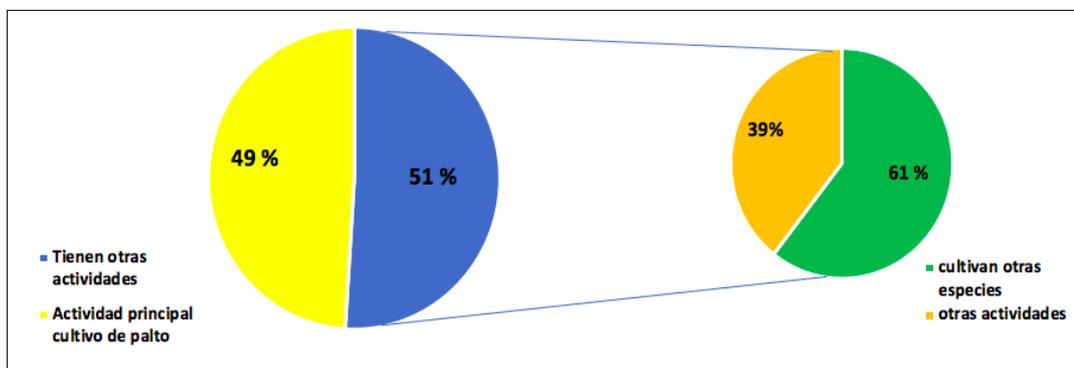


Figura 32. Actividad económica alternativa de los productores de palto orgánico en la zona de estudio

4.2.6.7. Asociatividad

Todos los productores encuestados están afiliados a algún tipo de organización. Específicamente a la Asociación de Productores Orgánicos de palto (APROPAL) pertenecen solamente el 30 por ciento de productores, cuyos predios están ubicados en el distrito de Santa María, y el 70 por ciento pertenece a otro tipo de organización. En general los productores cuentan con un buen nivel de afiliación a organizaciones gremiales como junta de usuarios de riego, asociaciones educativas, asociaciones deportivas y religiosas. Todos los productores pertenecen a la Junta de Usuarios de Riego, esto ha facilitado las capacitaciones. La organización de los productores es muy importante, ya que permite ordenar y organizar la producción, realizar

capacitaciones, evitar consecuencias indeseables como la sobreproducción, caída de precios entre otros (MINAGRI 2019a).

4.2.6.8. Asesoría y capacitación

Referente a la asesoría y capacitación, todos los productores recibieron asesoría durante la campaña de cultivo. La cobertura en las capacitaciones por parte de la empresa exportadora fue del 95 por ciento, básicamente porque todos los productores venden su cosecha a la empresa exportadora de la reciben la capacitación y asesoría durante todo el proceso productivo. Otras entidades como: SENASA y Dirección Regional de Agricultura Lima (DRAL) tuvieron menor participación en las capacitaciones (Figura 33).

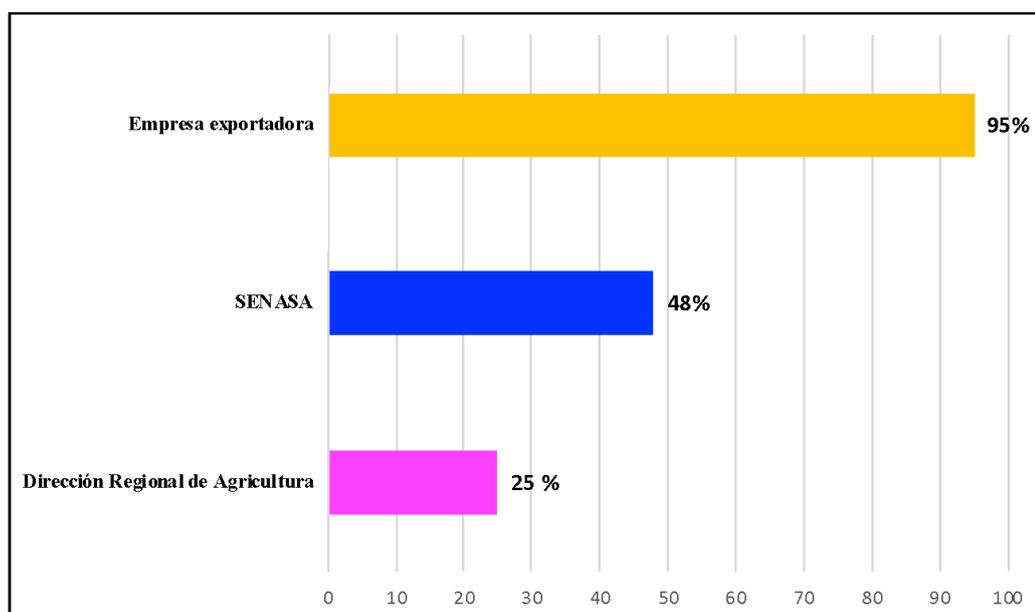


Figura 33. Cobertura de las instituciones en la capacitación a los productores de palto orgánico en la zona de estudio

Los temas principales de capacitación recibidas fueron abonamiento, control sanitario, elaboración de abonos orgánicos, buenas prácticas agrícolas (BPA) y manejo de registros (Figura 34). Todos los productores encuestados tienen interés en seguir capacitándose en los temas mencionados, como también en otros temas como sistemas de riego, nuevas variedades de palto y sistemas de poda.

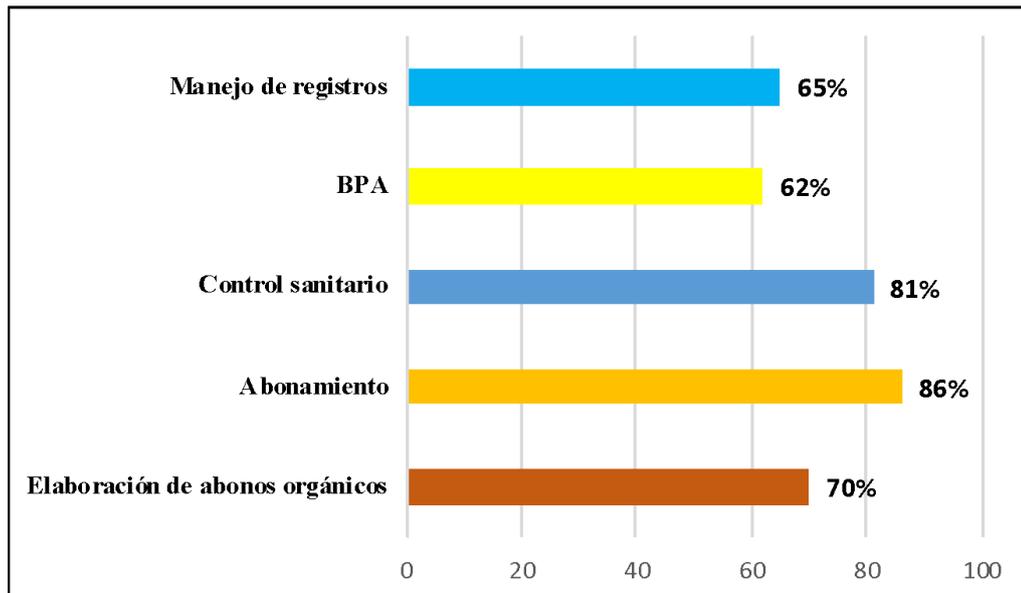


Figura 34. Distribución porcentual de los temas de capacitación recibidas por los productores de palto orgánico en la zona de estudio

4.2.6.9. Acceso a crédito y financiamiento

Relacionado con el financiamiento de la producción el 61 por ciento tuvo acceso a crédito por parte de una entidad financiera o convenio con la empresa exportadora, de ellos la mayoría bajo la modalidad convenio con la empresa exportadora (73 por ciento) y un 27 por ciento de una entidad financiera (Figura 35). Uno de los problemas más grandes en muchos países que impide el desarrollo de la agricultura es la falta de crédito. Según Accame *et al.* (2018) en el Perú del total de productores de palta solo el 18 por ciento solicitó un crédito y de ellos el 90 por ciento obtuvo el crédito, uno de los problemas del acceso a crédito en una entidad financiera es la falta de garantía, incumplimiento de no pagar créditos anteriores o por no poseer el título de propiedad. Por otro lado, según la encuesta nacional agropecuaria 2018 del total de pequeños y medianos productores un 11 por ciento solicitó crédito, de los cuales el 92 por ciento lo obtuvo principalmente de las cajas municipales (INEI 2019).

4.2.6.10. Migración del sistema de producción convencional al sistema orgánico

Las encuestas realizadas en el campo lograron determinar que los productores han migrado de la agricultura convencional a la orgánica principalmente por el precio adicional que recibe en la cosecha y por el financiamiento y asesoría permanente que recibe de la empresa exportadora. Otras razones para el cambio fueron el rechazo al

uso de sustancias sintéticas con historial de daños en la salud, reciclado de los materiales producidos en el predio, así como conservar prácticas tradicionales.

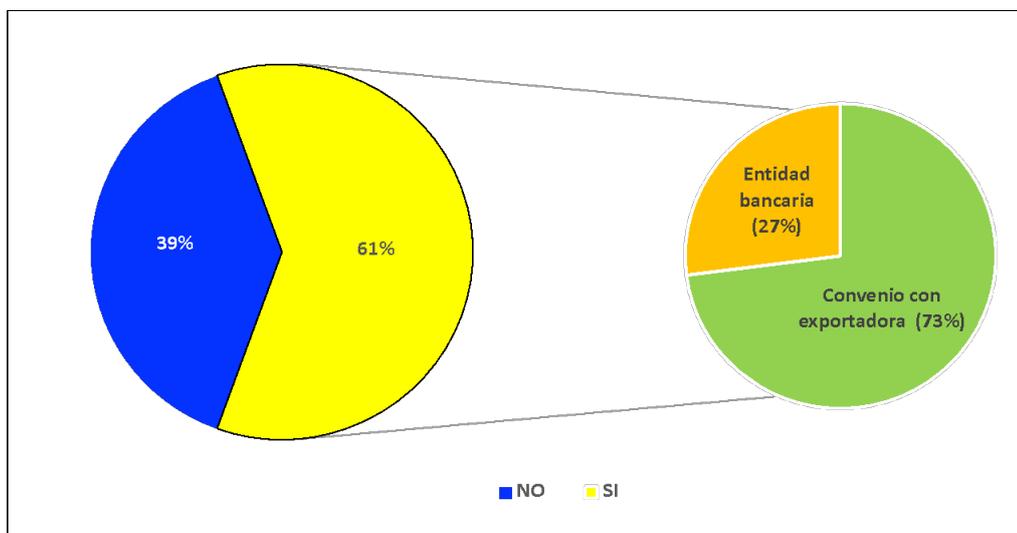


Figura 35. Acceso a crédito y modalidad de crédito (por convenio con la exportadora o entidad bancaria) de los productores de palto orgánico en la zona de estudio

4.2.7. Análisis de grupos

El análisis de grupos arrojó como resultado la conformación de tres grupos, los cuales se pueden observar en la Figura 36 a través del dendrograma, el cual muestra las agrupaciones según la similitud o grupos homogéneos. A continuación, se describen las características de cada uno de los grupos; para mayor detalle, se puede consultar la Tabla 21, en la que se muestran las diferencias más resaltantes entre los grupos.

Grupo I: está formado por 25 predios que representan el 34 por ciento del total de los predios evaluados. Estos predios se caracterizan por tener áreas de cultivo menores en promedio, un sistema de riego por gravedad y, en promedio, una certificación (debido a que hay predios que se encuentran sin certificación en transición a orgánico). También presentan una menor inversión en insumos y mano de obra. La baja inversión que se registra en este grupo de predios se puede explicar por el hecho de que el 56 por ciento de los productores no se dedican exclusivamente al cultivo de palto, sino que también realizan otras actividades económicas como apicultura, trabajan en otros fundos agrícolas, se dedican al comercio u otras labores, lo que puede influir en la baja inversión

en el cultivo de palto, lo que conlleva a tener rendimientos y ingresos netos menores que los Grupos II y III.

Grupo II: formado por 6 predios (8 por ciento del total), estos predios son de mayor extensión, con un promedio de 10.5 ha, fundamentalmente con mayor inversión, el costo de producción promedio fue de S/ 24 600. Estos predios aplican sistema de riego localizado, plantaciones con mayor densidad, rendimiento superior a los Grupos 1 y al Grupo 3, frutos de mejor calidad y un mayor número de certificaciones, lo que permite una mayor diversificación de mercados y, por consiguiente, mayores ingresos netos por campaña (S/. 61 242). Respecto al número promedio de jornales es alto (264 jornales) ya que uno de los predios registró 437 jornales dado que el cultivo está establecido en terrazas y con alta densidad de plantación (Figura 12).

Grupo III. fue el que reunió a la mayoría de los predios (43 predios, representando el 58 por ciento del total). Estos predios presentaron áreas con un promedio de 3.9 hectáreas. El 70 por ciento de los predios contó con riego por gravedad y el 30 por ciento restante con riego localizado. La inversión promedio por hectárea fue de S/14 195. Se encontró que el número de certificaciones, así como la aplicación de N orgánico, fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O), número de jornales, fue mayor al del Grupo I, pero menor al Grupo II. El rendimiento promedio fue de 8124 kg/ha, con un ingreso neto promedio por campaña de S/ 33 989.

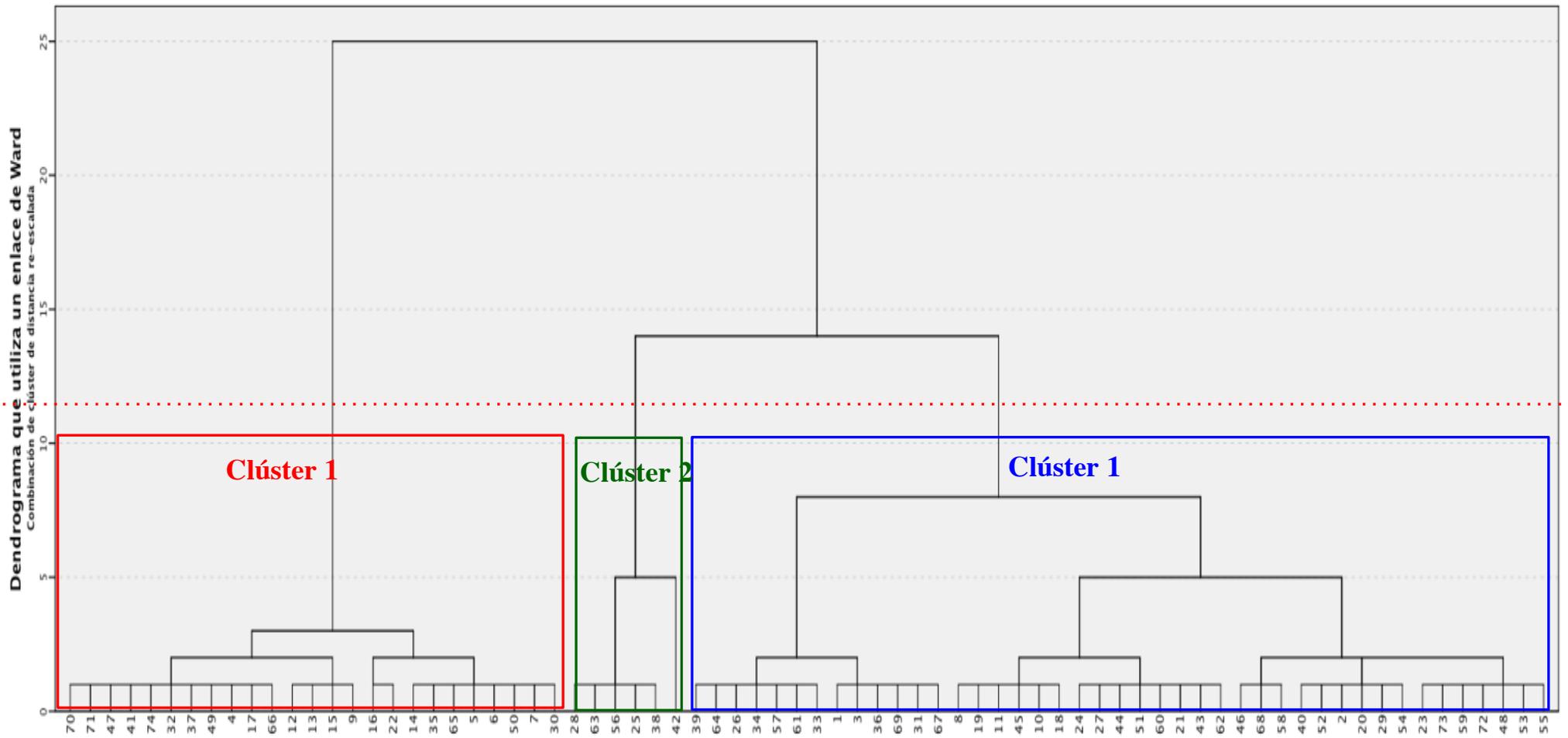


Figura 36. Dendrograma de similitud de los predios productores de palto orgánico en zona de estudio

Tabla 21. Principales características que distinguen a los grupos de los predios productores de palto orgánico en la zona de estudio

Variables	Grupo I	Grupo II	Grupo III
Sistema de riego	Gravedad	Localizado	70% gravedad 30% localizado
Área de palto (ha)	2.32	10.5	3.91
Rendimiento (kg/ha)	4468	13 578	8124
Rendimiento frutos extra (kg/ha)	2858	10 466	5512
Costo de producción (S/. por ha.)	8126	24 600	14 195
Ingreso neto (S/. por ha.)	16 820	61 242	33 989
Número de certificaciones	1	4	3
Número de jornales	104	264	175
Número de aplicaciones foliares	4	12	7
Densidad de plantación	441	600	461
Dosis de N orgánico (kg/ha)	135.1	374.2	212
Dosis de P ₂ O ₅ (kg/ha)	15.6	110	46.7
Dosis de K ₂ O (kg/ha)	83.6	240	129.8
Número de deshierbos/campaña	6	3	5

4.3. FUENTES ORGÁNICAS EN EL RENDIMIENTO Y CALIBRE DE FRUTOS DE PALTO ORGÁNICO

4.3.1. Número de frutos por árbol

Los tratamientos que recibieron fuentes orgánicas tuvieron mayor número de frutos por árbol con resultados altamente significativos ($p < 0.001$) respecto al control. El mayor número de frutos estuvo comprendido en la categoría extra, considerada como la más importante debido al mayor precio de venta (Tabla 22 y Anexo 10, 11, 12 y 13).

El total de frutos que llegan a la cosecha, depende de muchos factores: nutricionales, riego, condiciones fitosanitarias, poda, condiciones climáticas, entre otros. Los resultados de este estudio corroboran el efecto de las fuentes orgánicas en el incremento del número de frutos que llegaron a la cosecha, en comparación a los árboles que no

recibieron fuentes orgánicas. El número de frutos de palto estuvo comprendido entre 61 a 78 frutos/árbol en las distintas fuentes orgánicas (Tabla 22), en contraste a lo reportado por Bedoya y Julca (2021b) en la variedad Fuerte reportaron menor número de frutos varió entre 35 a 43 frutos/árbol. Según Villalva-Morales *et al.* (2015) el palto responde a la fertilización incrementando el número de frutos que llegan a la madurez fisiológica. Esto podría deberse a que las fuentes orgánicas aportan diferentes nutrientes al suelo, mejora las propiedades del suelo y la absorción de nutrientes (Valladares *et al.* 2020; Six *et al.* 2004; Clocchiatti *et al.* 2020; Vásquez *et al.* 2020; Munive *et al.* 2018; Nagar *et al.* 2016). Además las fuentes orgánicas producto de su descomposición, aporta actividad biológica en la rizósfera, esto es aún más importante en el caso del palto por el sistema radicular poco profundo que no se extiende más allá de la copa del árbol (Hofman *et al.* 2002), por lo que está bien adaptado a suelos con alto contenido de materia orgánica superficial (Schaffer 2013).

Tabla 22. Resultados del número de frutos por árbol con diferentes fuentes orgánicas en el cultivo de palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura

Tratamiento	Categoría exportable			No comercial (descarte)	Total
	Extra	I	II		
Guano de isla	52 a	11 bc	6 a	2 b	71 ab
Estiércol de gallina	48 ab	15 ab	6 a	4 ab	73 ab
Estiércol de vacuno	35 b	15 ab	7 a	4 ab	61 b
Compost	45 a	20 a	7 a	6 a	78 a
Vermicompost	37 b	17 ab	6 a	4 ab	64 b
Control	24 c	12 c	4 a	7 a	47 c

Valores en cada columna seguidos de una misma letra, no son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba HSD de Tukey ($P>0.05$)

4.3.2. Calibre de frutos (porcentaje)

En la Tabla 23 se muestra la distribución porcentual de los diferentes calibres. Los frutos con mayor tamaño correspondieron a los tratamientos con fuentes orgánicas en comparación al control. En los calibres más grandes entre 10 a 14 (258-462 g/fruto) no hubo diferencia significativa entre las fuentes orgánicas, sin embargo el guano de las islas tuvo un aumento en el peso de fruto del 2 por ciento con relación a las otras fuentes orgánicas. Para todas las fuentes orgánicas la mayor producción se concentró en los

calibres 18 (203-243 g/fruto) y 20 (184-217 g/fruto), mientras que el control tuvo menores calibres entre 22 (165-196 g/fruto) y 24 (151-175 g/fruto) (Figura 37). Considerando que los calibres que más demanda tienen para el mercado de la Unión Europea van desde 14 al 22, estos calibres se consideran como altamente exportables.

El calibre es una variable importante desde el punto de vista comercial, ya que se usa para clasificar la fruta especialmente en el mercado internacional, además de que el tamaño del fruto tiene una importancia económica. Existen diversos factores que afectan el calibre final de los frutos de palto, como el rendimiento, el número de frutos por árbol (Levinson y Adato 1991), además de la posición del fruto en el árbol, el número y tamaño de hojas que aportan fotosintatos, régimen de luz (Lahav y Zamet 1999), así como la fertilización, la escasez de agua afecta el desarrollo del fruto (Silber *et al.* 2019), se puede influir sobre el calibre mediante la fertilización, riego, momento apropiado de cosecha (Troncoso *et al.* 2008; Salvo *et al.* 2017).

Los resultados de este estudio se pueden atribuir al efecto positivo de las fuentes orgánicas que aportan nutrientes, mejoran las propiedades físicas como la estructura, densidad aparente, aumentan la porosidad y retención de agua (Trinidad-Santos y Velasco-Velasco 2016; Felipe- Morales 2002). Otro aspecto importante que influye en el rendimiento y calibre de frutos es el contenido de humedad en el suelo, se han reportado que los máximos rendimientos y frutos con mejor calibre de la variedad Hass se obtuvieron cuando se aplicaron láminas de agua equivalentes entre el 70 a 75 por ciento de ET_0 ($K_c = 0,7$ a $0,75$) (Zuazo *et al.* 2021; Holzapfel *et al.* 2017; Faber *et al.* 1996; Grajales 2017; Dorado *et al.* 2017; Ferreyra *et al.* 2007a; Ferreyra y Sellés 2007). En la región Lima, Vásquez *et al.* (2015) en de la variedad Hass, aplicando la lámina de agua equivalente al 120 por ciento de ET_0 , obtuvieron los mejores rendimientos.

La nutrición es otro aspecto que influye en el calibre de los frutos. En el cultivo de palto, la deficiencia de nutrientes disminuye el rendimiento, ya que es una de las causas de la abscisión de frutos en el período inicial de desarrollo (Silber *et al.* 2012; Silber *et al.* 2018), ya que los frutos en desarrollo son sumideros terminales y requieren carbohidratos, nutrientes minerales y agua (Cowan *et al.* 2001). Por su parte, Marques *et al.* (2009), mencionan que la nutrición tiene un efecto inmediato en la calidad del fruto, del mismo modo Lovatt (1999); Salazar-García y Lazcano-Ferrat (2001) señalan

que con una buena disponibilidad de nutrientes hay un incremento en el tamaño final del fruto, quedando pequeño en condiciones de nutrición deficiente.

Tabla 23. Distribución porcentual de frutos según calibre en las diferentes fuentes orgánicas evaluadas en palto orgánico en la provincia de Huaura

Código del calibre	Peso de fruto (g)	Tratamiento					
		Guano de isla	Estiércol de gallina	Estiércol de vacuno	Compost	Vermicompost	Control
14 a menos	> 258	14	12	12	12	13	0
16	227 - 274	13	13	14	16	12	10
18	203 - 243	26	28	28	30	29	10
20	184 - 217	25	26	24	23	25	10
22	165 - 196	12	13	11	9	10	19
24	151 - 175	5	3	3	4	5	40
26 a más	< 157	5	5	8	6	6	11

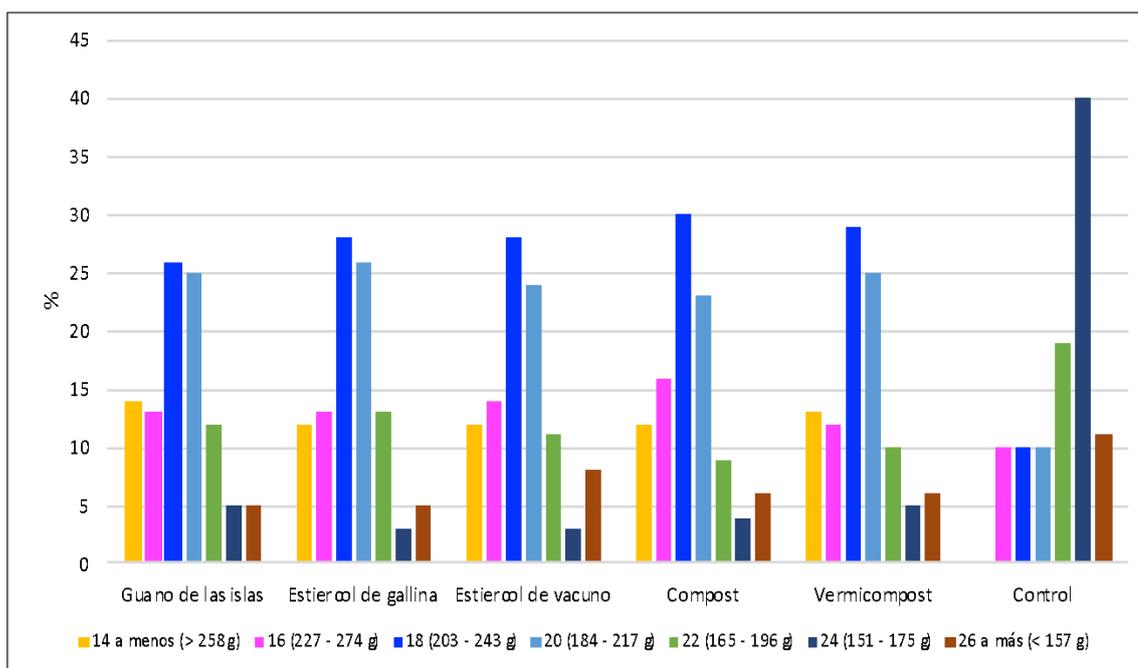


Figura 37. Distribución porcentual de los frutos según calibre en diferentes fuentes orgánicas en palto orgánico de la variedad Hass en la provincia de Huaura

4.3.3. Rendimiento total (kg/ha)

Los resultados evidenciaron que los tratamientos que recibieron fuentes orgánicas fueron estadísticamente superiores al control. Las fuentes orgánicas como el compost, estiércol de gallina, guano de las islas y vermicompost con rendimiento similares estadísticamente (Tabla 24 y Anexo 14), los rendimientos variaron entre 6998 kg/ha (estiércol de vacuno) a 8799 kg/ha (compost) (Figura 38). Los resultados de este estudio muestran la importancia de la aplicación de fuentes orgánicas al suelo, más aún en suelos de baja fertilidad como es este caso. El uso de abonos orgánicos aporta materia orgánica, esto mejora la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas (Eghball *et al.* 2004), influye en una amplia gama de atributos y procesos físicos, químicos y biológicos (Murphy 2015), incrementan las poblaciones microbianas (Linderman 1989). Las fuentes orgánicas presentan una gran variabilidad en el contenido de nutrientes, sin embargo en muchos casos puede suplir parcialmente la demanda nutrimental del cultivo de palto y los rendimientos pueden ser comparables a la fertilización convencional, en muchos casos llegando a igualar e inclusive superar a los fertilizantes químicos (Campos *et al.* 2020; Hernández-Valencia *et al.* 2021; Tapia *et al.* 2014).

El guano de las islas tuvo un rendimiento similar a las otras fuentes orgánicas, esto podría deberse principalmente por la pobreza de esta fuente, según los análisis tuvo la tercera parte de nutrientes que un guano de islas común: 3.22, 0.94 y 1.51 por ciento N, P₂O₅ y K₂O respectivamente (Tabla 7), en este estudio el guano de las islas que se utilizó mostró una pobre calidad comparado con el guano de las islas común en el Perú, lo que indica una posible adulteración, este no cumple con las especificaciones técnicas de calidad. El guano de las islas es considerado un abono orgánico único en el mundo con un contenido nutricional superior a otras fuentes orgánicas (Schnug *et al.* 2018), comúnmente el contenido de N varía entre 10-14 por ciento, P₂O₅ entre 10-12 por ciento y K₂O entre 2-3 por ciento, el nitrógeno total disponible es en promedio el 40 por ciento (38 por ciento en forma amoniacal y 2 por ciento nítrica), el 60 por ciento restante se encuentra en forma orgánica por mineralizarse. Del fósforo total, en promedio el 60 por ciento se encuentra en forma disponible (fósforo monovalente y divalente), y el 40 por ciento restante en forma orgánica por mineralizarse (MINAGRI 2018), además de la alta tasa de mineralización de N, se han reportado tasas de mineralización de N entre 80 a 90 por ciento en 84 días (Lazicki *et al.* 2020) y de hasta 80 por ciento en un periodo

de 8 semanas (Hadas y Kautsky 1994; Hadas y Rosenberg 1992) es alta comparado con otras fuentes orgánicas. Sin embargo en este estudio la pobreza del guano de las islas haya sido una causa del bajo aporte de N y evidentemente no incrementó de manera significativa el rendimiento frente a las demás fuentes orgánicas a pesar de la baja relación de C/N.

El rendimiento de frutos según categoría (clasificación por aspecto externo), todos los tratamientos con fuentes orgánicas tuvieron rendimiento de frutos de categoría “extra” estadísticamente superior al tratamiento control (Tabla 24), los frutos de esta categoría son considerados de calidad superior, con características específicas (Codex Alimentarius – Norma para el aguacate y Norma Técnica Peruana 011.018.2014), los frutos de esta categoría se comercializan a mayores precios que las categorías I y II. Los defectos o daños externos de los frutos de palto (mecánicos, magulladura, rameado, etc.) es probable que no esté influenciado directamente por los nutrientes provenientes de las fuentes orgánicas, pero sí puede influir en la tolerancia a plagas y enfermedades. Un defecto externo común en los frutos es el daño por quemadura de sol, esto se observa con mucha frecuencia en árboles con menor follaje, poco vigorosos, lo cual si tiene una relación con la provisión de nutrientes al cultivo, lo cual puede ser significativo en el incremento de frutos de categoría “extra”.

La respuesta del estiércol de gallina en el rendimiento de frutos estadísticamente similar a las otras fuentes orgánicas, se debe al aporte de nutrientes y el efecto positivo en las propiedades del suelo. En este estudio el aporte del estiércol de gallina de elementos como P_2O_5 , K_2O , CaO y MgO del fue superior a las otras fuentes orgánicas utilizadas (Tabla 7). Según Cotrina-Cabello *et al.* (2020) esta fuente es considerada de acción rápida ya que aumenta la concentración de macronutrientes en los tejidos vegetales; mejora las propiedades del suelo (Estrada y Peralta 2004). Además se han reportado tasas de mineralización del N de hasta 75 por ciento en solo tres semanas (Castellanos y Pratt 1981), en tanto que Palomino *et al.* (2019) hallaron en promedio entre 50 y 44 por ciento para el estiércol de gallina ponedora y reproductora respectivamente con una máxima a los 90 días. Otro estudio reportó 53 por ciento de mineralización de N en un periodo de 26 semanas en cinco suelos diferentes (Chae y Tabatabai 1986) y Abbasi y Khaliq (2016) reportaron hasta 48 por ciento de mineralización del N.

Algunas investigaciones en el cultivo de palto el uso de estiércol de gallina ponedora compostado destacó significativamente frente a otras fuentes, tanto en concentración foliar de N y en rendimiento (Hermoso *et al.* 2011; 2003), además la eficiencia del uso de nitrógeno fue mayor en las plantas que recibieron estiércol de aves de corral que con otras fuentes orgánicas (Rees y Castle 2002). En un trabajo de tres años, la aplicación de 34 kg/árbol/año de gallinaza sola o combinada con N, incrementaron el rendimiento y la calidad de frutos (Aguilar *et al.* 1993; 1997). En este aspecto, se indica que la adición de nutrientes es muy importante para mejorar la calidad y rendimiento del palto (Bernal y Díaz 2005).

La buena respuesta del compost con rendimiento de 8799 kg/ha, puede explicarse a las ventajas que ofrece, es una fuente estable debido a que ha pasado por un proceso de descomposición previa bajo condiciones controladas, tiene efectos benéficos en las propiedades del suelo. Según Mohale *et al.* (2021) el cultivo de palto respondió significativamente a la aplicación de compost con incremento del rendimiento y de los recuentos microbianos del suelo (bacterias y hongos) a medida que aumentó la cantidad de compost aplicado. El compost se considera un acondicionador del suelo (que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo) más que como una fuente de nutrientes (Koritschner *et al.* 2019; Zhen *et al.* 2014; Foley y Cooperband 2002), por lo que la acción positiva no sea simplemente una función de su contenido nutricional, es probable que haya otros insumos, como aumento de la actividad enzimática y estimula el desarrollo radicular e incorpora microorganismos beneficiosos implicados en el ciclo de diferentes nutrientes (García-Fraile *et al.* 2015; Laich 2011; Maeda *et al.* 2011; Bonilla *et al.* 2012; Atiyeh *et al.* 2000), además de aumentar los niveles de materia orgánica (Brock *et al.* 2021).

Muchos estudios han demostrado que el poder fertilizante del compost se debe a su contenido de materia orgánica estabilizada y a la cantidad de elementos nutritivos que contiene (Bevacqua y Mellano 1993), aunque la tasa de mineralización en comparación con otras fuentes como el estiércol y guano de isla. Para el compost de estiércol de vacuno la tasa de mineralización fue del 20 por ciento en el año de aplicación (Irañeta *et al.* 2011), por otro lado, Habai *et al.* (2016), encontraron que la mineralización neta de N en suelos modificados con compost y estiércol fue de 4 y 9 por ciento en 97 días respectivamente.

El vermicompost presentó un rendimiento de 7343 kg/ha estadísticamente similar a las demás fuentes orgánicas (Tabla 23), la respuesta de esta fuente orgánica no se atribuye únicamente al aporte nutricional que proporcionan (Celestina *et al.* 2019; Muhammad *et al.* 2008), sino también a sus otros componentes como: reguladores del crecimiento, ácidos húmicos (Arancón y Edward 2005) y microorganismos del suelo (Beltrán-Morales *et al.* 2016). Incrementa la biomasa microbiana, son ricas en bacterias, actinomicetos, hongos (Edwards 1983; Reyes *et al.* 2000), que son componentes clave en el ciclo de nutrientes, la producción de reguladores del crecimiento y protección de las plantas contra plagas y enfermedades del suelo (Arancón y Edward 2005). Además de sus efectos benéficos en las propiedades físico-químicas del suelo (Vasquez y Loli 2018; Vázquez *et al.* 2020). Sin embargo, la tasa de mineralización del N es baja comparada con los estiércoles frescos, Laszicki *et al.* (2020) encontraron que fue relativamente estable durante los 84 días, lo más resaltante que casi el 68 por ciento del N estaba en forma de NO₃, que es un indicador de su estabilidad (Murugan y Swarnam 2013).

Por otro lado, el tratamiento con estiércol de vacuno tuvo menor rendimiento en comparación a otras fuentes, solo fue estadísticamente menor al tratamiento con compost (Tabla 24). Según se muestra en la Tabla 7, el estiércol de vacuno tuvo el mayor contenido de materia orgánica (58.50 por ciento) comparado con las otras fuentes orgánicas, lo que indica que es una importante fuente de materia orgánica para el suelo. El estiércol de vacuno es una de las fuentes orgánicas más utilizadas en el Perú. Es comúnmente utilizado principalmente en sistemas de agricultura orgánica, por los beneficios sobre los procesos biológicos y bioquímicos del suelo (Rillig y Mummey 2006; Six *et al.* 2004), sus efectos en el suelo son diversos, influyen en los procesos biológicos, biofísicos y bioquímicos, incrementan el contenido de materia orgánica y con ello la disponibilidad de nutrientes (Stepien y Kobialka 2019; Trejo-Escarreño *et al.* 2013; Trinidad-Santos y Velasco-Velasco 2016), aunque los efectos producen cambios lentos en las propiedades del suelo y la disponibilidad de nutrientes es muy variable (Sileshi *et al.* 2019).

La disponibilidad de N del estiércol de vacuno se distribuye en tres años (Gross 1981, como se citó en Labrador *et al.* (1993), dependiendo del grado de evolución, los estiércoles más evolucionados “maduros” pueden dejar disponible entre el 20 y 40 por

ciento de N en el año de aplicación (Ziegler y Heduit 1991), aunque inicialmente puede ocurrir una inmovilización de N (Calderón *et al.* 2005). A pesar de que el estiércol de vacuno no aporta nutrientes rápidamente este promueve la actividad microbiana en el suelo a mediano plazo, aumentando la mineralización de N posteriormente (Del Pino *et al.* 2008).

Aplicaciones de estiércol de vacuno en varias campañas productivas en el cultivo de palto incrementaron el contenido foliar de N,P,K y el rendimiento de frutos (Ben-Ya'acov y Michelson 1995; Embleton y Jones 1964; Wolstenholme *et al.* 1997). En contraste Bedoya y Julca (2021b) reportaron que en la variedad Fuerte la aplicación del estiércol de vacuno no tuvo efecto significativo en el rendimiento y peso de fruto en el primer año de evaluación, pero si mejoró las propiedades fisicoquímicas del suelo. Por lo tanto, los resultados de la aplicación de estiércol deben ser medidos a largo plazo por el efecto residual que poseen, debido a la baja mineralización influenciada no solo por la relación C/N, sino también por la proporción de lignina y polifenoles en su composición y además de las características del suelo.

Tabla 24. Rendimiento según categorías exportable y rendimiento total (kg/ha) de palto orgánico variedad Hass, con la aplicación de diferentes fuentes orgánicas en la provincia de Huaura

Tratamiento	Categoría exportable			Total exportable	Descarte	Rendimiento Total
	Extra	I	II			
Guano de isla	5782.9 a	1471.2 bc	461.6 ab	7715.8 ab	279.8 b	7996 ab
Estiercol de gallina	5450.6 a	1966.9 ab	416.6 ab	7834.2 ab	359.0 ab	8193 ab
Estiércol de vacuno	4008.6 b	1982.9 ab	557.1 a	6548.7 b	449.2 ab	6998 b
Compost	5007.2 ab	2703.7 a	488.9 ab	8199.8 a	598.7 a	8799 a
Vermicompost	4182.8 b	2291.4 ab	400.6 ab	6874.8 ab	468.4 ab	7343 ab
Control	2273.1 c	1119.7 c	260.6 b	3653.4 c	646.2 a	4300 c

Valores en cada columna seguidos de una misma letra, no son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba HSD de Tukey ($P>0.05$)

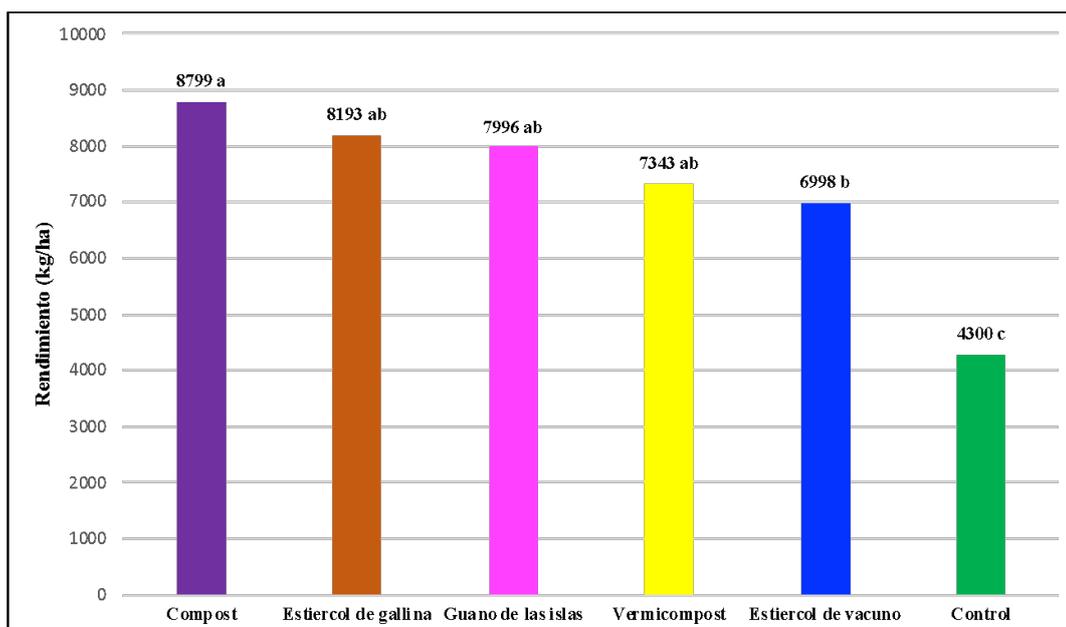


Figura 38. Rendimiento de palto orgánico variedad Hass (kg/ha) con la aplicación de diferentes fuentes orgánicas en la provincia de Huaura

4.3.4. Rendimiento exportable (kg/ha)

Los frutos exportables deben cumplir las especificaciones establecidas en las normas: Codex Alimentarius - Norma para el aguacate (2013) y Norma Técnica Peruana de Palta 2014 (INDECOPI 2014). Los resultados muestran que hubo diferencia significativa entre tratamientos, aquellos con aplicación de fuentes orgánicas fueron superiores al tratamiento control (Anexo 18). El porcentaje de frutos exportables en todos los tratamientos con fuentes orgánicas fue superior al 93 por ciento y en el control 85 por ciento. También se aprecia que los valores más altos de frutos de categoría extra corresponden a los tratamientos con guano de isla, estiércol de gallina y compost, seguidos del vermicompost y estiércol de vacuno (Figura 39 y Figura 40), en esta categoría se obtiene el mejor precio de venta.

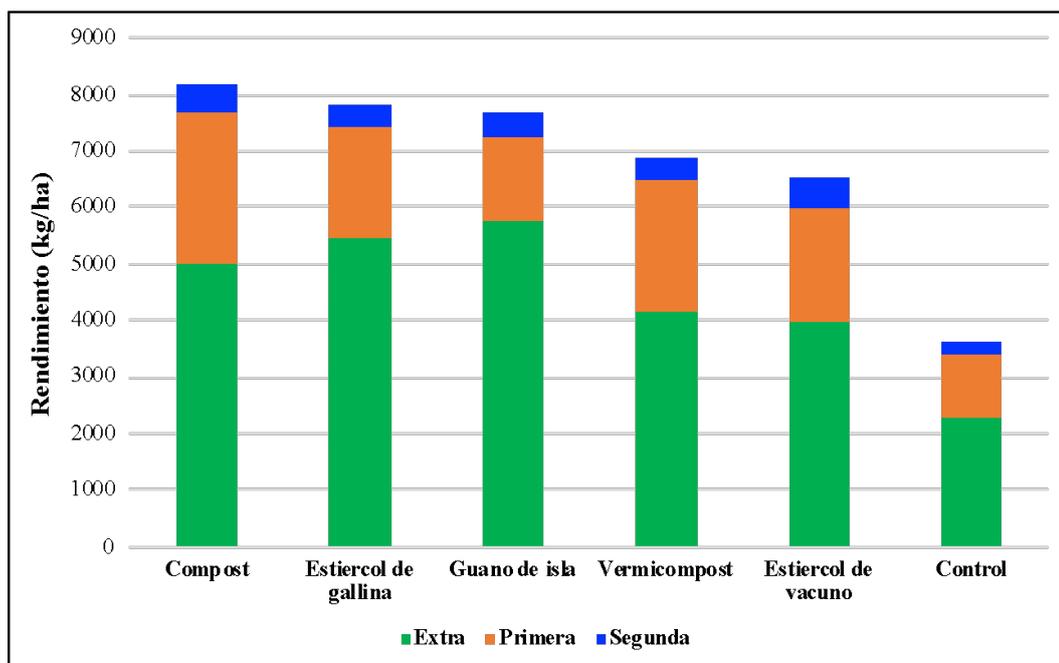


Figura 39. Rendimiento de fruta exportable (kg/ha) de palto orgánico variedad Hass con diferentes fuentes orgánicas en la provincia de Huaura

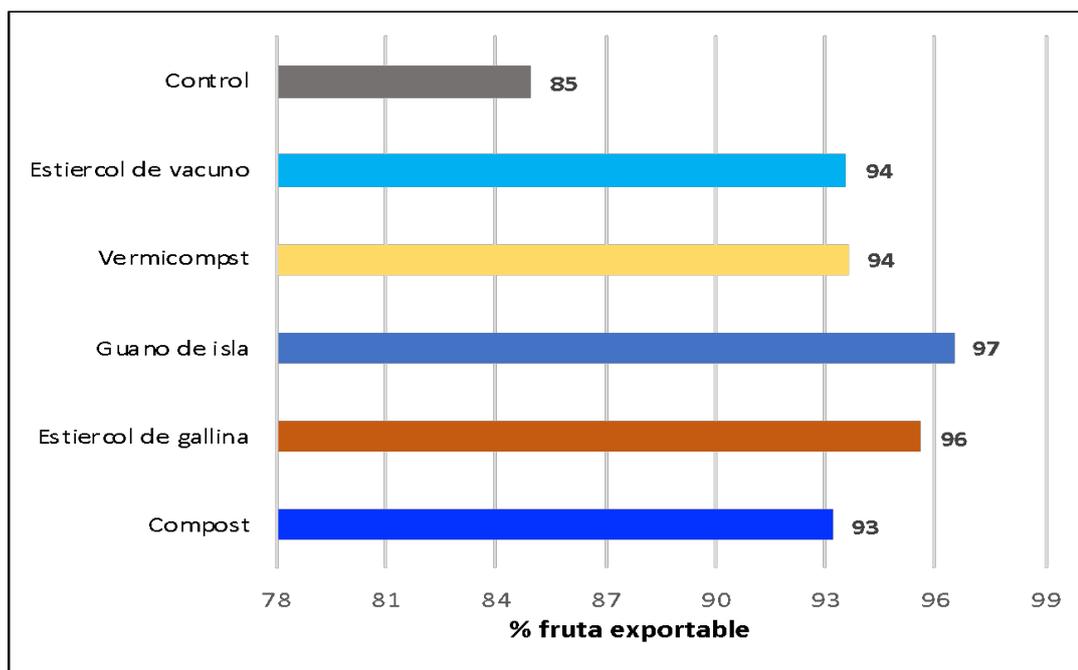


Figura 40. Porcentaje de fruta exportable (porcentaje) de palto orgánico variedad Hass, con diferentes fuentes orgánicas en la provincia de Huaura

4.4. SUSTENTABILIDAD DE LOS PREDIOS PRODUCTORES DE PALTO ORGÁNICO

4.4.1. Sustentabilidad ambiental

Los resultados de la Tabla 26 y Figura 41, muestra un Índice ponderado de Sustentabilidad Ambiental (IAm) de 2.6, 3.4 y 2.9 para los grupos I, II y III respectivamente, lo cual es superior al umbral establecido de 2.0. El estudio refleja que todos los predios productores de palto orgánico presentaron valores que fueron superiores al umbral establecido, lo cual indica que son ambientalmente sustentables.

Los indicadores más destacados fueron las áreas de zona de conservación, la diversidad vegetal, la cobertura vegetal, entre otros (Tabla 26). Estas fortalezas se deben a que los sistemas de producción orgánica están respaldados por Normas Orgánicas vigentes, como la Norma de Producción Orgánica para EEUU (NOP-USDA), el Reglamento (UE) 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la producción ecológica y el etiquetado de los productos ecológicos, el Reglamento Técnico para la Producción Orgánica (RTPO), Bio Suisse y otras normas, que establecen con carácter obligatorio que los productores coloquen cultivos entre las hileras de palto para conservar la vida del suelo, aumentar la biodiversidad, disminuir el riesgo de erosión y obtener otras ventajas. La biodiversidad cultivada y la espontánea o asociada cumplen un rol fundamental en los procesos de regulación biótica y otras funciones ecológicas (Swift *et al.* 2004). Este aspecto puede variar entre sistemas de producción con una mayor riqueza de especies, géneros y familias de plantas espontáneas en fincas bajo manejo orgánico que bajo manejo convencional (Stupino *et al.* 2007).

Todos los predios, deben contar con una zona de conservación. Aquellos con certificación Bio Suisse deben destinar como área para zona de conservación como mínimo el 7 por ciento de la superficie agrícola útil de la explotación (Bio Suisse 2020) y además mantener la diversidad vegetal permanente. Esto tiene una serie de ventajas. Según Altieri (1999), contar con cobertura vegetal tiene diversas ventajas, como prevenir la erosión del suelo, controlar las inundaciones mejorando la infiltración y reduciendo la escorrentía superficial, mejorar las características del suelo y reducir el requerimiento de mano de obra para el control de malezas (Peña *et al.* 2016; Sanclemente y Patiño 2015; Murillo *et al.* 2016; Puertas 2010).

El mulch generado en los campos con alta diversidad vegetal tiene efectos significativos en cuanto al aumento de la disponibilidad de agua en el suelo, debido a que reduce la energía y velocidad de la escorrentía y aumenta la infiltración (Erenstein 2003). Además, la diversificación vegetal en el predio tiene una serie de efectos positivos, como el aumento de la conservación de los suelos, la mejora de la biología de los suelos, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de distintas especies dentro del agroecosistema, y puede generar ingresos extra para los agricultores (Fernández *et al.* 2015). Por lo tanto, la sustentabilidad ambiental garantiza la continuidad de la productividad agraria mediante el uso adecuado de los recursos naturales (Gómez-Limón y Arriaza 2011).

El punto crítico método de riego (D1) fue común para los predios de los grupos I y III (Tabla 26). El promedio más bajo del grupo I se debe a que todos los productores aplican riego por gravedad, mientras que en el grupo III, el 70 por ciento usó riego por gravedad y el 30 por ciento localizado (Tabla 21). El método de riego es uno de los factores técnicos que influyen en el rendimiento del cultivo. Los resultados preliminares del presente estudio indican que los predios con riego localizado tuvieron rendimientos hasta 40 por ciento superior al de los predios con riego por gravedad (Felles-Leandro y García-Bendezú 2022). El Sistema de riego por gravedad presenta una baja eficiencia de aplicación si se lo compara con el riego localizado. De acuerdo con el Centro Internacional de Riego de Estados Unidos (FAO 2001), el riego por surcos con un buen manejo puede alcanzar una eficiencia entre el 55 al 70 por ciento y con un manejo pobre entre el 30 al 50 por ciento, siendo esta última considerada como una eficiencia "mala" (Roscher 1985). Por el contrario, la eficiencia de aplicación para el sistema de riego localizado alcanza entre 90 a 95 por ciento de eficiencia (Antúnez *et al.* 2010; Carrazón 2007; MINAGRI 2015; Banco Mundial 2013).

La disponibilidad del recurso hídrico en el ámbito de estudio esta disponible todo el año, pero es insuficiente la infraestructura de riego, esto incrementa el problema en la gestión de uso del agua, carece de adecuado mantenimiento y los productores no cuentan con reservorio en los predios. A pesar de ser el octavo país del mundo con mayor abundancia de agua, no se ha logrado una adecuada administración del recurso, frente a ello, urge implementar sistemas de riego tecnificado para el óptimo aprovechamiento del agua a fin de mejorar la rentabilidad del cultivo (Agroperú.pe 2021). Uno de los valles con sistemas de riego más antiguos con problemas de drenaje es el valle Huaura (Banco

Mundial 2013). Es importante señalar que, aunque la disponibilidad del agua es permanente, con volúmenes variables a lo largo del año, en el futuro podría afectar la sustentabilidad del sistema si es que no se mejora la gestión de uso. Según los resultados preliminares del presente estudio de Felles-Leandro y García-Bendezú (2022), en la zona de estudio es fundamental la instalación de un sistema de riego localizado para incrementar el rendimiento y calidad de fruto de palto. Por su parte, Sommaruga & Eldridge (2021) destacan la necesidad de instalar métodos de riego más eficientes para una producción más sostenible.

El uso de materia orgánica (C1) fue un punto crítico importante para los predios del Grupo I, debido a que el aporte de fuentes orgánicas al suelo era bajo. El 32 por ciento de los productores aplicaron entre 5 a 10 t/ha y 68 por ciento entre 10 a 20 t/ha. Por lo tanto, es imprescindible que los productores incrementen el aporte de diversas fuentes orgánicas. Los resultados del estudio de caracterización mostraron que uno de los factores técnicos influyentes en el rendimiento de palto orgánico fue el N orgánico (Figura 10). Esto demuestra los beneficios que conllevan las fuentes orgánicas, especialmente en suelos con bajo contenido de materia orgánica, como el caso del sistema en estudio. Este punto crítico fue también reportado por Apaza (2019), al evaluar los fundos productores de palto en la irrigación Chavimochic.

Otros estudios en el cultivo de palto convencional, respecto a la sustentabilidad ambiental reportaron: En Cañete de los cinco grupo de fincas evaluadas solo dos obtuvieron valores de indicador ambiental ≥ 2.0 , los grupos con valores < 2 , los puntos críticos fueron baja diversidad, baja asociación de cultivos y baja cobertura (Collantes y Rodríguez 2015). En la Irrigación Chavimochic de los 17 fundos evaluados, solo siete tuvieron el indicador ambiental superior a 2; estos fundos pertenecían a empresas más grandes con mayor número de certificaciones (Apaza 2019). Por otro lado, en Moquegua, el 76 por ciento de las fincas productoras de palto no fueron ambientalmente sustentables, debido principalmente a la pobre conservación del suelo, la baja asociación de cultivos y el alto riesgo de erosión del suelo (Bedoya y Julca 2021a).

Tabla 25. Indicadores de sustentabilidad ambiental (IAm) de los predios productores de palto orgánico en la región Lima

Indicador ambiental	Subindicador	Grupo I	Grupo II	Grupo III
A. Conservación de la vida del suelo	A1. Diversidad vegetal	3.0	3.5	3.2
	A2. Cobertura vegetal (%)	3.0	3.2	3.3
B. Manejo de la biodiversidad	B1. Diversificación de la producción	3.0	3.5	3.2
	B2. Áreas de zona de conservación (%)	3.5	4.0	3.9
	C1. Uso de materia orgánica (t/ha)	1.7	3.0	2.2
C. Riesgo de erosión	C2. Tipo de suelo	2.9	3.2	3.0
	C3. Cobertura vegetal (%)	3.0	3.2	3.3
D. Manejo de agua y riesgo de contaminación	D1. Método de riego	0.1	4.0	1.2
	D2. Riesgo de contaminación del agua	2.9	3.0	2.9
Índice de sustentabilidad ambiental (IAm)		2.6	3.4	2.9

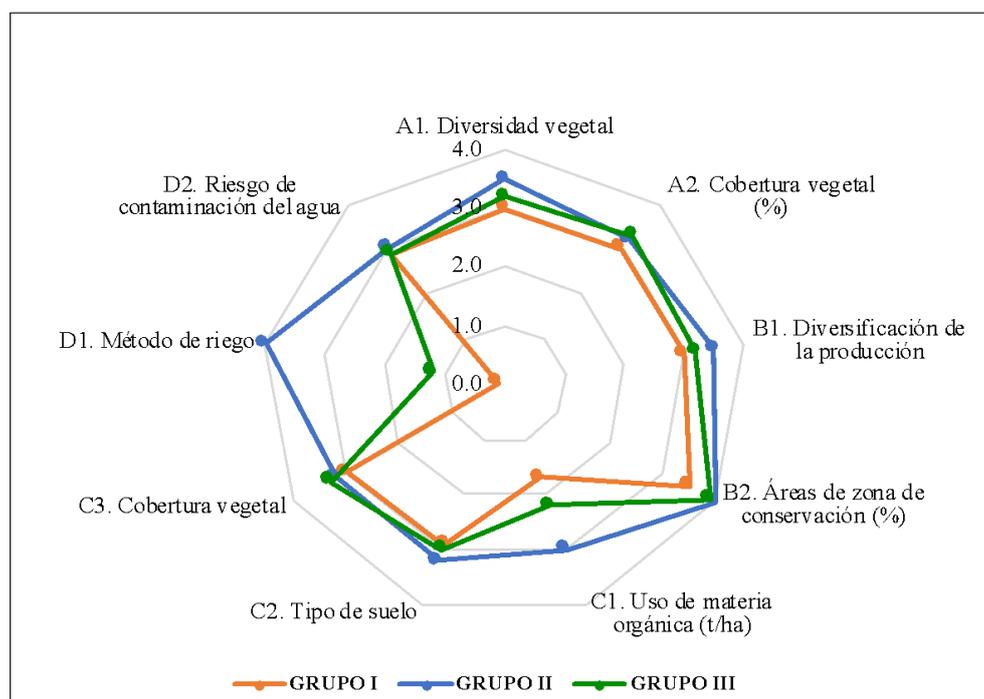


Figura 41. Diagrama de valores de los indicadores de sustentabilidad ambiental (IAm) de los predios productores de palto orgánico en la región Lima

4.4.2. Sustentabilidad económica

Los resultados de la sustentabilidad económica se muestran en la Tabla 27 y Figura 42. Se comprobó que todos los grupos de predios evaluados tuvieron valores mayores a 2; por lo que se consideran económicamente sustentables (Sarandón *et al.* 2006). Esto se debe principalmente a que toda la producción de palto orgánico se exporta, del valor agregado al precio de venta recibido, además de la diversificación de mercado por las certificaciones y la relación directa con la empresa exportadora. Investigaciones destacan que la producción orgánica es rentable y presenta un valor agregado con un mejor precio que el convencional (Sánchez 2019; Blueberriesconsulting 2021; Meemken 2020; Salinas 2011; Márquez 2009), lo que repercute en los ingresos netos por campaña. Esto se debe principalmente a la exportación por la creciente demanda de productos frescos orgánicos, propiciada por las tendencias de consumo mundial. En el Perú, la exportación de palta orgánica ha aumentado de manera sostenida. De acuerdo a cifras de ADEX, en 2021 se exportaron 9104 toneladas por un valor de USD 21.7 millones (SEDIR 2022).

Los indicadores que fortalecen la sustentabilidad fueron: Ingreso neto/ha/campaña (US\$/ha), calidad de exportación, baja dependencia de insumos externos, entre otros. La producción orgánica presenta una baja dependencia de insumos externos, ya que los agricultores orgánicos trabajan con tecnologías apropiadas aprovechando los recursos locales de manera racional, disminuyendo el uso y dependencia de insumos externos (Salinas 2014). Además, según CIRAD y HAB (2019), los costos de producción en la costa peruana son altamente competitivos (USD 5000 a 7000 por ha.) principalmente por la disponibilidad de agua, mano de obra y baja presión fitosanitaria. Los análisis de sustentabilidad económica en otros cultivos orgánicos han arrojado resultados positivos. Márquez *et al.* (2016) señalan que en el cultivo de café el sistema de producción orgánica obtuvo un indicador de sustentabilidad económica más alto que el sistema de producción convencional. Asimismo, el cultivo de quinua tuvo ingresos superiores con el sistema orgánico que con el convencional y tradicional (Pinedo-Taco *et al.* 2018). La sustentabilidad económica del productor es fundamental, ya que si no es económicamente sostenible, la industria en su conjunto se encuentra amenazada (Vélez 2015).

Los puntos críticos identificados en el Grupo I fueron la productividad (t/ha) (A1) y el número de certificaciones (A5) (Tabla 27 y Figura 42). Dentro de este grupo, el rendimiento del 70 por ciento de predios estuvo comprendida entre 3 a 6 t/ha y solo el 30 por ciento presentó rendimientos entre 6.1 a 10 t/ha. Esto puede deberse a varios factores como la menor inversión en insumos, mano de obra y todos los predios aplican riego por gravedad. Esta baja inversión se puede explicar por el hecho de que el 56 por ciento de los productores del Grupo I, no se dedican exclusivamente al cultivo de palto, sino que también realizan otras actividades económicas (empleos temporales en otros predios agrícolas, apicultura, comercio u otras labores), lo que influye en la baja inversión en el cultivo y conlleva a tener menores rendimientos con respecto a los demás grupos de predios. Los resultados preliminares de este estudio realizado por Felles-Leandro y García-Bendezú (2022) indican que el rendimiento del cultivo de palto orgánico en las provincias de Huaura y Barranca son muy variados y generalmente bajos, es 38 por ciento menor al promedio nacional y 41 por ciento menor al promedio de la región Lima, que para el año 2018 alcanzaron 12.6 t/ha y 13.2 t/ha, respectivamente (MINAGRI 2019a). Por lo consiguiente, se requiere fortalecer a través de tecnologías apropiadas para incrementar el rendimiento del cultivo.

Durante la evaluación, se observó que el Grupo I presentaba un valor promedio bajo en número de certificaciones (A5), debido a que en ese momento el 44 por ciento de los predios de este grupo aún no contaban con la certificación orgánica, ya que estaban en proceso de transición hacia la agricultura orgánica. Estos productores vendían su cosecha como convencional, lo cual resultaba en ingresos inferiores en comparación con los predios certificados como orgánicos, lo que debilitaba temporalmente la sostenibilidad del grupo. Según DeFries *et al.* (2017) y Oya *et al.* (2018) los ingresos de los productores orgánicos certificados superan entre un 16 y 22 por ciento a los de los agricultores sin certificación. Por otra parte, Meemken (2020) afirma que los precios que reciben los agricultores certificados son entre un 20 por ciento y un 30 por ciento más altos que los de los agricultores no certificados.

Dentro del Grupo I hay 14 predios con certificación orgánica, pero muchos de estos productores se dedican también a otras actividades económicas. Esto puede provocar que no se dediquen al mismo nivel que aquellos que se dedican exclusivamente al cultivo de palto orgánico. Por tal motivo, es importante brindar apoyo a los productores

en proceso de transición a la certificación orgánica, así como concientizar y fomentar el compromiso de aquellos con certificación orgánica que desarrollan otras actividades económicas, para asegurar que cumplan con los estándares requeridos y continúen mejorando sus prácticas en la producción orgánica de palto.

Uno de los aspectos importantes que hacen que la producción orgánica sea más sostenible económicamente es la certificación, la cual influye en el precio de venta adicional que reciben, lo que fortalece su sustentabilidad de esta dimensión. Además, la certificación ofrece la seguridad de producir alimentos más saludables, ya que garantiza al consumidor adquirir productos más sanos.

El análisis general del subindicador (C1) Diversificación de productos para la venta (número de productos que saca a la venta) reveló que el 50 por ciento de los productores de palta sacaron a la venta la palta junto con otros dos productos, mientras que el 38 por ciento vendió palta junto con un producto adicional, y solo el 12 por ciento vendió más de tres productos además de la palta. Mayormente las especies que sacan a la venta son leguminosas, frutales como cítricos, maracuyá y otras especies. El bajo promedio en este subindicador pueden explicarse por el hecho de que, a pesar de la alta diversidad vegetal en los predios de palto orgánico, estos productos no necesariamente son destinados a la venta, sino que son considerados como parte del sistema de cultivo orgánico, y algunos son destinados al autoconsumo de los productores. Otras investigaciones en el cultivo de palto convencional también respaldan la idea de que la diversificación de productos para la venta en los cultivos de palto es un punto crítico a tener en cuenta (Bedoya y Julca 2021a; Collantes y Rodríguez 2015; Apaza 2019).

Los resultados de sustentabilidad económica en el cultivo de palto convencional en otras zonas productoras varían. En la provincia de Cañete, de los cinco tipos de fincas evaluadas, solo el grupo III obtuvo un valor mayor a 2.0, mientras que los demás grupos no alcanzaron el valor mínimo de sustentabilidad. Esto se debió principalmente a la baja calidad de exportación, la incidencia de plagas y la dependencia de insumos externos (Collantes y Rodríguez 2015). En la Irrigación Chavimochic, por otro lado, todos los fundos evaluados fueron económicamente sustentables, principalmente debido a los ingresos netos por campaña (Apaza 2019). Por otro lado, en la región Moquegua, el 79 por ciento de fincas no fueron económicamente sustentables. Esto se debió principalmente a los ingresos mensuales precarios, la fuerte incidencia de enfermedades,

la alta dependencia de insumos externos, la pobre diversificación y la escasez de canales de comercialización (Bedoya y Julca 2021a).

Tabla 26. Indicadores de sustentabilidad económica (IK), de predios productores de palto orgánico en la región Lima

Indicador económico	Subindicadores	Grupo I	Grupo II	Grupo III
A. Rentabilidad	A1. Productividad (t/ha)	1.3	3.2	2.2
	A2. Calidad de exportación	3.6	4.0	3.6
	A3. Incidencia de plagas	3.3	3.8	3.3
	A4. Costos de producción (US\$/ha)	4.0	2.7	4.0
	A5. Número de certificaciones	1.4	3.3	2.5
B. Ingreso neto por campaña	B1. Ingreso neto/ha/campaña (US\$/ha)	2.3	4.0	3.7
C. Riesgo económico	C1. Diversificación de productos de venta	1.7	2.0	1.7
	C2. Dependencia de insumos externos	3.4	2.7	3.1
Índice de sustentabilidad económica (IK)		2.8	3.5	3.3

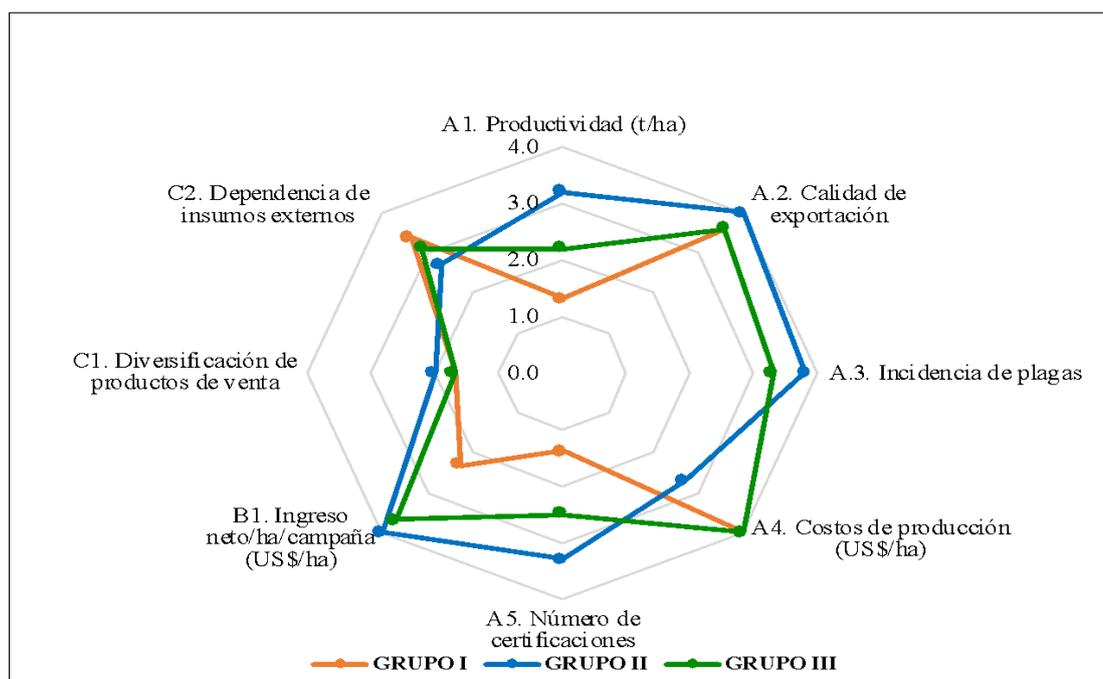


Figura 42. Diagrama de valores de los indicadores de sustentabilidad económica (IK) de los predios productores de palto orgánico en la región Lima

4.4.3. Sustentabilidad social

El índice sustentabilidad social (IS) para cada grupo de predios alcanzaron valores mayores a 2. Todos los predios de palto orgánico fueron sustentables socialmente según la metodología aplicada (Tabla 28 y Figura 43). Estos resultados muestran que los productores de palto orgánico tienen acceso a educación, acceso a servicios de salud, buena afiliación a organizaciones, alto conocimiento en BPA y conciencia ecológica, la mayoría de productores elaboran los insumos agrícolas. Las empresas exportadoras han realizado capacitaciones en BPA y elaboración de insumos, lo que beneficia a la sostenibilidad social. Según Sarandón (2002), un sistema será sustentable en la dimensión socio-cultural si mantiene o mejora el capital social, ya que este es el que pone en funcionamiento el capital natural o ecológico. La dimensión social es prioritaria en el desarrollo de alternativas de sostenibilidad, importante en el proceso de organización de los productores para innovar los sistemas de producción (Candelaria-Martínez *et al.* 2014). Además los indicadores sociales están orientados a evaluar la satisfacción del productor, su calidad de vida y la integración social (Sarandón *et al.* 2006).

La cercanía de los predios de la mayoría de los productores de palto orgánico a los centros poblados, a la ciudad de Huacho, Huaura, Supe, Sayán, Barranca, entre otros, hacen posible que la familia de los productores tengan acceso a educación y a las redes de salud disponibles, fortaleciendo el índice de sustentabilidad social. Según Bernal (2014) la educación favorece la autonomía de las personas y brinda posibilidad de autogestionar sus vidas, mediante la generación de capacidades nuevas y enriquecimiento personal y social, que permite establecer nuevas oportunidades de bienestar y calidad de vida.

Sin embargo, es importante señalar que los productores del Grupo I, en los indicadores manejo de registros (D2) y servicios básicos (A3) tuvieron valores promedio de 2.0 (Tabla 28 y Figura 43), aunque según la metodología utilizada se considera sustentable, esto podría debilitar la sustentabilidad. Respecto al manejo de registros, todos los productores registran las labores que realizan en el predio, el problema observado que muchos productores no tenían registros actualizados y ordenados tanto en el Grupo I y predios del Grupo III, generalmente lo hacen a destiempo y en muchos casos no utilizan el formato oficial que les proporciona la empresa exportadora. Los registros son

instrumentos que debe manejar correctamente el productor orgánico, ya que constituyen parte del sistema de trazabilidad del producto para demostrar el cumplimiento de las normas de producción orgánica. Por lo tanto, se debe considerar este aspecto en los programas de capacitación y seguimiento por parte de la empresa que le brinda asesoría, la certificadora e instituciones responsables.

Todos los productores están afiliados a algún tipo de organización como por ejemplo junta de usuarios de riego, asociación de productores orgánicos, entre otros. En otros sistemas de producción orgánica como el del cultivo de quinua, el sistema de producción orgánica tuvo el mayor índice de sustentabilidad que el sistema convencional, debido a que los productores están organizados en función de un mercado de destino, y supervisados por un organismo certificador que les da soporte (Pinedo *et al.* 2017).

Tabla 27. Indicadores de sustentabilidad social (IS), de predios productores de palto orgánico en la región Lima

Indicador social	Subindicadores	Grupo I	Grupo II	Grupo III
A. Satisfacción de necesidades básicas	A1. Acceso a la educación	3.6	3.7	3.7
	A2. Acceso a salud y cobertura sanitaria	2.1	3.2	2.9
	A3. Servicios	2.0	3.3	2.7
B. integración social	B1. Participación en organizaciones	3.0	3.3	2.9
C. Conocimiento de BPA y conciencia ecológica	C1. Conocimiento de BPA	3.2	3.7	3.2
	C2. Visión y concepto del agroecosistema	3.2	3.7	3.1
D. Autogestión en el predio	D1. Elabora sus insumos	2.7	3.2	2.9
	D2. Maneja registros de campo	2.0	3.0	2.2
Índice de sustentabilidad social (IS)		2.7	3.4	3.0

Resultados de investigaciones en otras zonas productoras de palto respecto a la sustentabilidad social, muestran que todas las fincas de palto evaluadas en Cañete fueron sustentables socialmente, principalmente a que la satisfacción de servicios básicos, acceso a educación y salud fueron casi completos (Collantes y Rodríguez 2015), resultado similar fue reportado para los fundos de la Irrigación Chavimochic, sobresaliendo los servicios básicos, salud y buenas prácticas agrícolas (BPA) (Apaza 2019). Por otro lado, en Moquegua el 60 por ciento de las fincas productoras de palto

no fueron socialmente sustentables, principalmente por el bajo conocimiento y conciencia ecológica, integración social, el acceso a vivienda y salud que fueron insuficientes (Bedoya y Julca 2021a).

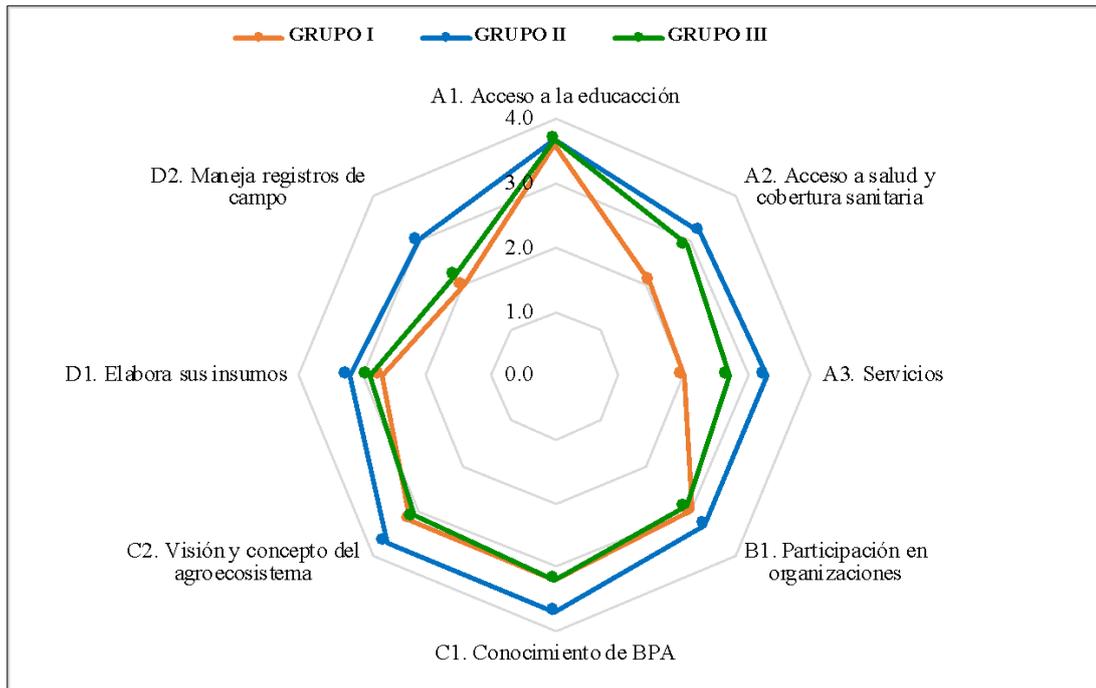


Figura 43. Diagrama de valores de los indicadores de sustentabilidad social (IS) de los predios productores de palto orgánico en la región Lima

4.4.4. Sustentabilidad general

Los resultados de este estudio muestran que el Índice de Sustentabilidad General (ISGen) para todos los grupos de predios productores de palto orgánico tienen índices de las tres dimensiones ambiental, económico y social mayores al umbral de 2 (Tabla 28 y Figura 44. De acuerdo con Sarandón *et al.* (2006); Sarandón (2002); Sarandón y Flores (2009), para que una finca sea considerado sustentable el índice general (ISGen) debe ser superior a 2 y ninguna de las tres dimensiones (IAm, IK y IS) debe tener un valor inferior a dos. De acuerdo con este criterio todos los predios productores de palto orgánico evaluados en este estudio son sustentables.

En el Perú, no se tiene referencias sobre la evaluación de la sustentabilidad de predios productores de palto orgánico utilizando los indicadores mostrados en este estudio. Pero existen experiencias en palto convencional; Apaza (2019) evaluó la sustentabilidad de fundos en la Irrigación Chavimochic, donde encontró que solo los fundos con áreas

grandes (tipo III) fueron sustentables, básicamente por la conexión directa a mercados externos y menor uso de pesticidas de alto impacto. Por otro lado, Collantes y Rodríguez, (2015) evaluaron la sustentabilidad de palto convencional la provincia de Cañete, encontraron que sólo las fincas del grupo III (4 fincas) fueron sustentables. En el distrito de Supe, Ayora (2015) encontró que dentro de los cultivos con índices de sustentabilidad aceptable estuvo el palto. Mientras que en la región Moquegua Bedoya y Julca (2021a) indicaron que solo el 27 por ciento de las fincas productoras de palto fueron sustentables.

En los últimos años, se han empleado los mismos criterios para evaluar la sustentabilidad en otros cultivos como el camote, el limón, la papa, el café, la fresa, el maíz y la naranja. Los resultados indicaron que la mayoría de las fincas evaluadas no fueron sustentables (Valverde 2023; Valarezo *et al.* 2020; Díaz 2019; Coaquira 2020; Gonzales *et al.* 2020; Guevara y Vasquez 2019; Ruiz *et al.* 2019; Santistevan *et al.* 2018; Contreras 2018). Por otro lado, al evaluar agroecosistemas orgánicos en cultivos de quinua, granadilla y café, han demostrado que estas fincas son más sustentables (Maldonado-Vásquez *et al.* 2023; Rojas-Ruiz *et al.* 2021; Pinedo-Taco *et al.* 2018; Marquez *et al.* 2016; Pacheco 2018). Otros estudios en el contexto internacional, evaluaron la sostenibilidad de tres sistemas de producción (orgánico, convencional y mixto), los resultados mostraron que el sistema orgánico tuvo valores más altos de sustentabilidad que el sistema integrado y convencional (Reganold *et al.* 2001; Pacini *et al.* 2003). Al estudiar los cultivos hortícolas orgánicos, se encontró que estos presentaban mayores valores de sustentabilidad ecológica que socioeconómica (Dellepiane y Sarandón 2008). Esto resultados muestran que los agroecosistemas orgánicos podrían tener mayores posibilidades de mantenerse por encima del umbral mínimo de sustentabilidad, pero es necesario que se mejoren los puntos críticos encontrados.

Finalmente, los resultados de esta investigación, demuestran que el cultivo orgánico de palto en la zona de estudio se constituye como uno de los cultivos de agroexportación más promisorios, debido a los componentes importantes que permiten emplear tecnologías sustentables en el proceso de producción, lo cual lo diferencia de la producción convencional. No obstante, existe la necesidad de fortalecer los puntos críticos, principalmente el método de riego e incrementar la incorporación de fuentes

orgánicas al suelo, esencialmente en los predios de los grupos I y III. Para ello, es indispensable implementar sistemas de riego localizado que permitan optimizar y rentabilizar dicho recurso, aunque esto implique una mayor inversión, con el fin de incrementar el rendimiento del cultivo. Asimismo, se requiere un acceso adecuado a los servicios básicos en algunas localidades, lo cual requiere involucrar otras instancias, como los gobiernos locales y regionales, a fin de reducir el riesgo de la sustentabilidad del sistema de producción.

Tabla 28. Resumen del análisis de sustentabilidad en los tres grupos de palto orgánico en la zona de estudio

INDICADORES	Grupo I	Grupo II	Grupo III
Índice de Sustentabilidad Ambiental (IAM)	2.6	3.4	2.9
Índice de Sustentabilidad Económica (IK)	2.8	3.5	3.3
Índice de Sustentabilidad Social (IS)	2.7	3.4	3.2
Índice de Sustentabilidad General (ISGen)	2.7	3.4	3.1

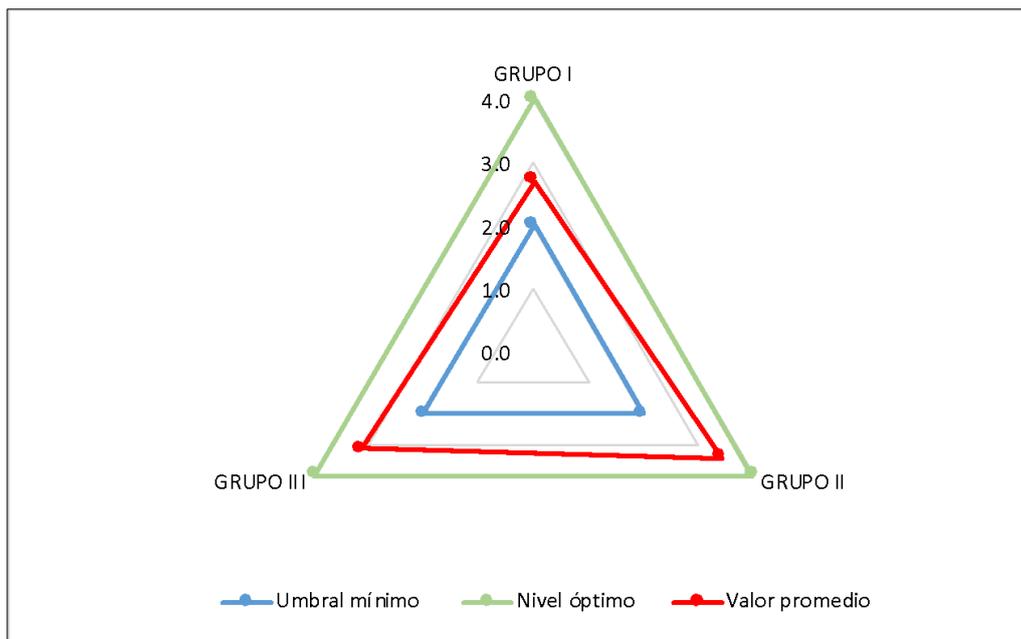


Figura 44. Diagrama de valores de indicador de sustentabilidad general (ISGen) de los predios productores de palto orgánico en la región Lima

V. CONCLUSIONES

5.1. Descripción del contexto físico el cual se desarrollan los sistemas de producción de palto orgánico en las provincias de Huaura y Barranca, región Lima, Perú

La zona de estudio presenta condiciones climáticas favorables para la producción de palto orgánico. Los contenidos de materia orgánica en los suelos son bajos en todas las localidades, lo que podría ser una limitante para el cultivo; mientras que los contenidos de fósforo y potasio varían de bajos a moderados. La textura de los suelos es una característica favorable al desarrollo del cultivo. El recurso hídrico está disponible todo el año, pero la infraestructura de riego es insuficiente ya que la mayor proporción está conformada por acequias o canales de poca capacidad y carece de un adecuado mantenimiento.

5.2. Caracterización de los predios productores de palto orgánico en las provincias de Huaura y Barranca, región Lima, Perú

El cultivo de palto orgánico en la zona de estudio es una alternativa rentable, debido al precio de venta que reciben los productores, a la articulación directa con la empresa exportadora, al alto porcentaje de fruta exportable y al mercado más diversificado gracias a las certificaciones. A pesar de los bajos rendimientos, el ingreso neto fue alto. Para incrementar el rendimiento y la calidad del fruto es necesario mejorar significativamente el manejo técnico del cultivo, mediante la instalación de sistema de riego localizado, incrementar el aporte de materia orgánica como fuente de N orgánico, las dosis de fósforo, potasio y las aplicaciones foliares.

Los factores que más influyeron en el rendimiento del cultivo fueron el sistema de riego, el aporte de materia orgánica como fuente de nitrógeno orgánico, las dosis de fósforo y potasio, el número de jornales y el número de aplicaciones foliares. En cuanto al ingreso neto, esta fue determinada por el rendimiento de frutos de mejor calidad, el número de certificaciones, el precio de venta y el número de mercados;

estas últimas dos variables no dependen directamente del productor, sino de la empresa exportadora.

Existen tres grupos de predios productores de palto orgánico, donde el tamaño de predio, las certificaciones, el manejo técnico del cultivo, el rendimiento y el ingreso neto son las variables con mayor importancia que diferenciaron a los grupos.

5.3. Efectividad de diferentes fuentes orgánicas en el rendimiento y calibre de frutos de palto 'Hass', en la provincia de Huaura, región Lima, Perú

La aplicación de abonos orgánicos ensayados en el presente estudio incrementaron significativamente el rendimiento de frutos de categorías y calibres altamente exportables en comparación al control. Por los resultados obtenidos se destaca que el compost, estiércol de gallina y guano de las islas presentaron mayores rendimientos.

El guano de las islas no alcanzó los resultados esperados debido a su pobreza nutricional, ya que tuvo apenas un tercio de la cantidad de N que contiene el guano de las islas común en el Perú, lo que sugiere una posible adulteración.

5.4. Sustentabilidad de los predios productores de palto orgánico en las provincias de Huaura y Barranca, región Lima, Perú

Todos los predios productores de palto orgánico fueron sustentables, pero es necesario mejorar los puntos críticos identificados. Para ello, es fundamental implementar sistemas de riego localizado e incrementar la incorporación de fuentes orgánicas al suelo, principalmente en los predios de los grupos I y III. Asimismo, es importante mejorar el acceso a los servicios básicos en las zonas rurales. Estas acciones contribuirán a direccionar los lineamientos de investigación y desarrollo orientados a mejorar la sustentabilidad de predios productores de palto orgánico de la zona de estudio.

VI. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones generales para los productores incluyen:

Implementación de sistemas de riego más eficientes, como el riego localizado, con la finalidad de mejorar el uso de los recursos hídricos, así como aumentar significativamente el rendimiento y la calidad de los frutos de palto orgánico en la zona de estudio.

Incrementar la incorporación de fuentes orgánicas al suelo como fuente de N, aportes de P_2O_5 y K_2O para mejorar el rendimiento y la calidad de frutos, de acuerdo con las normas orgánicas vigentes.

Verificar la calidad nutricional del guano de las islas, mediante un análisis químico de laboratorio, con la finalidad de determinar si cumple con los estándares nutricionales de calidad para garantizar el aporte de los nutrientes necesarios al cultivo.

A las autoridades y entidades responsables:

Los resultados de este estudio son fundamentales para la toma de decisiones acertadas por parte de las autoridades responsables, con el fin de desarrollar planes que mejoren los sistemas de producción de palto orgánico en la zona de estudio. Por lo tanto, es imprescindible compartir los resultados obtenidos con las autoridades competentes.

A los futuros investigadores:

Debido a la respuesta positiva en rendimiento y calibre de los frutos del cultivo de palto tras la aplicación de fuentes orgánicas, se recomienda evaluar los efectos de las fuentes orgánicas en ensayos a largo plazo.

Incorporar indicadores como estabilidad económica, huella hídrica e incidencia de enfermedades en el análisis de sustentabilidad del cultivo de palto orgánico

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto-Rodríguez, C., Mori, G., Panduro, M., Castro, E., Dávila, E. y Oliveira, E. 2019. Uso de biofertilizantes en el desarrollo vegetativo y productivo de plantas de camu-camu en Ucayali, Perú. *Revista Ceres*, 66(2): 108-116.
- Abbasi, M. y Khaliq, A. 2016. Nitrogen mineralization of a loam soil supplemented with organic–inorganic amendments under laboratory incubation. *Frontiers in plant science*, 7(1038): 1-9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01038>
- Abbott, L. y Manning, D. 2015. Soil health and related ecosystem services in organic agriculture. *Sustainable Agriculture Research*, 4(3): 115-125. <http://dx.doi.org/10.5539/sar.v4n3p116>
- Aburto-González, C., Alejo-Santiago, G., Ramírez-Guerrero, L. y Sánchez-Hernández, R. 2017. Concentración foliar de macronutrientes en diferentes etapas fenológicas del litchi cv. Brewster. *Interciencia*, 42(7): 441-445.
- Accame, S., Blanco, A., Sancho, M. y Vásquez, L. 2018. Análisis de los pequeños productores de palto en el Perú. Propuestas para la mejora de su rendimiento productivo. Tesis para optar el grado de maestro en administración. Escuela de Administración de Negocios para graduados – ESAN. Lima-Perú.
- Acevedo-Sandoval, O., Velázquez-Rodríguez, A. y Flores-Román, D. 2001. Agregación por especies vegetales y abonos orgánicos en tepetates fracturados en condiciones de invernadero. *Terra Latinoamericana*, 19(4): 363-373.
- Asociación de Exportadores – ADEX. 2018. La Palta en la alianza del pacífico. Centro de investigación de economía y negocios. Disponible <https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2019/08/Palta-Alian-za-del-Pacifico1.pdf>.
- Agraria.pe. 2022a. Exportación peruana de palta a Países Bajos en 2021 representó el 33 por ciento del total a nivel mundial, siendo el principal destino de esta fruta. Disponible

https://www.agraria.pe/index.php/noticias/exportacion-peruana-de-palta-a-paises-ba-jos-en-2021-represen-27493.

Agraria.pe. 2022b. ProHass: Actualmente existen 60 091 hectáreas de palta Hass en nuestro país, representando un aumento de 19 por ciento frente a 2021. Disponible <https://agraria.pe/noticias/prohass-actualmente-existen-60-091-hectareas-de-palta-hass-e-29908>.

Agraria.pe. 2022c. Servicio Nacional de Sanidad Agraria: 118 061 agricultores se dedican a la producción orgánica en Perú. Disponible <https://agraria.pe/noticias/senasa-118-061-agricultores-se-dedican-a-la-produccion-organ-29853?fbclid=IwAR3z9DipnmFPN15kx7lJaAJp4KJK-TdT-71e-DfN4ewXCMrh-WsamsMbBbg>.

Agroperú.pe. 2021. Cada año hay 10 mil hectáreas nuevas con riego por goteo. Ciencia e innovación, noticias. Disponible <https://www.agroperu.pe/cada-ano-hay-10-mil-hectareas-nuevas-con-riego-por-goteo-en-peru/#:~:text=%E2%80%9CA%20actualmente%20el%20Per%C3%BA%20posee%20alrededor,riego%20presurizado%20en%20el%20mundo>.

Aguilar, M., López J., Cortés, F., Samano, R. y Martínez, A. 1993. Evaluación preliminar de fertilización con gallinaza y fertilizantes inorgánicos en árboles de aguacate (*Persea americana* Mill) cv. Fuerte. Fundación Salvador Sánchez Colín. Coatepec Harinas, México, pp. 29-35.

Aguilar, M., López J., Cortés F., Samano, R. y Martínez, G. 1997. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en el crecimiento, producción y estado nutrimental del aguacate.. Fundación Salvador Sánchez Colín. Coatepec Harinas, México, pp. 32-37.

Aguilera-Montañez, J., y Salazar-García, S. 1991. The avocado industry in Michoacán México. South African avocado growers' association yearbook, 14: 94-97.

Aguilera-Montañez, J., Tapia-Vargas, L., Vidales-Fernández, I. y Salazar-García, S. 2005. Contenido nutrimental en suelo y hojas de aguacate en huertos establecidos en Michoacán y comparación de métodos para interpretación de resultados. INIFAP, Campo experimental Uruapan. Michoacán, México. Folleto técnico 2. 28 p.

- Aguirre, S., Carreón, L., Varela, J., García y Bárcenas, A. 2007. Evaluación de la materia orgánica y de microorganismos en suelos de huertos de aguacate *Persea americana* Mill. en Uruapan Michoacan. VI World avocado congress. Viña del Mar, Chile.
- Aguirre, V. 2016. Exploración de fuentes orgánicas y minerales no convencionales como alternativas para la fertilización de cultivos. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph.D.) en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Altieri, M. 1999. Agroecología, bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo. 325 p.
- Altieri, M. y Nicholls, C. 2000. Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable.
- Alvarado, L. 2013. Evaluación de la sustentabilidad de la producción orgánica del café a través de la medición de eficiencia económica con variables ambientales. *Natura@economía*, 1(2): 91-110.
- Antúnez, A., Mora, D. y Felmer, S. 2010. Eficiencia en sistemas de riego por goteo en el secano. INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias - Chile). pp. 40-43. Disponible https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/06/EFICIENCIA_EN_SISTEMAS_DE_RIEGO.pdf
- Apaza, W., Quiroz, P. y Julca, A. 2019. Characterization of avocado and asparagus farms in the Chavimochic irrigation project in La Libertad, Perú. *Peruvian Journal of Agronomy*, 3(3):91-103.
- Apaza, W. 2019. Sustentabilidad de los fundos productores de palto y espárrago en la irrigación Chavimochic. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph.D.) en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Apaza, W., Villavicencio, Y., Moreno, R. y Huallanca, C. 2015. Comportamiento de los cinco patrones de palto más utilizados en la Irrigación de Chavimochic a la pudrición radicular ocasionada por *Phytophthora cinnamomi*. VIII Congreso mundial de la palta, Lima - Perú. Libro de Resúmenes, p. 38.

- Aquino, C. 2018. Sustentabilidad del cultivo de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en la zona del valle del Mantaro, Perú. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph.D.) en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Aquino, C., Camarena, F., Julca, A. y Jiménez, J. 2018. Caracterización multivariada de fincas productoras de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) del Valle de Mantaro, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 9(2): 269-279.
- Arancón, N., y Edwards, C. 2005. Effects of vermicomposts on plant growth. In International Symposium Workshop on Vermitechnology. Philippines.
- Askegaard, M., Olesen, J., Rasmussen, I., y Kristensen, K. 2011. Nitrate leaching from organic arable crop rotations is mostly determined by autumn field management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 142(3):149-160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2011.04.014>
- Ataucusi, S. 2015. Manejo técnico del cultivo del palto. Primera Edición - Cáritas del Perú. PRA-Buenaventura. Lima, Perú. 41p. Disponible <http://draapurimac.gob.pe/sites/default/files/revis-tas/Manual%20Palta%20F.pdf>
- Atiyeh, R., Arancon, N., Edwards, C. y Metzger, J. 2000. Influence of earthworm processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology*, 75(3): 175–180.
- Ávila, P. 2018. La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula rasa*, (28): 409-423.
- Ayora, L. 2015. Determinación de atributos y evaluación de la sustentabilidad de parcelas agrícolas (fincas) en la cuenca media y baja del río Supe, Barranca. *Aporte Santiaguino*, 8(2): 229-240.
- Baíza, A. 2003. Guía técnica del cultivo del aguacate. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA. Editorial MAYA. 69 p.
- Banco Mundial. 2013. El futuro del riego en el Perú. Desafíos y recomendaciones. Volumen I: Informe de síntesis. 63p.

- Baranski, M., Srednicka-Tober, D., Volakakis, N., Seal, C., Sanderson, R., Stewart, G., Benbrook, C., Biavati, B., Markellou, E., Giotis, C., Gromadzka-Ostrowska, J., Rembiałkowska, E., Skwarło-Son, K., Tahvonon, R., Janovska, D., Niggli, U., Nicot, P. y Leifert, C., 2014. Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *British Journal of Nutrition*, 112(5): 794-811.
- Barbarika, A., Sikora, L., y Colacicco, D. 1985. Factors affecting the mineralization of nitrogen in sewage sludge applied to soils. *Soil Science Society of America Journal*, 49(6): 1403-1406.
- Barlow, T. 2002. La agricultura orgánica se abre paso en el mundo. *Financial Times. Diario El Universal*, 2.
- Barreto, J. 2017. Caracterización y sostenibilidad de los sistemas agropecuarios tradicionales de Carhuaz, Ancash, Perú. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph.D.) en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Barrezueta S. 2015. Introducción a la sostenibilidad agraria: Con enfoque de sistemas e indicadores. Universidad Técnica de Machala. Primera edición. 69 p.
- Barrientos-Priego, A., Muñoz-Pérez, R., Borys, M. y Martinez-Damián, T. 1999. Cultivares y portainjertos del aguacate. En Teliz, D. (ed.). *El Aguacate y su manejo integrado*. Mundi Prensa, México, pp. 25-54.
- Batallanos, V. 1999. Efecto de fuentes y niveles de materia orgánica en el rendimiento del cultivo de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) cv 'Oscar blanco' en un suelo de la Irrigación Majes. Tesis Ing. Agr. UNSA. Arequipa - Perú.
- Bedoya, E., y Julca, A. 2020. Caracterización de fincas productoras del cultivo de palto en la región Moquegua, Perú. *Idesia* (Arica), 38(3): 59-67.
- Bedoya, E. 2021. Sustentabilidad del cultivo de Palto (*Persea americana* Mill.) en la provincia Mariscal Nieto, Moquegua. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph.D.) en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.

- Bedoya, E., y Julca, A. 2021a. Sustentabilidad de las fincas de palto (*Persea americana* Mill.) en la región Moquegua, Perú. *RIVAR* (Santiago), 8(22): 36-50.
- Bedoya, E., y Julca, A. 2021b. Efecto de la materia orgánica en el cultivo de palto variedad Fuerte en Moquegua, Perú. *Idesia* (Arica), 39(4): 111-119.
- Beltrán-Morales, F.A., García-Hernández, J., Ruiz-Espinoza, F., Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M., González-Zamora, A. y Valdez-Cepeda, D. 2016. Efectos de sustratos orgánicos en el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 3(7): 143-149.
- Ben-Ya'acov, A., y Michelson, E. 1995. Avocado rootstocks. *Horticultural reviews-westport then New York-*, 17: 381-429.
- Bergh, B.O. 1992. The origin, Nature, and genetic improvement of avocado. *California Avocado Society Yearbook*, 77: 61-75.
- Bernal, A. 2014. La función de la educación para la creación de las capacidades centrales. *Edetania*. (46):123-140.
- Bernal, J. y Díaz, C. 2005. Tecnología para el cultivo de aguacate. Manual técnico 5. Corpoica. Centro de Investigación La Selva. Rionegro, Antioquia, Colombia. <https://1library.co/document/zx51mewq-tecnologia-para-el-cultivo-del-aguacate.html>
- Bernal, M., y Kirchmann, H. 1992. Carbon and nitrogen mineralization and ammonia volatilization from fresh, aerobically and anaerobically treated pig manure during incubation with soil. *Biology and Fertility of Soils*, 13(3): 135-141.
- Bertsch, F. 2003. Abonos orgánicos: manejo de la fracción orgánica y de los aspectos biológicos del suelo, p.133. In: Meléndez, E. Molina (eds). Fertilizantes: características y manejo. ACCS, Costa Rica.
- Bevacqua, R. y Mellano, V. 1993. Sewage sludge compost, cumulative effects on crop growth and soil properties. *Compost Science Utilization*, 1(3): 34-37.
- Bio Suisse. 2020. Standards for the Production, Processing and Trade of "Bud" Products. Disponible en https://www.bio-suisse.ch/media/VundH/Regelwerk/2020/EN/bio_suisse_richtlinien_2020_-_en.pdf

- Blueberriesconsulting. 2021. Perú: Los cuatro productos orgánicos con mayor potencial agroexportador para este año. <https://blueberriesconsulting.com/los-cuatro-productos-organicos-con-mayor-potencial-agroexportador-para-este-ano/>
- Böhringer, C. y Jochem, P. 2007. Measuring the immeasurable. A survey of sustainability indices. *Ecological Economics*, 63(1): 1-8.
- Bonilla, N., Cazorla, F., Martínez-Alonso, M., Hermoso, J., González-Fernández, J., Gaju, N., Landa, B. y De Vicente, A. 2012. Organic amendments and land management affect bacterial community composition, diversity, and biomass in avocado crop soils. *Plant and Soil*, 357(1): 215-226. doi:10.1007/s11104-012-1155-1.
- Bost, J., Smith, N. y Crane, J. 2013. History, distribution and uses. In the avocado, botany, production and uses. Schafer, B., Wlastenhole N. y Whiley, W. (eds). Oxfordshire, UK CABI. pp. 10-30.
- Bouldin, D., Klausner, S., y Reid, W. 1984. Use of nitrogen from manure. Nitrogen in crop production, pp. 221-245.
- Bradman, A., Quiros-Alcala, L., Castorina, R., Schall, R., Camacho, J., Holland, N., Barr, D. y Eskenazi, B. 2015. Effect of organic diet intervention on pesticide exposures in young children living in low-income urban and agricultural communities. *Environmental health perspect*, 123(10): 1086-1093. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1408660>.
- Brady, N. y Weil, R. 2008. The nature and properties of soils. 14th ed.; Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, USA.
- Brandt, K. y Molgaard, J. 2001. Organic agriculture: Does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods?. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81(9): 924-931.
- Brandt, K., Leifert, C., Sanderson, R. y Seal, C. 2011. Agroecosystem management and nutritional quality of plant foods: the case of organic fruits and vegetables. *Critical Reviews in Plant Science*. 30(1-2): 177–197.
- Brock, C., Oltmanns, M., Matthes, C., Schmehe, B., Schaaf, H., Burghardt, D., Horst, H. y Spieß, H. 2021. Compost as an option for sustainable crop production at low stocking

rates in organic farming. *Agronomy*, 11(6): 1078.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11061078>.

Bruuselma, T. 2002. Productividad de los sistemas orgánicos y convencionales de producción de cultivos. *Informaciones agronómicas* N° 51. Instituto de la Potasa y el Fósforo de Canadá y Noroeste de los Estados Unidos. 4p.

Buendía, M. 2015. Cultivo, producción y comercialización de paltos. Lima, Perú, Editorial Macro. 215 p.

Burges, A., Fievet, V., Oustriere, N., Epelde, L., Garbisu, C., Becerril, J. y Mench, M. 2020. Long-term phytomanagement with compost and a sunflower–Tobacco rotation influences the structural microbial diversity of a Cu-contaminated soil. *Science of the total Environment*, 700: 134529. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134529>

Cáceres, H. y Julca, A. 2018. Caracterización y Tipología de fincas productoras de vid para pisco en la región de Ica-Perú. *Idesia* 36(3): 35-43.

Calabrese, F. 1992. El aguacate. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España 249 p.

Calderón, F., McCarty, G., y Reeves, J. 2005. Analysis of manure and soil nitrogen mineralization during incubation. *Biology and Fertility of soils*, 41(5): 328-336.

Calvente, A. 2007. Socioecología y desarrollo sustentable: el concepto moderno de sustentabilidad. Universidad Abierta Interamericana. Argentina. 7 p.

Camacho, M., Arauz, N. Barboza, H. Martínez y Arias, J. 2015. Caracterización de productores de hortalizas orgánicas distribuidas en la gran área metropolitana (GAM), Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 39(2):131-142.

Camino, R. y Muller, S. 1993. Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores

Campos, J., Álvarez, M., Maldonado, R. y Almaguer, G. 2020. Aplicación de abonos orgánicos en el rendimiento y desarrollo radicular en el cultivo de aguacate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(2), 263-274.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.2301>

- Candelaria-Martínez, B., Ruiz-Rosado, O., Pérez-Hernández, P., Gallardo-López, F., Vargas-Villamil, L., Martínez-Becerra, Á. y Flota-Bañuelos, C. 2014. Sustentabilidad de los agroecosistemas de la microcuenca Paso de Ovejas 1, Veracruz, México. *Cuadernos de desarrollo rural*, 11(73), 87-104.
- Carranza-Guzmán, T. y Delgado-Villena, J. 2020. Análisis de la trazabilidad en las exportaciones de palta fresca de las empresas exportadoras con certificación orgánica de la región Lima a Países Bajos en el periodo del 2013 al 2019. Tesis Licenciatura en Negocios Internacionales. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Disponible <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/653745>.
- Carrazón, J. 2007. Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego. Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Honduras. 218 p. Disponible <https://www.fao.org/3/at787s/at787s.pdf>
- Castañeda, J. 2017. Mercado de productos agrícolas ecológicos en Colombia. *Suma de Negocios*, 8(18): 156-163.
- Castellanos, J. y Pratt, P. 1981. Mineralization of manure nitrogen correlation with laboratory indexes. *Soil Science Society of America Journal*, 45(2): 354-357. <https://doi.org/10.2136/sssaj1981.03615995004500020025x>
- Castro, A., Dávila, C., Laura, W., Cubas, F., Ávalos, G., López, C., Vilena, M., Urbiola, J., Trebejo, I., Menis, L. y Marín, D. 2021. Climas del Perú: mapa de clasificación climática nacional. In Climas del Perú: mapa de clasificación climática nacional. SENAMHI y MINAM. 70 p.
- Cámara de Comercio de Lima - CCL. 2019. Perú rompe récord de exportación de palta. *Revista de comercio exterior*. 4 marzo del 2019.
- Celestina, C., Hunt, J., Sale, P. y Franks, A. 2019. Attribution of crop yield responses to application of organic amendments: A critical review. *Soil and Tillage Research*, 186: 135-145. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.10.002>
- Cervantes P., Yahia E., Ornelas P., Victoria C., Pérez M. y Reyes, H. 2021. Bioaccessibility of fat-soluble bioactive compounds (FSBC) from avocado fruit as affected by ripening

and FSBC composition in the food matrix. *Food Research International*, 139:109960.
[https:// doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109960](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109960)

Céspedes, C. 2012. Producción hortofrutícola orgánica. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones Agropecuarias - INIA. Centro regional de Investigación Quilamapu. Boletín INIA N° 232. Gobierno de Chile. Disponible en <http://static.elmercurio.cl/Documentos/Campo/2013/02/11/20130211174432.pdf#page=12>.

Chae, Y. y Tabatabai, M. 1986. Mineralization of nitrogen in soils amended with organic wastes. *Journal of Environmental Quality* 1986 (15): 193-198.

Chen, B., Liu, E., Tian, Q., Yan, C. y Zhang, Y. 2014. Soil nitrogen dynamics and crop residues. A review. *Agronomy Sustainable Development*, 34(2): 429-442.
<https://doi.org/10.1007/s13593-014-0207-8>.

Centre de Cooperation International en Recherche Agronomique pour le Développement y Hass Avocado Board – CIRAD y HAB. 2019. Perú making giant strides. Disponible en <https://hassavocadoboard.com/wp-content/uploads/2019/08/hab-marketers-country-profiles-2019-peru.pdf>.

Clark, B. y Foster, J. 2012. Imperialismo ecológico y la fractura metabólica global. Intercambio desigual y el comercio de guano/nitratos. *Theomai*, (26). Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12426097005>

Clocchiatti, A., Hannula, S., Van Den Berg, M., Korthals, G., y De Boer, W. 2020. The hidden potential of saprotrophic fungi in arable soil: Patterns of short-term stimulation by organic amendments. *Applied Soil Ecology*, 147: 103434.

Coaquira, R. 2020. Sustentabilidad de las unidades productoras de Papa (*Solanum tuberosum* L.) con fertilización en semillas del agricultor y certificada. Jauja, Perú. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph.D.) en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú

Codex alimentarius. 2013. Norma para el aguacate CXS 197-1995. Adoptada en 1995. Enmendada en 2005. Revisada en 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/fao-who->

codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B197-1995%252FCXS_197s.pdf

- Collantes, R. 2016. Sustentabilidad de agroecosistemas de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus spp.*) en Cañete, Lima – Perú. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph.D.) en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Collantes, R. y Rodríguez, A. 2015. Sustentabilidad de los agroecosistemas de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus spp.*) en cañete, Lima, Perú. *Revista Tecnología y Desarrollo*, 13(1):027-034.
- Collantes, R., Rodríguez, A. y Canto, M. 2015. Caracterización de fincas productoras de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus spp.*) en Cañete, Lima, Perú. *Aporte Santiaguino*, 8(1): 33-44. <https://doi.org/10.32911/as.2015.v8.n1.241>
- Condrón, L., y Tiessen, H. 2005. Interactions of organic phosphorus in terrestrial ecosystems. *In organic phosphorus in the environment*, pp. 295-307. Wallingford UK: CABI publishing.
- Consejo de la Unión Europea. 2018. Reglamento (UE) 2018/848 del parlamento Europeo y del consejo de 30 de mayo de 2018, sobre la producción y etiquetado de los productos ecológicos. Disponible en <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2018-80995>.
- Contreras, S. 2018. Sustentabilidad de la producción de papa en la región Lima. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph.D.) en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Cotrina-Cabello, V., Alejos-Patiño, I., Cotrina-Cabello, G., Córdova-Mendoza, P., y Córdova-Barrios, I. 2020. Efecto de abonos orgánicos en suelo agrícola de Purupampa Panao, Perú. *Centro Agrícola*, 47(2): 31-40.

- Courtney, R. y Mullen, G. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Bioresource Technology*. 99(8): 2913-2918. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.06.034>.
- Cowan, A., Cripps, R., Richings, E. y Taylor, N. 2001. Fruit size: towards an understanding of the metabolic control of fruit growth using avocado as a model system. *Physiologia Plantarum*, 111(2): 127-136. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2001.1110201.x>
- Crane, J., Doyhan, G., Faber, B., Arpaia, M., Bender, G., Balerdi, C. y Barrientos-Priego, A. 2013. Cultivars and Rootstocks. In Schaffer, B. A., Wolstenholme, B. N., y Whiley, A. W. (Eds.). *The avocado: botany, production and uses*. Oxfordshire, UK. CABI. pp. 200 -233.
- Cushman, G. 2005. The most valuable birds in the world: International Conservation Science and the Revival of Peru's Guano Industry, 1909-1965. *Environmental History*, 10(3):477-509.
- Cushman, G. 2013. *Guano and the opening of the pacific world: A global ecological history*. Cambridge University Press. 392 p. Disponible <https://www.cambridge.org/core/books/guano-and-the-opening-of-the-pacific-world/D0713743C3D7F36BFF2B4628D1D9EE69>.
- Davenport, T. L. 1986. Avocado flowering. En J. Janick (Ed). *Horticultural Reviews*. 8:257-289. AVI.
- DeFries, R., Fanzo, J., Mondal, P., Remans, R. y Wood, S. 2017. Is voluntary certification of tropical agricultural commodities achieving sustainability goals for small-scale producers? a review of the evidence. *Environmental research letters*, 12(3): 033001. Doi 10.1088/1748-9326/aa625e.
- Del Pino, A., Repetto, C. Mori y Perdomo, C. 2008. Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 26(1): 43-52.
- Dellepiane, A., y Sarandón, S. 2008. Evaluación de la sustentabilidad en fincas orgánicas, en la zona hortícola de La Plata, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 3(3): 67-78.

- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzáles, L., Tablada M. y Robledo, C. 2020. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <https://www.infostat.com.ar/>
- Dixon, J. y Sher, D. 2002. Pollination of avocados. Avocado growers association. Annual research report of New Zealand. 2:31-40.
- Donoso, J., Bastías, R., Lemus, G. y 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.
- Dorado, D., Grajales, L. y Rebolledo, A. 2017. Requerimientos hídricos del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) variedad Hass en zonas productoras de Colombia. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (Corpoica). Bogotá, Colombia. 91p. Disponible <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/14/12/115-1?inline=1?inline=1>
- Doran, J. 1987. Microbial biomass and mineralizable nitrogen distribution in no tillage and plowed soils. *Biology and Fertility of Soils* 5(1): 68-75.
- Dreher, M. y Davenport, A. 2013. Hass avocado composition and potential health effects. *Crit Rev Food Sci Nutr* 53(7):738-750. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>
- Du Plessis, F., Koen, T., y Abercrombie, R. 1995. Nutritional requirements of the Fuerte avocado: a summary of 21 years of research in South Africa. Proceeding III World Avocado Congress. pp.160-165.
- Duffy, D. 1994. The guano islands of Peru: the once and future management of a renewable resource. Seabirds on islands, Threats, case studies and action. Plans. Cambridge: *BirdLife Conservation Series*, 1: 68-76.
- Ebert, U. y Welsch, H. 2004. Meaningful environmental indices: a social choice approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, 47(2): pp. 270-283.
- Edwards, C. 1983. Utilization of earthworm composts as plant growth media. In international symposium on agricultural and environmental. Prospects in Earthworm. Rome, Italy, pp. 57-62.

- Eghball, B., Ginting, D. y Gilley, J. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agronomy journal*, 96(2): 442-447.
- Eghball, B., Wienhold, B., Gilley, J. y Eigenberg, R. 2002. Mineralization of manure nutrients. *Journal of Soil and Water Conservation*, 57(6): 470-473.
- Embleton, T. y Jones, W. 1964. Avocado nutrition in California. Proceedings of the Florida State, horticultural society. 77:401- 405.
- Embleton, T. y Jones, W. 1972. Development of nitrogen fertilizer programs for California avocados. California. *Avocado Society Yearbook*, 56: 90-96.
- Erenstein, O. 2003. Smallholder conservation farming in the tropics and sub-tropics: a guide to the development and dissemination of mulching with crop residues and cover crops. *Agriculture, Ecosystems y Environment*, 100(1): 17-37.
- Escobar, C. 2013. Usos potenciales del humus (abono orgánico lixiviado y solido) en la empresa fertilombriz, tesis. Corporación universitaria la sallista facultad de ciencias administrativas y agropecuarias administración de empresas agropecuarias caldas. 37p.
- Escobar, E. y Berdegué, J. 1990. Conceptos y metodologías para tipificación de sistemas de finca: La experiencia de RIMISP (Red Internacional de Metodologías de Investigación de Sistemas de Producción). En: Tipificación de sistemas de producción agrícola. Centro latinoamericano para el desarrollo rural. Santiago de Chile. pp.13-44.
- Estrada, M. 2005. Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de investigación*. Antioquia, Colombia. 2(1): 43-48.
- Estrada, M. y Peralta, J. 2004. Evaluación de dos tipos de fertilizantes orgánicos (gallinaza y estiércol vacuno) y un mineral en el crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Dor-364, Postretera 2001. Tesis de ingeniería. Universidad Nacional Agraria.
- Evanylo, G., Sheron, Y., Spargo, J., Starner, D., Brosius, M. y Haering, K. 2008. Soil and water environmental effects of fertilizer-manure, and compost-based fertility practices

in an organic vegetable cropping system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 127(1-2):50-58.

Faber, B., Arpaia, M. y Yates, M. 1996. Irrigation management of avocado in a California coastal environment. In proceedings of the world avocado congress III: pp. 189-195.

Fageria, N. 2012. Role of Soil Organic matter in maintaining sustainability of cropping systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43(16): 2063-2113.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. 2004. Los conceptos de normas, certificación y etiquetado. Disponible en <http://www.fao.org/3/y5136s/y5136s07.htm#TopOfPage>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. 2020. Objetivos del desarrollo sostenible. Disponible en <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/sustainable-agriculture/es/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO y Organización Mundial de la Salud - OMS. 2001. Codex Alimentarius - Alimentos Producidos Orgánicamente. FAO - OMS. Roma. Italia. Disponible en <https://www.fao.org/3/y2772s/y2772s00.htm>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. 2018. Agriculture organic. Preguntas frecuentes (en línea). Disponible <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq5/es/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. 2001. Manual de riego parcelario. Desarrollo de tierras y aguas. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.

Fassbender, H. y Bornemisza, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Segunda edición. San José, Costa Rica. IICA. 420 p.

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

- Felles-Leandro, D. y García-Bendezú, S. 2022. Factores físicos y técnicos que influyen en el rendimiento de palto orgánico (*Persea americana* Mill.), en Perú. *Chilean Journal of Agricultural y Animal Sciences*, 38(3): 243-258. <https://doi.org/10.29393/CHJAA38-24ARVP10024>.
- Fernández, I., Castellanos, L., Fuentes, M., Cairo, P., Rajadel, L. y Prado, R. 2015. Macrofauna del suelo en cuatro fincas de conversión hacia la producción agroecológica en el municipio Cruces. *Centro Agrícola*, 42(1): 43-52. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V42-Numero_1/cag07115.pdf.
- Ferreras, L., Gomez, E., Toresani, S., Firpo, I. y Rotondo, R. 2006. Effect of organic amendments on some physical, chemical and biological properties in a horticultural soil. *Bioresource Technology*, 97(4): 635-640. doi:10.1016/j.biortech.2005.03.018.
- Ferreira, R. y Sellés, G. 2007. Manejo del riego y suelo en palto. La Cruz, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín N° 160. INIA. 123 p. Disponible http://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/10514/1/INIA_B0160.pdf
- Ferreira, R., Defilippi, B., Saavedra, J., Sellés, G., Robledo, P., Arpaia, M., Karlezi, D., Crane, J., Shaffer, B., Bower, J., Gil, P. y Troncoso, C. 2012a. Factores de precosecha que afectan la postcosecha de la palta Hass: Clima, suelo y manejo. Boletín N° 248. La Cruz, Chile, INIA. 103 p.
- Ferreira, R., Selles, G., Gil, P., Celedon, J. y Maldonado, P. 2012b. Effect of soil available water depletion on plant water status, fruit size and yield of avocado trees cv.'Hass'. In Seventh International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. 1038: 393-400.
- Ferreira, R., Sellés, G., Saavedra, J., Ortiz, J., Zúñiga, C., Troncoso, R., González, A. y Defilippi, B. 2016. Identification of pre-harvest factors that affect fatty acid profiles of avocado fruit (*Persea americana* Mill.) cv. "Hass" at harvest. *South African Journal of Botany*, 104:15-20. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2015.10.006>.
- Ferreira, R. 2021. Recomendaciones para un óptimo programa de riego en palto. Disponible <https://www.redagricola.com/pe/recomendaciones-para-un-optimo-programa-de-riego-en-palto/>.

- Ferreira, R., Selles, G., Maldonado, P., y Gil, P. 2007a. Efecto del clima, de las características de la hoja y de la metodología de medición en el potencial hídrico xilemático en palto (*Persea americana* Mill.). *Agricultura técnica* 67(2):182-188. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072007000200008>
- Ferreira, R., Selles, G., Maldonado, P., Celedón, J., Gil, P., y Becerra, C. 2007b. Efecto del contenido de aire en el suelo en el estado hídrico y desarrollo del palto. In VI congreso mundial del aguacate.
- Fess, T. y Benedito, V. 2018. Organic versus conventional cropping sustainability: a comparative system analysis. *Sustainability*, 10(1): 272.
- Flores-Sánchez, D., Pérez-Olvera, M., y Navarro-Garza, H. 2004. Rehabilitación agroecológica de suelos volcánicos endurecidos, experiencias en el Valle de México. LEISA. *Revista de Agroecología*, 19(4): 24-27.
- Flores, D. 2016. Cultivo de palto. Manual práctico para productores. Perú. 55 p.
- Foissy, D., Vian, J. y David, C. 2013. Managing nutrient in organic farming system: reliance on livestock production for nutrient management of arable farmland. *Organic Agriculture*, 3(1): 183-199. <http://dx.doi.org/10.1007/s13165-014-0060-8>.
- Foley, B. y Cooperband, L. 2002. Paper mill residuals and compost effects on soil carbon and physical properties. *Journal of environmental quality*, 31(6): 2086-2095. <https://doi.org/10.2134/jeq2002.2086>.
- Fornier, M. y Fornier, J. 2010. Comportamiento de nuevos patrones frente a enfermedades y fisiopatías. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. 6 p.
- Galán, V. 1990. Los frutales tropicales en los subtrópicos I. Aguacate, mango, litchi y longan. Ediciones Mundi - Prensa, Madrid. 170 p.
- Gandolfo, S. 2008. Factores ecofisiológicos relacionados con el crecimiento vegetativo, floración y desarrollo del fruto del aguacate. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Valencia. España. 225 p.

- García-Fraile, P., Menéndez, E., y Rivas, R. 2015. Role of bacterial biofertilizers in agriculture and forestry. *Aims Bioengineering*, 2(3): 183-205. doi: 10.3934/bioeng.2015.3.183.
- García-Tejero I., Romero-Vicente, R., Jiménez-Bocanegra, J., Martínez-García, Durán- Zuazo, V. y Muriel-Fernández, J. 2010. Response of citrus trees to deficit irrigation during different phenological periods in relation to yield, fruit quality, and water productivity. *Agricultural Water Managment*, 97(5): 689-699.
- García-Tejero, I. y Durán-Zuazo, V. 2018. Water scarcity and sustainable agriculture in semiarid environment: tools, strategies, and challenges for woody crops. Academic Press.
- Gardiazábal, F. 1990. Requerimientos de clima, suelo y agua para la implantación de paltos. Bl-B4. In: Curso internacional producción, postcosecha y comercialización de paltos. Universidad Católica de Valparaíso, Viña del Mar, Chile. 189 p.
- Gardiazabal, F. 2004. Riego y fertilización en paltos. II Seminario Internacional de paltos. Sociedad Gardiazabal y Mena Ltda. Casilla 476, Quillota – Chile. Disponible en: http://www.avocadosource.com/Journals/2_Seminario/2_Seminario_Talks_Gardiazabal_Fertilizacion.pdf.
- Gardiázabal, F., Mena, F y Magdahl, C. 2007. Efecto de la fertilización en base a N-P-K-Ca- Mg-B-Zn en palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass sobre su desarrollo, productividad y postcosecha de la fruta. Proceedings VI World avocado congress 2007. Viña Del Mar, Chile. Disponible <http://www.avocadosource.com/wac6/es/extenso/3a-98.pdf>.
- Gardiazabal, F., Mena, F., Magdahl, C., Adriazola, C. y Torres, J. 2011. Avances en el manejo de huertos de palto (*Persea americana* Mill.) cv Hass en alta densidad en Chile. Sociedad Gardiazabal y Mena Ltda. Quillota, Chile. VII World avocado congress. Cairns, Australia. Disponible: <http://worldavocadocongress2011.com/userfiles/file/Francisco%20Mena%20Volker%201420-1440.pdf>.
- Gasto, J., Vera, L., Vieli, L., y Montalba, R. 2009. Sustainable agriculture: unifying concepts. *Ciencia e investigación agraria* 36(1): 5-26.

- Glave, M. y Escobal, J. 2001. Indicadores de sostenibilidad para la agricultura andina. Proyecto: políticas integradas para el desarrollo rural sostenible. *Debate Agrario*, 89(23): 112-156.
- Gómez-Limón, J. y Arriaza, M. 2011. Evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones de olivar en Andalucía. Málaga, España, Analistas Económicos de Andalucía. 294 p.
- Gómez-Limón, J. y Sanchez-Fernandez, G. 2010. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. *Ecological Economics* 69: 1062-1075.
- Gonzales, L. y Salazar-García, S. 2007. Uso de la poda progresiva para recuperar la productividad de huertos emboscados de aguacate “Hass” en Nayarit. Segunda publicación. Centro de investigación regional del pacifico centro. Folleto científico N° 2.
- González, S., Guajardo, G. L., Almeraya-Quintero, S., Pérez-Hernández, L. y Sangerman-Jarquín, D. 2020. Evaluación de la sustentabilidad del cultivo de maíz en Villaflores y La Trinitaria, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(7): 1565-1578.
- Grajales, L. 2017. Uso racional del agua de riego en cultivos de aguacate Hass (*Persea americana*) en tres zonas productoras de Colombia. Tesis magister en ingeniería ambiental. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Disponible <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62000>.
- Granatstein, D., Kirby, E., Ostenson, H. y Willer, H. 2015. Global situation for organic tree fruits. *Scientia Horticulturae*, 208: 3-12. Disponible <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.008>.
- Granatstein, D., y Kirby, E. 2016. Status of organic production of temperate fruits in the USA. In *Proc. XVII Intl. Conference Organic Fruit-Growing, Hohenheim, Germany* (Vol. 15, p. 17).
- Grant, C., Brown, K., Racz, G., Bailey, L., 2002. Influence of source, timing and placement of nitrogen fertilization on seed yield and nitrogen accumulation in the seed of canola under reduced-and conventional-tillage management. *Canadian journal of plant science*, 82(4): 629-638.

- Guerrero-Polanco, F., Alejo-Santiago, G., Hernández, R., Bugarín-Montoya, R., Aburto-González, C. y Isiordia-Aquino, N. 2018. Respuesta del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) variedad "Hass" a la aplicación de nitrato de potasio. *Acta Agronómica*, 67(3): 425-430.
- Guerrero, J. 1993. Abonos orgánicos. Tecnología para el manejo ecológico del suelo. Red de acción en alternativas al uso de agroquímicos. Lima, Perú.
- Habai, R., Nwakaego, V., Deusdedit, P., Odeh, I., Singh, A., Buchan, D. y De Neve, S. 2016. Nitrogen mineralization dynamics of different valuable organic amendments commonly used in agriculture. *Applied Soil Ecology*, 101: 185-193. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.01.006>.
- Hadas, A. y Kautsky, L. 1994. Feather meal, a semi-slow-release nitrogen fertilizer for organic farming. *Fertilizer Research*, 38(2): 165-170. <https://doi.org/10.1007/BF00748776>.
- Hadas, A. y Portnoy, R. 1994. Nitrogen and carbon mineralization rates of composted manures incubated in soil. *Journal Environment Quality*. 23: 1184-1189.
- Hadas, A. y Rosenberg, R. 1992. Guano as a nitrogen source for fertigation in organic farming. *Fertilizer research*, 31(2): 209-214. <https://doi.org/10.1007/BF01063294>.
- Harraq, A., Sadiki, K., Bouriouq, M. y Bouabid, R. 2022. Organic fertilizers mineralization and their effect on the potato "*Solanum tuberosum*" performance in organic farming. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(4): 255-266. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.09.003>.
- Hartman Group. 2013. The organic and natural consumer. The hartman group. USA, 15 p.
- Hartz, T., Mitchell, J. y Giannini, C. 2000. Nitrogen and carbon mineralization dynamics of manures and composts. *HortScience*, 35(2):209-212. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.2.209>.
- Haug, R. 1993. The Practical handbook of compost engineering. Primera edición. Taylor y Francis group. Routledge. 60 p. <https://doi.org/10.1201/9780203736234>.

- Helgason, B., Larney, F. y Janzen, H. 2005. Estimating carbon retention in soils amended with composted beef cattle manure. *Canadian Journal of Soil Science*, 85(1): 39-46. <https://doi.org/10.4141/S04-049>.
- Hermoso, J., Torres, M. y Farré, J. 2003. Efectos de seis tipos de materia orgánica en el crecimiento y la productividad de aguacates jóvenes con baja fertilización nitrogenada. In actas V congreso mundial del aguacate. España, 1:195-197.
- Hermoso, J., Torres, M., y Farré, J. 2011. Efectos de materias orgánicas en árboles adultos de Hass. Actas VII congreso mundial del aguacate. Australia. Disponible en <http://hdl.handle.net/10261/98079>.
- Hernández-Valencia, A., Tapia-Vargas, L., Hernández-Pérez, A., Larios-Guzman, A. 2021. Evaluación de fertilizantes orgánicos y su efecto en la nutrición y desarrollo del aguacate. Contribuciones tecnológicas para el futuro forestal y agropecuario Veracruzano. pp 66-73.
- Hofman, P., Vuthapanich, S., Whiley, A., Klieber, A. y Simons, D. 2002. Tree yield and fruit minerals concentrations influence 'Hass' avocado fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 92(2): 113-23. doi:10.1016/S0304-4238(01) 00286-2.
- Holzapfel, E., De Souza, J., Jara, J. y Guerra, H. 2017. Responses of avocado production to variation in irrigation levels. *Irrigation science*, 35(3): 205-215. <https://doi.org/10.1007/s00271-017-0533-0>.
- Huetting, R. y Reijnders, L. 2004. Broad sustainability contra sustainability: the proper construction of sustainability indicators. *Ecological Economics*, 50(3-4): 249-260.
- International Business Machines Corp. - IBM. 2017. Statistical Package for the Social Sciences para Windows. versión 25.0. Armonk, Nueva York: IBM Corp.
- Ibrahim, M., Hassan, A., Iqbal, M. y Valeem, E. 2008. Response of wheat growth and yield to various levels of compost and organic manure. *Pakistan Journal of Botanic*, 40(5): 2135-2141.
- International Federation of Organic Agriculture Movements - IFOAM. 2005. Principles of organic agriculture. General assembly in Australia. 4 p.

- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI. 2014. Norma técnica peruana 011.018:2014 de palta. Quinta edición. Lima, Perú. 30 p. Disponible en: <http://www.prohass.com.pe/norma-tecnica-de-la-palta>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. 2013. IV Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO). Resultados definitivos IV censo nacional agropecuario. Lima, Perú. 63 p. Disponible <http://proyectos.inei.gob.pe/web/documentospublicos/resultadosfinalesivcenagro.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. 2014. Características socioeconómicas del productor agropecuario en el Perú. IV censo nacional agropecuario 2012. Lima, Perú. 388 p. Disponible https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1177/libro.pdf.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. 2019. Encuesta nacional agropecuaria. Principales resultados pequeñas, medianas y grandes unidades agropecuarias 2014 - 2018. Lima, Perú. 120 p.
- Irañeta, J., Sánchez, L., Malumbres, A., Amesquita, J. y Delgado, J. 2011. Valoración agronómica de las materias orgánicas. Agricultura, fertilización y medio ambiente. Navarra, España. 10 p.
- Jacob, A. y Uexkull, H. 1961. Fertilización: nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Editorial revolucionaria, Euroamericanas. La Habana, Cuba, 207 p.
- Koen, T. y Du Plessis, S. 1991. The determination of the correct leaf sample and time of sampling of 'Fuerte' avocados for the purpose of fertilizer recommendations. *South African Avocado Growers association Yearbook*, 14:19-21.
- Kolmans, E. y Vásquez, D. 1999. Manual de agricultura ecológica. Una introducción a los principios básicos y su aplicación. La Habana: segunda edición. Grupo de agricultura orgánica de ACTAF. 148 p.

- Koritschoner, J., Rampoldi, E., y Hang, S. 2019. Cambios en las características físicas y químicas de un suelo después de la incorporación de compost de distinto origen. *AgriScientia*, 36(1): 15-23.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. y Rubel, F. 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorology*, 15(3): 259-263.
- Kwiatkowski, C., Harasim, E. y Staniak, M. 2020. Effect of catch crops and tillage systems on some chemical properties of loess soil in a short-term monoculture of spring wheat. *Journal of Elementology*, 25(1): 35-43. doi:10.5601/jelem.2019.24.2.1837.
- Labrador, J., Guiberteau, A., Lopez, L. y Reyes, J. 1993. La materia orgánica en los sistemas agrícolas. Manejo y utilización. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Hojas divulgativas, N° 3/93.
- Lahav E., Whiley, A. y Tuner, D. 2013. Riego y nutrición mineral. En: aguacate: botánica, producción y usos. CABI. pp. 301-341. <https://doi.org/10.1079/9781845937010.0301>.
- Lahav, E. y Whiley, A. 2002. Irrigation and mineral nutrition, pp. 259-297. In: the Avocado: botany, production and uses. Whiley, A., Schafferand, D. (eds.). Wolstenholme. CAB International, CABI-Publishing. London, UK. 416 p.
- Lahav, E. 1995. Nutrición del palto, una revisión. Actas del III congreso mundial del palto. pp.143-159.
- Lahav, E. y Kadman, A. 1980. Avocado fertilisation. Bulletin N° 6. International potash institute. Agricultural research organization the volceni center, Bet Dagan, Israel. 22 p.
- Lahav, E., y Zamet, D. 1999. Flowers, fruitlets and fruit drop in avocado trees. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5: 95-100.
- Lahav, E. y Kalmar, D. 1983. Determination of the irrigation regimen for an avocado plantation in spring and autumn. *Australian journal of agricultural research*, 34(6): 717-724.
- Laich, F. 2011. El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. ICIA. pp. 1-7.

- Lazcano-Ferrat, I. 2006. El potasio y el concepto de la fertilización balanceada. Extracto de la ponencia presentada en la conferencia regional para México y el Caribe de la Asociación internacional de la industria de los fertilizantes. INPOFOS-PPI, México. 5 p.
- Lazicki, P., Geisseler, D., y Lloyd, M. 2020. Nitrogen mineralization from organic amendments is variable but predictable. *Journal of Environmental Quality*. 49 (2): 483-495. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20030>.
- Lemus, G., Ferreyra, R., Gil, P., Maldonado, P., Toledo, C., Barrera, C. y Celedón, J. 2005. El cultivo del palto. Segunda edición. Boletín INIA N° 129. La Cruz, Chile. 76 p.
- Lemus, G., Ferreyra, R., Gil, P., Sepúlveda, P., Maldonado, P., Toledo, C., Barrera, C. y Celedón, J. 2010. El cultivo del palto. Tercera edición. Boletín INIA N° 129. Santiago, Chile. 82 p.
- León-Velarde, C. y Quiroz, R. 1994. Análisis de sistemas agropecuarios; uso de métodos bio-matemáticos. Centro de investigación de recursos naturales y medio Ambiente, Puno, Perú.
- Levinson, B. y 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.
- Li, Z. 1994. Sustainable agriculture in China. Nanjing institute of environmental science – China. En: conferencia electrónica sobre indicadores de sostenibilidad. INFORUM.
- Lim, S., Wu, T., Lim, P. y Shak, K. 2015. The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(6), 1143-1156.
- Linderman, R. 1989. Organic amendments and soil-borne diseases. *Canadian Journal Plant Pathology*, 11(2):180-183.
- Liu, X., Zhao, S., Sun, L., Luo, H., Yin, X., Xie, Z., Wang, Y., Liu, K., Wu, X., Ding, X. y Fu, D. 2006. Geochemical evidence for the variation of historical seabird population

- on Dongdao Island of the South China Sea. *Journal of Paleolimnology*, 36(3): 259- 279.
- Lovatt, C. 1990. Factors affecting fruit set/early fruit drop in avocado. *California Avocado Society Yearbook*, 74: 193-199.
- Lovatt, C. 1998. Management of foliar fertilization. First national symposium on crop nutrition. Querétaro, México. pp. 21-23.
- Lovatt, C. 1999. Timing citrus and avocado foliar nutrient applications to increase fruit set and size. *HortTechnology*, 9(4): 607-612.
- Lovatt, C. 2001. Properly timed soil-applied nitrogen fertilizer increases yield and fruit size of 'Hass' avocado. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126(5): 555-559.
- Luttikholt, L. W. 2007. Principles of organic agriculture as formulated by the International Federation of organic agriculture movements. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 54(4): 347-360.
- Maeda, K., Hanajima, D., Toyoda, S., Yoshida, N., Morioka, R., y Osada, T. 2011. Microbiology of nitrogen cycle in animal manure compost. *Microbial biotechnology*, 4(6): 700-709.
- Maidl, F., Brunner, H. y Stickse, E. 2002. Potato uptake and recovery of nitrogen ¹⁵N- enriched ammonium nitrate. *Geoderma*, 105 (3-4): 167-177. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(01\)00102-1](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(01)00102-1).
- Malagón, R. y 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.
- Maldonado-Torres, R., Álvarez-Sánchez, M., Almaguer-Vargas, G., Barrientos-Priego, A. F., y García-Mateos, R. 2007. Estándares nutrimentales para aguacatero 'Hass'. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 13(1): 103-108.
- Maldonado-Vásquez, S., García-Bautista, A., Ordóñez-Sánchez, L., Alvarado-Ramírez, J. W., y Arévalo-Gardini, E. 2023. Evaluación de la sostenibilidad socioeconómica y

ecológica de los sistemas de producción orgánica y convencional del café en la cuenca del Cumbaza. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 2(1): e450-e450. <https://doi.org/10.51252/reacae.v2i1.e450>.

Maraví, J., Buendía, O., Alvarado, L., Borjas, R., Castro-Cepero, V. y Julca, A. 2018. Characterization of pineapple farms (*Ananas comosus* var. *Comosus*) in Cuyani Microbasin, Pichanaki District, Chanchamayo Province (Junín, Perú). *Peruvian Journal of Agronomy*, 2 (1): 20-27.

Marques, J., Hoffman, P. y Wearing, A. 2009. Between-tree variation in fruit quality and fruit mineral concentrations of Hass avocados. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(9):1195-1201.

Márquez, F. 2015. Sustentabilidad de la caficultura orgánica en La Convención Cusco. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph.D.) en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.

Márquez, F., Julca, A., Canto, M., Villacorta, H., Vargas, S. y 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.

Márquez, F. y Julca, A. 2015. Indicadores para evaluar la sustentabilidad en fincas cafetaleras en Quillabamba. *Saber y Hacer* 2(1): 128-137.

Márquez, F. 2009. Impacto económico de la caficultura orgánica y convencional en el distrito de Quellouno - provincia de La Convención – Cusco. Informe Final. FEDU-2007. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco, Perú.

Marschner, H. (Ed.). 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press. Third edition.

Martínez-Bernal, L., Bello-Rodríguez, P., y Castellanos-Domínguez, Ó. 2012. Sostenibilidad y desarrollo: el valor agregado de la agricultura orgánica. Universidad Nacional de Colombia.

- Martínez-Blanco, J., Lazcano, C., Christensen, T., Muñoz, P., Rieradevall, J., Møller, J., Assumpcio, A. y Boldrin, A. 2013. Compost benefits for agriculture evaluated by life cycle assessment. A review. *Agronomy for sustainable development*, 33: 721-732.
- Masera, O., Astier, M. y López-Ridaaura, S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El Marco de evaluación MESMIS. Gira, México. 109 p.
- Meemken, E. 2020. Do smallholder farmers benefit from sustainability standards? A systematic review and meta-analysis. *Global Food Security*, 26: 100373. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100373>.
- Meléndez, G. 2003. Fracción orgánica del suelo: residuos orgánicos y materia orgánica del suelo. In: Soto, G. Meléndez, L. Uribe (eds). Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impacto en la agricultura. San José, Costa Rica. p. 1.
- Meléndez, G. y Soto, G. 2003. Taller de abonos orgánicos. Memoria: taller de abonos orgánicos. CATIE. Managua, Nicaragua. 86 p.
- Merma, I. y Julca, A. 2012. Tipología de productores y sostenibilidad de cultivos en Alto Urubamba. La Convención – Cuzco. *Scientiae Agropecuaria*, 2(2012):149-159.
- Meza Y. y 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.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MIDAGRI. 2021. Sistema Integrado de Estadística Agraria – SIEA. Anuario agrícola 2019. Lima, Perú. Disponible en <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicaciones/datos-estadisticas/anuarios/category/26-produccion-agricola>.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MIDAGRI. 2022. Sistema Integrado de Estadística Agraria – SIEA. Anuario agrícola 2021. Lima, Perú. Disponible en <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anales/4-agricola>.
- Mikkelsen, R., Zublena, J. y Molloy, S. 1995. Seasonal effects on nitrogen mineralization from organic wastes added to soils. In C.E. Ross (ed.). International symposium on agricultural and food processing wastes. *American Society Agricultural Engineers*, pp. 162–169.

Mikkelsen, R. y Hartz, T. 2008. Nitrogen Sources for organic crop production. *Hetter Crops*. 92(4):16:19.

Ministerio de Agricultura del Perú - MINAG. 2005. Dirección general de competitividad agraria – Dirección de información agraria. Cartilla N° 5. Condiciones agroclimáticas del cultivo del palto. Disponible: http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/biblioteca-virtual/estados-fenologicos/palto_condiciones_agroclimaticas.pdf.

Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI. 2008. Estudio de la palta en el Perú y el mundo. Dirección general de información agraria. 23 p.

Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI. 2015. Manual del cálculo de eficiencias para sistemas de riego. Dirección general de Infraestructura agraria y riego. Lima, Perú. 54 p. Disponible https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual_determinacion_eficiencia_riego.pdf.

Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI. 2018. Manual de abonamiento con guano de las islas. Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural – AGRORURAL. Dirección de abonos. Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI. Lima, Perú. 123 p.

Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI y Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI. 2018. Requerimientos agroclimáticos del cultivo de palto. Ficha técnica N° 12. Dirección general de políticas agrarias. Dirección de estudios económicos e información agraria. Disponible en <https://bibliotecavirtual.midagri.gob.pe/index.php/material-de-divulgacion/fichas-tecnicas/2018/39-requerimientos-agroclimaticos-del-cultivo-de-palto/file>.

Ministerio de Agricultura – MINAGRI y Riego y Servicio Nacional de Sanidad Agraria - SENASA. 2020. Reglamento de certificación y fiscalización de la producción orgánica. Decreto supremo N° 002-2020-MINAGRI. Disponible en https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/520541/D.S._N__002-2020-MINAGRI.pdf.

Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI. 2019a. Anuario estadístico de producción agrícola 2018. Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (SIEA). Dirección general

de seguimiento y evaluación de políticas. Disponible <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=publicaciones/anuario-de-produccion-agricola>.

Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI. 2019b. La situación del mercado internacional de la palta. Su análisis desde una perspectiva de las exportaciones peruanas. Dirección general de políticas agrarias. Lima, Perú. 40 p. Disponible <https://bibliotecavirtual.midagri.gob.pe/index.php/analisis-economicos/estudios/2019/28-la-situacion-del-mercado-internacional-de-la-palta/file>.

Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI. 2020. Análisis de mercado 2015-2019 de palta. Sierra y selva exportadora. Lima, Perú. 52 p. Disponible. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1471795/An%C3%A1lisis%20de%20Mercado%20-%20Palta%202015%20-%202019.pdf>.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MIDAGRI. 2022. Anuario estadístico de producción agrícola 2021. Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (SIEA). Dirección general de seguimiento y evaluación de políticas. Disponible <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/4-agricola>

Miranda, D. y Carranza, C. 2013. Caracterización, clasificación y tipificación de los sistemas productivos de caducifolios con énfasis en duraznero, manzano, ciruelo y peral. Los frutales caducifolios en Colombia. Situación actual, sistemas de cultivo y plan de desarrollo. Capítulo VI. Sociedad colombiana de ciencias hortícolas. Primera edición. Bogotá.

Mitchell, B., Christie, B., Engelbrecht, J. y Van Den Berg, N. 2015. Análisis integrado sobre la infección temprana ocasionada por *Phytophthora cinnamomi* en portainjertos tolerantes y susceptibles de aguacate. Actas proceedings VIII Congreso Mundial de la Palta 2015. Lima, Perú.

Mohale, M., Manyevere, A., Dube, E. y Zerizghy, M. 2021. Short-term effect of eucalyptus wood-based compost on biological fertility of soils under avocado plantations. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(13): 1574-1589.. <https://doi.org/10.1080/00103624.2021.1892721>.

Moreno R. 2016. La tecnología del guano de islas: El mejor fertilizante. Instituto de educación superior tecnológico público de Cañete. *AgroEnfoque*. Edición 206. 5 p.

- Moreno-Ortega, G., Pliego, C., Sarmiento, D., Barceló, A. y Martínez-Ferri, A. 2019. Yield and fruit quality of avocado trees under different regimes of water supply in the subtropical coast of Spain. *Agricultural Water Management*, 221: 192-201. doi.org/10.1016/j. agwat.2019.05.001.
- Morse, S., Mcnamara, N., Acholo, M. y Okwoli, B. 2001. Sustainability indicators: the problem of integration. *Sustainable Development*, 9(1): 1-15.
- Muhammad, I., Hassan, A., Iqbal, M., y Valeem, E. 2008. Response of wheat growth and yield to various levels of compost and organic manure. *Pakistan Journal of Botanic*, 40(5):2135-2141.
- Munda, G. 2005. Measuring sustainability: a multi-criterion framework. *Environment, Development and Sustainability*, 7(1): 117-134.
- Munive, R., Loli, O., Azabache, A. y Gamarra, G. 2018. Fitorremediación con Maíz (*Zea mays* L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados. *Scientia Agropecuaria*, 9(4): 551-560. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.11>.
- Murillo, J., Méndez, V. y Brenes, S. 2016. Efecto de *Geophila macropoda* (Rubiaceae) como arvense de cobertura en la erosión hídrica en bananales de Guápiles, Limón, Costa Rica. *UNED Research Journal*, 8(2): 217-223.
- Murphy, B. 2015. Impact of soil organic matter on soil properties—a review with emphasis on Australian soils. *Soil Research*, 53(6): 605-635. <https://doi.org/10.1071/ SR14246>.
- Murugan, A., y Swarnam, T. 2013. Nitrogen release pattern from organic manures applied to an acid soil. Canadian center of science and education.
- Nagar, R., Goud, V., Kumar, R., y Kumar, R. 2016. Effect of organic manures and crop residue management on physical, chemical and biological properties of soil under pigeonpea based intercropping system. *International Journal of Farm Sciences*, 6(1):101-113.
- Najm, A., Hadi, M., Fazeli, F., Darzi, M. y Rahi, A. 2012. Effect of integrated management of nitrogen fertilizer and cattle manure on the leaf chlorophyll, yield and tuber

glycoalkaloids of agria potato. *Communications Soil Science and Plant Analysis*. 43(6): 912–923. <https://doi.org/10.1080/00103624.2012.653027>.

- Ndlovu, B. y Van den Berg, N. 2015. Análisis de la expresión de genes putativos RXLR de *Phytophthora cinnamomi* durante su crecimiento in vitro y la infección en raíces de aguacate. Instituto de biotecnología agrícola y forestal. Departamento de microbiología y fitopatología. Universidad de Pretoria, Sudáfrica. VIII Congreso Mundial de la palta. Lima, Perú.
- Newett, S., Crane, J. y Balerdi, C. 2007. Cultivares y portainjertos. En: Whiley, A., Schaffer, B., Wolstenholme, B. (Eds.). *The avocado: botany, production and uses*. pp. 155-175.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. 2021. *Perspectivas agrícolas 2021-2030*. Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/47a9fa44-es>.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - ODEPA. 2018. *Fruticultura orgánica, una alternativa de impacto para el sector exportador nacional*. Transforma Alimentos 368 p.
- Organic Latin America. 2018. *Alimentos orgánicos: ¿son realmente “más caros” que los convencionales?*. Disponible en <http://organiclatinamerica.com.ar>.
- Ortigoza, R., Gómez, M. y Schwentesius, R. 2010. La agricultura orgánica en México, una alternativa viable. *El Aguacatero*, 13: 5-8.
- Oya, C., Schaefer, F. y Skalidou, D. 2018. The effectiveness of agricultural certification in developing countries: A systematic review. *World Development*, 112: 282-312.
- Pacheco, D. 2018. *Evaluación de la sostenibilidad y sustentabilidad del cultivo de granadilla (Passiflora ligularis L.) en fincas orgánicas y convencionales del distrito de Santa Teresa – La Convención*. Tesis ing. agronomo. Universidad Nacional de San Antonio de Abad, Cusco, Perú.
- Pacini, C., Wossink, A., Giesen, G., Vazzana, C., y Huirne, R. 2003. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems y Environment*, 95(1): 273-288.

- Pagal, R. 2015. Growth and yield of pole snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under organic and conventional production systems in la Trinidad, Benguet. Tesis de licenciatura. Universidad de Agricultura. Filipinas.
- Palomino, L., Vega, R., Lara, C., Gomero, L., y García, S. 2019. Evaluación de cinco residuos avícolas como fuentes de nitrógeno mineral disponible. *Idesia (Arica)*, 37(3): 121-129. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000300121>.
- Pang, X. y Letey, J. 2000. Organic farming challenge of timing nitrogen availability to crop nitrogen requirements. *Soil Science Society of America Journal*, 64(1): 247-253.
- Parera, J. 2014. Utilización de los recursos pecuarios como fertilizante. Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio natural. II Jornada nacional de gestión de residuos. Cataluña – España. 78 p.
- Parera, J., Domingo, F., Mallol, C. y Canut, N. 2010. Determinación rápida de los nutrientes del purín de bovino de leche in situ en base a la lectura de la conductividad eléctrica (CE) para una correcta fertilización. Libro de actas del II Congreso Español de gestión integral de deyecciones ganaderas. International workshop on anaerobic digestion of slaughterhouse waste. pp. 49-59.
- Peña, K.; Rodríguez, J.; Olivera, D.; Fuentes, P. y Melendrez, J. 2016. Prácticas agrícolas sostenibles que incrementan los rendimientos de diferentes cultivos en Sancti Spiritus, Cuba. *Agronomía Costarricense*, 40(2): 117-127.
- Perales, A., Loli, O., Alegre, J. y Camarena, F. 2009. Indicadores de sustentabilidad del manejo de suelos en la producción de arveja (*Pisum sativum* L.). *Ecología Aplicada*, 8(2):47-52.
- Pérez, O., Etchevers B., Navarro, H. y Núñez, R. 2000. Aporte de los residuos del cultivo anterior al reservorio de nitrógeno en tepetates. *Agrociencia*, 34(2):115-125.
- Pérez, R. 2012. Crecimiento y maduración del Fruto de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. Universidad de Almería, España. 81 p.
- Pinedo-Taco, R., Gómez-Pando, L., y Julca-Otiniano, A. 2018. Sostenibilidad de sistemas de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 5(15): 399-409.

- Pinedo, R., Gómez, L. y Julca, A. 2017. Caracterización de sistemas de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el distrito de Chiara, Ayacucho. *Aporte santiaguino*, 10 (2): 351-364.
- Pomares, F. 2011. Valorización de la gallinaza en una agricultura sostenible. Instituto Valenciano de investigaciones agrarias. 40 p.
- Pons, J., y Sivardièrre, P. 2002. Manual de capacitación. Certificación de calidad de los alimentos orientada a sellos de atributos de valor en países de América Latina. Disponible <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/publ453.pdf>.
- Porras, C., Soto, G., De Melo, E., Casanoves, F. y Tapia, A. 2006. Comparación de manejos orgánicos y convencionales de café dentro del corredor biológico. Turrialba-Jiménez, Costa Rica. VII Congreso SEAE Zaragoza. N° 149. España.
- Programa Nacional Orgánico – NOP Guía-2601. 2013. Instrucción: El proceso de certificación Orgánica NOP-guía 2601. Disponible https://biolatina.com/wp-content/uploads/2018/08/Boletin-2013_01-eng.pdf.
- Programa Nacional Orgánico. 2021. Reglamento de certificación orgánica del USDA. Disponible <http://www.ams.usds.gov/nop>.
- Puertas, F. 2010. Índices de Calidad del suelo y parámetros de Crecimiento de Cultivos de cobertura en una Plantación de Cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph.D.) en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Quilty, J. y Cattle, S. 2011. Use and understanding of organic amendments in Australian agriculture: A review. *Soil Research*, 49(1):1-26. <http://dx.doi.org/10.1071/SR10059>.
- Ramírez-Gil, J. 2017. Calidad del fruto de aguacate con aplicaciones de ANA, boro, nitrógeno, sacarosa y anillado. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3): 591-603.
- Razeto, B. y Palacios, J. 2005. Effect of iron chlorosis on avocado (*Persea americana* Mill.) fruit size and oil concentration. *Agricultura Técnica*, 65(1): 105-111.

- Rebolledo, A. y Romero M. 2011. Avances en investigación sobre el comportamiento productivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) bajo condiciones subtropicales. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 12(2):113-120.
- Redagícola. 2021. Fuerte recuperación de cultivos orgánicos en Perú impacta en precios de exportación. Disponible [https:// www.redagricola.com/pe/recuperacion-de- cultivos-organicos-en-peru/](https://www.redagricola.com/pe/recuperacion-de-cultivos-organicos-en-peru/).
- Rees, R. y Castle, K. 2002. Nitrogen recovery in soils amended with organic manures combined with inorganic fertilizers. *Agronomie*, 22(7/8): 739–746.
- Reganold, J. y Wachter, J. 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*. DOI: 10.1038/NPLANTS.2015.221. 2(2): 1-8.
- Reganold, J., Glover, J., Andrews, P. y Hinman, H. 2001. Sustainability of three apple production systems. *Nature*, 410(6831): 926-930. <https://doi.org/10.1038/35073574>.
- Reglamento Técnico para los Productos Orgánicos - RTPO. 2006. Reglamento técnico para los productos orgánicos. Decreto supremo N° 044-2006-AG. Normas legales, diario oficial El Peruano. Disponible www.elperuano.com.pe.
- Reinés, A. M. M., Rodríguez, C.A., Carrillo, O. F., Loza, A. Ll. y Contreras, S. H. R. 2006. Nuevos avances en la biotecnología de la lombricultura. Editorial Universitaria. Ciudad de La Habana. Cuba. 38 p.
- Reyes, J., Ferrera-Cerrato, R., Cortez, J. y Alarcón, A. 2000. Simbiosis micorrízica y vermicomposta en el desarrollo de portainjertos de aguacate crecidos en sustratos agrícola y forestal. *Avocadosource*. pp. 64-79. Disponible http://www.avocadosource.com/journals/CICTAMEX/CICTAMEX_1998-2001/CICTAMEX_1998-2001_PG_064-079.pdf.
- Rillig, M. y Mummey, D. 2006. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist*, 171(1): 41-53. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01750.x>.
- Rodríguez, C., Martínez, J., Tejero, I., Ruíz, B., Tarifa, D. y Zuazo, V. 2018. Avocado (*Persea americana* Mill.) trends in water-saving strategies and production potential in a Mediterranean climate, the study case of SE Spain: a review. In: water scarcity and sustainable agriculture in semiarid environment, pp. 317-346.

- Rojas-Ruiz, R., Alvarado-Huamán, L., Borjas-Ventura, R., Carbonell Torres, E., Castro-Cepero, V. y Julca-Otiniano, A. 2021. Sustentabilidad en fincas productoras de café (*Coffea arabica* L.) convencional y orgánica en el valle del Alto Mayo, región San Martín, Perú. *RIVAR (Santiago)*, 8(23): 1-13. <https://doi.org/10.35588/rivar.v8i23.4916>.
- Rojas, R. 2015. Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento y composición química de la quinua (*Chenopodium quinoa* W.) variedad Hualhuas, en el distrito de Huando – región Huancavelica. Tesis pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica. Disponible en <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2452c90b-ada7-4228-ad46-ea701284705a/content>
- Romero, L. 1997. Abonos orgánicos y químicos en producción, sanidad y absorción nutrimental de papa y efecto en el suelo. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de postgraduados, México.
- Roscher, K. 1985. Surface irrigation. Characteristics, design and performance. Department of irrigation and civil engineering, Agricultural university, Wageningen, The Netherlands.
- Ruiz, W., Julca, A., y Chipana, O. 2019. Evaluación de la sustentabilidad de fincas productoras de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Valencia en la provincia de Chanchamayo, Junín, Perú. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 7: 99-121.
- Salazar, L., Domínguez, A., Yahia, E., Belmonte, H., Wall, M., Montalvo G. y González, A. 2020. Avocado fruit and by products as potential sources of bioactive compounds. *Food Research International*, 138: 109774. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109774>.
- Salazar-García, S. y Lazcano-Ferrat, I. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. Instituto nacional de investigación forestales, agrícolas y pecuarias. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Querétaro, México. 165 p.
- Salazar-García, S. y Lazcano-Ferrat, I. 1999. Diagnóstico nutrimental del aguacate Hass bajo condiciones de temporal. Proceeding world avocado congress IV Uruapan, Michoacan, Mexico. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5 (especial): 173-184.

- Salazar-García, S. y Lazcano-Ferrat, I. 2001. Identifying fruit mineral removal differences in four avocado cultivars. *Better Crops International*, 15(1): 28-31.
- Salazar-García, S., Cossio-Vargas, L. y González-Durán, I. 2009. La fertilización de sitio específico mejoró la productividad del aguacate 'Hass' en huertos sin riego. *Agricultura técnica en México* 35(4): 439-448.
- Salinas, E. 2014. La agricultura orgánica como modelo alternativo. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Distrito Federal, México. 16 p.
- Salinas, G., Díaz, F., Garza, C. y Garza, C. 2005. Efectos de la labranza y biofertilización en propiedades del suelo que afectan a la sostenibilidad de la producción de frijol. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 5(1): 30-34.
- Salinas, H. 2011. Evaluación y análisis de sustentabilidad en diferentes agroecosistemas de aguacate (*Persea americana* Mill.) orgánico en dos municipios del estado de Michoacán, México. Tesis para obtener el título de ingeniero en agroecología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.
- Salvo, J. y Ibacache, A. 1998. Manual de producción de palto. Centro regional de investigación Intihuasi, Instituto de Investigaciones Agropecuarias - INIA. La Serena, Chile. 72 p.
- Salvo, J., Leris, L., Torres, A., Olivares, N., Riquelme, J., Rodríguez, F y Abarca, P. 2017. *Manual del cultivo del palto*. Boletín INIA N°378. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile). <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/29448>.
- Sánchez-Upegui, A. 2011. Manual de redacción académica e investigativa: Cómo escribir, evaluar y publicar artículos. Medellín: Católica del Norte, Fundación universitaria.
- Sánchez, E. 2020. Identificación de fecha de anillado y evaluación del fraccionamiento de la dosis de fertilización en aguacate "Hass". Tesis de doctorado en Ciencias Biológicas Agropecuarias en el área de ciencias agrícolas. Universidad Autónoma de Nayarit. Jalisco, México.
- Sánchez, S. 2019. ¿Por qué los alimentos orgánicos son más caros que los convencionales? (en línea). Disponible en [https:// www.crhoy.com/economia/productos-organicospor-que-son-mas-caros/#](https://www.crhoy.com/economia/productos-organicospor-que-son-mas-caros/#)

- Sánchez, Y. 2016. Caracterización química del guano de aves marinas de la Isla San Jerónimo, Baja California, México y su viabilidad como fertilizante agrícola. Tesis de maestría. Centro de investigación científica y de educación superior de Ensenada, Baja California.
- Sanclemente, O. y Patiño, C. 2015. Efecto de *Mucuna pruriens* como abono verde y cobertura, sobre algunas propiedades físicas del suelo. *Entramado*, 21(1): 206-211. <https://doi.org/10.18041/entramado.2015v11n1.21137>.
- Santistevan, M., Borjas, R., Alvarado, L., Anzules, V., Castro, V., y 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.
- 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.
- Sarandón, J. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable*, 20: 393-414.
- Sarandón, S. y Flores, C. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. *Agroecología*, 4: 19-28.
- Sarandón, S. y Flores, C. 2014. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Facultad de ciencias agrarias y forestales. Universidad Nacional de la Plata. 467 p.
- Sarandón, S., Zuluaga, M., Cieza, R., Gómez, C., Janjetic, L. y Negrete, E. 2006. Evaluación de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología* 1: 19-28.
- Satchell, J. 1974. Litter-interface of animate/inanimate matter, pp. 24-25. In: Dickinson, C y Pugh, G. (eds). *Biology of plant litter decomposition*. Academic Press, Gran Bretaña.
- Saviozzi, A., Levi-Minzi, R., y Riffaldi, R. 1993. Mineralization parameters from organic materials added to soil as a function of their chemical composition. *Bioresource technology*, 45(2): 131-135.

Schaffer, B., Wolstenholme, B., y Whiley, A. (Eds.). 2013. The avocado: botany, production and uses. CABI. 525 p.

Schnug, E., Jacobs, F., y Stoven, K. 2018. Guano: The white gold of the seabirds. *Seabirds*, 81-100. DOI:10.5772/intechopen.79501.

Scialabba, N. y Hattam, C. 2003. Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria. Depósito de documentos de la FAO. Capítulo 1. Conceptos y temas generales de la agricultura orgánica. Producido por departamento de desarrollo sostenible.

Disponible: <http://www.fao.org/docrep/005/y4137s/y4137s00.htm#Contents>

Servicio para el Desarrollo Integral Rural - SEDIR. 2022. Áncash es la primera región productora de palta orgánica en Perú. Disponible <https://www.sedir.org.pe/noticia/295/ancash-es-la-primera-region-productora-de-palta-orgánica-en-peru>.

Servicio Nacional de Sanidad Agraria - SENASA. 2014. Protocolo de requerimientos fitosanitarios para la exportación de palta del Perú a China. Disponible en: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/12/protocolo-exportación-de-Palta-a-China-Español-1.pdf>

Silber, A., Israeli, Y., Levi, M., Keinan, A., Shapira, O., Chudi, G., Golan, A., Noy, M., Levcovitch, I. y Assouline, S. 2012. Response of 'Hass' avocado trees to irrigation management and root constraint. *Agricultural Water Management*, 104: 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.12.003>

Silber, A., Naor, A., Cohen, H., Bar-Noy, Y., Yechieli, N., Levi, M., Noy, M., Peres, M., Duari, D., Narkis, K. y Assouline, S. 2018. Avocado fertilization: Matching the periodic demand for nutrients. *Scientia Horticulturae*, 241: 231-240. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.094>.

Silber, A., Naor, A., Cohen, H., Bar-Noy, Y., Yechieli, N., Levi, M., Noy, M., Peres, M., Duari, D., Narkis, K. y Assouline, S. 2019. Irrigation of 'Hass' avocado: effects of constant vs. temporary water stress. *Irrigation Science*, 37(4): 451-460. <https://doi.org/10.1007/s00271-019-00622-w>

- Sileshi, G., Jama, B., Vanlauwe, B., Negassa, W., Harawa, R., Kiwia, A. y Kimani, D. 2019. Nutrient use efficiency and crop yield response to the combined application of cattle manure and inorganic fertilizer in sub-Saharan Africa. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 113: 181-199.
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S. y Deneff, K. 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil and tillage research*, 79(1): 7-31. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.03.008>
- Smith, E., Benbrook, C. y Davis, D. 2012. With the grain: a closer look at the nutrient quality of grain, grain-based products, and the role of organic agriculture. The organic center, Washington, 26p. Disponible <https://www.organic-center.org/reportfiles/WithTheGrainFinalReport.pdf>.
- Sommaruga, R. y Eldridge, H. 2021. Avocado Production: Water Footprint and Socio-economic Implications. *EuroChoices*, 20: 48-53. <https://doi.org/10.1111/1746-692X.12289>.
- Soto de la Rosa, H. y Schuschny, A. 2009. Guía metodológica: diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL. 102 p.
- Soto, G. 2003. Abonos orgánicos: definiciones y procesos. In: Soto, G., Meléndez, G. y Uribe, L. (eds). Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impactos en la agricultura. San José de Costa Rica. pp. 20-49.
- Soto, G., y Descamps, P. 2011. Certificación orgánica paso a paso: manual para familias productoras. Programa Agroambiental Mesoamericano - MAP. Fase I. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Soto, G., y Descamps, P. 2013. Certificación orgánica paso a paso: manual para familias productoras. Programa Agroambiental Mesoamericano - MAP. Fase I. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Sotomayor, C. 1992. El palto. Chile agrícola. 17 (184): 446-449.

- Sradnick, A., Feller, C. 2020. A typological concept to predict the nitrogen release from organic fertilizers in farming systems. *Agronomy*, 10(9): 1448. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091448>.
- Stepien, W., Kobińska, M. 2019. Effect of long-term organic and mineral fertilization on selected physico-chemical soil properties in rye monoculture and five-year crop rotation. *Soil Science Annual*, 70(1): 34-38.
- Strauss, A. y Corbin, J. 2002. Bases de la investigación cualitativa: Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia.
- Stupino, S., Ferreira, A., Frangi, J., y Sarandón, S. 2007. Agrobiodiversidad vegetal en sistemas hortícolas orgánicos y convencionales (La Plata, Argentina). Resumen del II congreso brasilero de agroecología. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2(1): 339-342.
- Sutton, A. 1994. Proper animal manure utilization. *Journal of soil and water conservation*, 49(2): 65-70.
- Swift, M., Bignell, D., Moreira, F. y Huising, E. 2012. El inventario de la biodiversidad biológica del suelo: conceptos y guía general. Manual de biología de suelos tropicales. Instituto Nacional de Ecología - INE. México. pp. 29-52.
- Swift, M., Izac, A. y Van Noordwijk, M. 2004. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes-are we asking the right questions?. *Agriculture, ecosystems y environment*, 104(1): 113-134.
- Szpak, P., Millaire, J., White, C. y Longstaffe, F. 2012. Influence of seabird guano and camelid dung fertilization on the nitrogen isotopic composition of field- grown maize (*Zea mays*). *Journal of Archaeological Science*, 39(12): 3721-3740.
- Taiz, L. y Zeiger, E., 2002. Plant Physiology. Third edition. Sunderland, Massachusetts: Sinauer associates, Inc., publishers.
- Tamayo, A. 2008. Nutrición y fertilización. En Bernal, J. y Díaz, C. (Eds). Tecnología para el Cultivo del Aguacate. pp. 85-107. CORPOICA. Bogotá, Colombia.

- Tapia, L., Larios, A., Hernández, A. y Guillén, H. 2014. Nutrición orgánica del aguacate cv. "Hass" y efecto nutrimental y agronómico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(3): 463-472.
- Tapia, M. y Fries, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Lima, Perú. 198 p.
- Tapia, M., Marroquin, F., Cortés, I., Anguiano, J. y Castellanos, Z. 2007. Nutrición del Aguacate. En: el aguacate y su manejo integrado. Segunda edición. Téliz, D. y Aguilera, A. (Eds.). Mundi-Prensa, México. pp. 87-107.
- Thangarajan, R., Bolan, N., Naidu, R. y Surapaneni, A., 2015. Effects of temperature and amendments on nitrogen mineralization in selected Australian soils. *Environmental Science and Pollution Research*, 22: 8843-8854. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2191-y>.
- Trejo-Escareño, H., Salazar-Sosa, E., López-Martínez, J. y Vázquez-Vázquez, C. 2013. Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(5): 727-738.
- Tremocoldi, M., Rosalen, P., Franchin, M., Massarioli, A., Denny, C., Daiuto, E., Rizzato, P., Siqueira, M. y De Alencar, S. 2018. Exploration of avocado by-products as natural sources of bioactive compounds. *Plos One*, 13(2): e0192577. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192577>.
- Trinidad-Santos, A. y Velasco-Velasco, J. 2016. Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad (México)*, 9(8): 52-58.
- Troncoso, J., Aguirre, M., Manriquez, P. y Mundigo, D. 2008. Influencia del calibre, mercado de destino y mes de comercialización en el precio de exportación de la palta Hass: Un enfoque hedónico. *Ciencia e investigación agraria*, 35(3): 333-339.
- Tuesta, O., Julca, A., Borja, R., Rodríguez, P. y 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.
- United States Department of Agriculture - USDA. 2010. Dietary guidelines for americans, 2010. Seventh edition. Department of health and human services, Washington, DC.

http://www.cnpp.usda.gov/sites/default/files/dietary_guidelines_for_americans/PolicyDoc.pdf.

- Valarezo, O., Julca, A y Rodríguez, A. 2020. Evaluación de la sustentabilidad de fincas productoras de limón en Portoviejo, Ecuador. *RIVAR (Santiago)*, 7(20): 108-120.
- Valerio, D., García, A., Acero, R., Castaldo, A., Perea, J. y Martos, J. 2004. Metodología para la caracterización de sistemas ganaderos. Documentos de trabajo. Universidad de Córdoba. 9 p.
- Valladares, J., Zárate, A., Cruz, R., Gaspar, G., y Mendoza, C. 2020. La aplicación combinada de abonos orgánicos mejora las propiedades físicas del suelo asociado al cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Scientia Agropecuaria*, 11(3): 401-408. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.12>.
- Van Kessel, J., Reeves, J. y Meisinger, J. 2000. Nitrogen and carbon mineralization of potential manure components. *Journal environment quallity*, 29(5): 1669-1677.
- Van Niekerk, W., Wolstenholme, B. y Johnston, M. 1999. Mulching and potassium relationships in Hass avocados to increase yield and fruit size. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 22: 110-114.
- Vásquez, A., Hernández, M. y Ortiz, I. 2021. Agricultura orgánica en México 2007- 2019. *Investigación Científica*, 15(1): 1-9. <https://revistas.uaz.edu.mx/index.php/investigacioncientifica/article/view/1326/1116> .
- Vásquez, K., Diaz, O., Escobedo, J. y Rodríguez, A. 2015. Estudio preliminar del efecto de diferentes volúmenes de riego sobre el crecimiento y el rendimiento del palto var. Hass, bajo condiciones salinas, Perú. Actas proceedings VIII congreso mundial de la palta.. Lima, Perú. Disponible https://www.avocadosource.com/WAC8/Section_04/VasquezK2015.pdf.
- Vázquez, J. y Loli, O. 2018. Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria*, 9(1): 43-52. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.05>
- Vázquez, J., Alvarez-Vera, M., Iglesias-Abad, S. y Castillo, J. 2020. La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos

negativos del monocultivo en suelos. *Scientia Agropecuaria*, 11(1): 105-112. doi:10.17268/sci.agropecu.2020.01.12.

Vélez, R. 2015. El café y el dilema de la sostenibilidad económica. Colombia, Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia. 17 p.

Villagarcía, S. y Aguirre, G. 2014. Manual de uso de fertilizantes para las condiciones del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima: Fondo Editorial – UNALM - Perú. 168 p.

Villalva-Morales, A., Damián-Nava, A., González-Hernández, V., Talavera-Mendoza, O., Hernández-Castro, E., Palemón-Alberto, F., Díaz-Villaseñor, G. y Sotelo-Nava, H. 2015. Nutrición química y orgánica en aguacate Hass en Filo de Caballos, Guerrero, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(11): 2169-2176. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i11.794>.

Wallis, P., Haynes, R., Hunter, C. y Morris, C. 2010. Effect of land use and management on soil bacterial biodiversity as measured by PCR-DGGE. *Applied Soil Ecology*, 46(1): 147-150. doi:10.1016/j.apsoil.2010.06.006.

World commission on environment and development - WCED. 1987. Energy. *Our common future*, 17(1): 1-91.

Webb, J., Sørensen, P., Velthof, G., Amon, B., Pinto, M., Rodhe, L., Salomon, E., Hutchings, N., Burczyk, P. y Reid, J. 2013. An assessment of the variation of manure nitrogen efficiency throughout Europe and an appraisal of means to increase manure N efficiency. *Advances In Agronomy*, 119: 371-442. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407247-3.00007-X>.

Whiley, A. y Winston, E. 1987. Effect of temperature at flowering on varietal productivity in some avocado growing areas in Australia. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 10: 45-47.

Whiley, A., Pegg, K., Saranah, J., y Langdon, P. 1987. Influence of *Phytophthora* root rot on mineral nutrient concentrations in avocado leaves. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 27(1): 173-177.

- Wiley, A., Schaffer, B. y Wolstenholme, B. 2007. The avocado: botany, production and uses. CABI. 525 p.
- Wiley, A., Smith, T., Saranah, J. y Wolstenholme, B. 1996. Boron nutrition of avocados. *Talking Avocados*, 7(2), 12–15.
- White, P. 2012. Long-distance transport in the xylem and phloem. In: Marschner P (Ed.): Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Elsevier Ltd. Amsterdam. Pp. 49–70.
- Wilkerson, V., Mertens, D., y Casper, D. 1997. Prediction of excretion of manure and nitrogen by Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 80(12): 3193-3204.
- Willer, H., y Lernoud, J. 2017. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2017. Research Institute of Organic Agriculture FiBL y International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). Disponible <https://shop.fibl.org/chde/3503-organic-world-2017.html>
- Willer, H., y Lernoud, J. 2019. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2019. Research institute of organic agriculture y international federation of organic agriculture movements. Frick (CH), Bonn, Germany. Disponible <https://www.organic-world.net/yearbook/yearbook-2019.html>.
- Willer, H., Trávníček, J., Meier, C. y Schlatter, B. 2022. The world of organic agriculture statistics and emerging trends 2022. Research institute of organic agriculture y International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). Frick, Switzerland. Bonn, Germany. Disponible <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1344-organic-world-2022.pdf>
- Winer, L., Reuveni, Y., Bar, Y., Haas, J. y Zveibil, A. 1995. Influence of autumn fertilization with nitrogen and phosphorus on root activity and development in avocado. In: Proceedings of the world avocado congress III. 172:180. http://www.avocadosource.com/temp/OLD%20WAC%20III/WAC3_p172.htm.
- Wolstenholme, B., Moore-Gordon, C. y Cowan, A. 1997. Orchard mulching effects on avocado fruiting. Proceedings in conference 97: Searching for Quality. Australian. pp. 119-130.

- Wolstenholme, B., y Wilely, A. 1999. Ecophysiology of the avocado (*Persea americana* Mill.) tree as a basis for pre-harvest management. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5: 77-88.
- Wolstenholme, B. 2013. Ecology: Climate and soils. In: The avocado, botany, production and uses. Schafer, B., Wlastenhole N. y Wilely, W. (eds). Oxfordshire, UK CABI. pp. 86-117.
- Ziegler, D. y Heduit, M. 1991. Engrais de ferme: valeur fertilisante, gestion. environnement. Institut technique du porc. Paris, France.
- Zuazo, V., Lipan, B., Rodríguez, E., Sendra, D., Tarifa, A. Nemés, Galvez, B., Carbonell-Barrchina y García-Tejero, I. 2021. Impact of deficit irrigation on fruit yield and lipid profile of terraced avocado orchards. *Agronomy for Sustainable Development* 41(5): 1-16. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00731-x>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta aplicada al productor de palto orgánico en las provincias de Huaura y Barranca de la región Lima.

I. Datos Generales		
Apellido y nombres del productor/a:		Teléfono (opcional):
Apellido paterno	Apellido materno	Nombres
1.-Asociación a la que pertenece:		
Distrito:		Localidad:
II. Datos Socioeconómicos del productor		
2.-Edad del entrevistado	 años
3.-Nivel de instrucción: ¿Cuántos años ha estudiado?	 años
4.-Personas que dependen de usted:		
Nombre	Edad	Centro de estudio
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
5.-En su localidad tiene:		<input type="checkbox"/> Posta médica <input type="checkbox"/> Escuela <input type="checkbox"/> Colegio <input type="checkbox"/> Universidad
6.-¿Cuenta con algún tipo de seguro de salud? Si _____, No _____, ¿cuál?:		<input type="checkbox"/> SIS <input type="checkbox"/> Essalud <input type="checkbox"/> EPS
7.-¿Su casa cuenta con servicios?:		<input type="checkbox"/> Agua potable <input type="checkbox"/> Desagüe
8.-Provisión de electricidad:		<input type="checkbox"/> red eléctrica pública <input type="checkbox"/> panel solar <input type="checkbox"/> batería
9.-Medio de comunicación que suele usar para informarse		<input type="checkbox"/> Radio <input type="checkbox"/> T.V. <input type="checkbox"/> Teléfono <input type="checkbox"/> Periódico <input type="checkbox"/> Internet
10.-Otra organización a la que pertenece o participa activamente		<input type="checkbox"/> Deportiva <input type="checkbox"/> Religiosa <input type="checkbox"/> Otra.....
11.-¿Dependen sus ingresos exclusivamente de la palta? Si _____, No _____, ¿de qué otra actividad?		<input type="checkbox"/> Agricultura (otros cultivos) <input type="checkbox"/> Ganadería <input type="checkbox"/> Comercio <input type="checkbox"/> Artesanía <input type="checkbox"/> Otras
12.-Cría animales: Si _____, No _____, ¿qué animales?:		
13.-¿Recibe capacitación? Si _____, No _____, ¿de quién?:		<input type="checkbox"/> MINAGRI <input type="checkbox"/> SENASA <input type="checkbox"/> Universidad, Institutos superiores <input type="checkbox"/> Organización de productores <input type="checkbox"/> Empresa privada

14.-¿Recibe asesoramiento técnico durante la campaña? Si _____, No _____, ¿de quién?:	
--	--

III. Aspecto socioeconómico del predio			
16.-Nombre del predio:	UTM:	Altitud:	
17.-El predio que usted maneja es:	<input type="checkbox"/> propio <input type="checkbox"/> alquilado		
18.-Tiene título de propiedad	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
19.-Área total (Ha)			
20.-Área del cultivo de palto (Ha)			
21.-Área de otros cultivos (Ha)			
22.-¿Usted planifico la instalación de su cultivo de palto y Si _____, No _____	¿Por qué eligió cultivar palto y no otro frutal?		
23.-¿Que cultivo tuvo antes de instalar palto?			
24.-¿En qué etapa del proceso de certificación se encuentra su campo de cultivo?			
<input type="checkbox"/> T1	<input type="checkbox"/> T2	<input type="checkbox"/> T3	<input type="checkbox"/> Orgánico con certificación vigente
25.-¿Hace cuantos años que se inició en agricultura orgánica?			
26.-¿Quién financio la certificación orgánica que posee actualmente?	<input type="checkbox"/> autofinanciado <input type="checkbox"/>soles <input type="checkbox"/> La asociación <input type="checkbox"/> La empresa exportadora <input type="checkbox"/> Otros.....		
27.-Certificadora que le otorgo la certificación orgánica:	<input type="checkbox"/> Control Unión <input type="checkbox"/> SGS <input type="checkbox"/> Kiwa BCS <input type="checkbox"/> Biolatina <input type="checkbox"/> CERESPERU <input type="checkbox"/> Imo Control Latinoamérica <input type="checkbox"/> otros.....		
28.-¿Cuenta con otro tipo de certificación?	<input type="checkbox"/> Global GAP <input type="checkbox"/> Smeta <input type="checkbox"/> Bio Suisse <input type="checkbox"/> otro.....		
29.-¿Qué patrón utiliza?			
30.-¿De dónde adquirió los plántones de palto?	<input type="checkbox"/> Vivero reconocido <input type="checkbox"/> Vivero local <input type="checkbox"/> Propagación propia <input type="checkbox"/> otros.....		
31.-¿Qué densidad de plantación tiene (plantas/ha)?			
32.-¿Qué variedad de palto? y ¿Qué edad(es) y área de cultivo de palto tiene?:	Variedad	Área en producción	Área en no producción
	Hass Fuerte Otra.....		
33.-¿Cuánto le cuesta mantener una hectárea de cultivo de palto (S/.)?			
34.-Tiene acceso a algún crédito o convenio	<input type="checkbox"/> crédito <input type="checkbox"/> convenio <input type="checkbox"/> ninguno		
35.-Porcentaje de financiamiento recibido como parte del crédito o convenio	<input type="checkbox"/> Menos del 25% <input type="checkbox"/> Entre 25% y 50% <input type="checkbox"/> Entre 50% y 75% <input type="checkbox"/> Entre 75% y 100%		
36.-Rendimiento de palto por categoría y precio de venta en la última campaña (kg/ha):	Categoría	kg	Precio de venta (S/.)
	I (160-360 g) II (100-159 g) III (100-159 g) Descarte		

37.-¿A qué empresa(as) vende su cosecha de palto?			
38.- Actividad alternativa: otros cultivos que no sean palto que tiene en su predio: ¿Área? y ¿A quién o donde lo vende? ¿Cuánto de ingresos le genera?	Producto	Área(ha)	a quien lo vende
39.-¿A cuál Junta de Usuarios de Riego pertenece?			
40.-¿Cuenta con agua de riego durante todo el año?			
41.-Dotación de agua (turnos/semana)			
42.-¿Qué sistema de riego tiene en su campo?			
() Por gravedad...por.....			
() Localizado ...por.....			
43.-¿Analiza el agua que usa para el riego?			
Si () No ()			
44.-¿Cuánto paga anualmente por el agua de riego? (S/.)			
45.-¿Cuántas personas de la familia trabajan en su predio (incluido usted)?			
46.-¿Utiliza jornaleros?			
Si () No ()			
47.-Costo del jornal en soles el último año (S/.)			
S/.			
48.-Número de jornales:			
Actividad	Con que frecuencia realiza	Numero de jornales	total
Poda			
Abonamiento			
Control de plagas			
Control de enfermedades			
Riego			
Deshierbo			
49.-¿Qué futuro cree usted que le espera al cultivo orgánico de palto?			
() Muy bueno			
() Bueno			
() Regular			
() Malo			
50.-En orden de importancia ¿Qué riesgos económicos cree usted que podría afectar al cultivo de palto en su localidad?			
() presencia de plagas y enfermedades			
() mala nutrición del cultivo			
() Fenómenos Naturales			
() Cierre de mercado por presencia de residuos prohibidos			
() Otros.....			
51.-¿Cree usted que el sistema de cultivo orgánico de palto es una alternativa para mejorar su rentabilidad?			
() Si () No			
¿Por qué?			
IV Aspectos ambientales			
52.-¿Por qué se decidió ser productor orgánico y dejar lo convencional?			
() precio			
() producir productos saludables			
() uso mínimo de insumos externos			
() cuidar el ambiente			
() otros.....			
53.-¿Realiza análisis de suelo? Si _____, No _____ ¿con qué frecuencia?:			
-			
54.-¿Cultiva otras especies entre los arboles de palto?			
-			
Si _____, No _____, ¿Qué cultivos?			
-			
55.-¿Cuenta con plan de abonamiento? Si () No ()			

56.-Abonos utilizados para el cultivo de palto:

Insumos	Sacos/ha	kg/planta	mes de aplicación	Procedencia o establecimiento	Costo del insumo (S/.)

57.-Bioabonos producidos en su predio:

Tipos	Frecuencia de producción/año	Volumen producido/año	Materiales utilizados
Compost			
Lombricompost			
Biol			
Otros			

58.-Envase para aplicación de productos:

Tipo (cilindro u otro)	Capacidad (litros)

59.-Aplicaciones foliares:

Producto	Nº de aplicac./campana	Nº de envases que gasta	Costo del producto (S/.)

60.-¿Qué tipo de poda efectúa en su cultivo?	() Vaso abierto () Piramidal () Palmeta () Otro.....
61.-¿Qué uso se les da a los residuos de la poda?	
62.-¿Cuenta con un plan de manejo de plagas y enfermedades?	Si () No ()

63.-Plagas, enfermedades frecuentes y su control:

Plaga y enfermedad	Prevención / control	Frecuencia de aplicación	Producto que usa	Costo del producto (S/.)

64.-¿Con que frecuencia realiza el control de malezas?	
65.-¿Cuáles son las malezas mas predominantes en su campo de cultivo?	

66.-Mes de inicio y fin de su cosecha de palto	
67.-¿Cuántos cortes realizo en la última cosecha?	
68.-¿Cuál es el problema de mayor importancia para Ud. durante la campaña agrícola del palto?	() Plagas () Enfermedades () Malezas () Abonamiento () Riego () Otros.....
69.-¿campo de cultivo es plano o con pendiente?	Si () No ()
70.-Si es que su terreno tiene pendiente, ¿Cuál es la orientación de los surcos?	() Curvas de nivel o terrazas () perpendiculares a la pendiente () orientados 60° con respecto a la pendiente () orientados a 30° con respecto a la pendiente () Paralelos a la pendiente
71.-¿En los últimos tres años ha cumplido con emitir los documentos solicitados por la empresa certificadora?	Si () No () () No sabe
72.-¿con que frecuencia actualiza sus registros de actividades?	
73.-¿Cumple con gestionar los envases vacíos de productos fitosanitarios?	Si () No () () No sabe

Fecha de la encuesta:

Nombre del encuestador (a):

Firma:

Algunas detalles relevantes sobre el cultivo que ha observado en el campo de cultivo durante la encuesta:

.....
.....
.....
.....
.....

Anexo 2. Análisis de caracterización del suelo, previo a la instalación del experimento con fuentes orgánicas en el cultivo de palto orgánico variedad. Hass en la provincia de Huaura.

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN																			
SOLICITANTE :		DR. SADY JAVIER GARCÍA BENDEZÚ																	
PROCEDENCIA :		LIMA/ HUAURA/ SANTA MARÍA/ LOCALIDAD SANTA ROSALÍA																	
REFERENCIA :		H.R. 65264-140SC-18																	
FACTURA :		Investigación																	
FECHA :		15/10/18																	
Lab	Número Muestra Claves	pH	CE _(1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K	Análisis mecánico			Clase textural	Cationes cambiables meq/100g				Suma de cationes	Suma de bases	% Sat. de Bases	
		(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	Arena %	Limo %	Arcilla %		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺				
1244 5	Muestra	8.63	0.23	3.2	0.52	11.8	126	85	6	9	Arena franca	4.34	0.93	0.29	0.2	5.76	5.76	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																			
																<i>Dr. Sady García BendeZú</i>		<i>Jefe del Laboratorio</i>	

Anexo 3. Análisis de caracterización del suelo, al finalizar el experimento con fuentes orgánicas en el cultivo de palto orgánico variedad. Hass en la provincia de Huaura.

INFORME DE ANALISIS DE SUELO - FERTILIDAD

SOLICITANTE : DORI FELLES LENADRO

PROCEDENCIA : LIMA/ HUAURA/ SANTA MARÍA/ LOCALIDAD SANTA ROSALÍA

REFERENCIA : H.R. 73533

FACTURA : Investigación

FECHA : 13/01/21

Número Muestra		pH	CE _(1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K	Al ³⁺ + H ⁺
Lab	Claves	(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	meq/100
142	T1	7.19	0.97	3.34	0.40	72.9	141	0.00
143	T2	7.44	0.92	3.82	0.40	80.6	127	0.00
144	T3	7.20	1.34	3.63	1.24	124.4	141	0.00
145	T4	7.24	1.29	3.72	0.87	171.6	190	0.00
146	T5	7.52	1.06	3.34	0.67	46.6	160	0.00
147	T6	7.80	0.47	4.01	0.24	9.5	97	0.00

Número Muestra		N	Nitrógeno amoniacal	Nitrógeno nítrico
Lab	Claves	%	ppm	ppm
142	T1	0.08	11.20	23.21
143	T2	0.07	11.20	16.64
144	T3	0.10	14.00	22.70
145	T4	0.10	14.00	26.86
146	T5	0.06	16.80	14.62
147	T6	0.05	8.40	7.37

Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio

Anexo 4. Análisis de fuentes orgánicas utilizadas en el experimento con fuentes orgánicas en el cultivo de palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura.

INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGÁNICA							
SOLICITANTE :		DR. SADY JAVIER GARCÍA BENDEZÚ					
PROCEDENCIA :		LIMA/ HUAURA/ SANTA MARÍA/ LOCALIDAD SANTA ROSALÍA					
REFERENCIA :		H.R. 65265					
FACTURA :		Investigación					
FECHA :		15/08/18					
Número Muestra		pH	CE _(1:1)	M.O.	N	P2O5	K2O
Lab	Claves	(1:1)	dS/m	%	%	%	%
923	Estiércol de vacuno	8.32	14.00	58.50	1.78	1.10	1.92
924	Compost	8.35	20.40	38.50	1.79	2.21	1.36
925	Vermicompost	7.81	25.60	29.31	1.77	2.39	1.52
926	Gallinaza	7.11	37.70	28.09	1.24	4.76	2.96
Número Muestra		CaO	MgO	Hd	Na		
Lab	Claves	%	%	%	%		
923	Estiércol de vacuno	2.78	0.98	24.28	0.36		
924	Compost	5.56	1.42	43.82	0.55		
925	Vermicompost	10.36	1.47	39.89	0.60		
926	Gallinaza	14.63	2.67	19.71	0.82		
						<i>Dr. Sady García Bendezú</i> <i>Jefe del Laboratorio</i>	

Anexo 5. Análisis del guano de las islas utilizado en el experimento con fuentes orgánicas en el cultivo de palto orgánico variedad Hass en la provincia de Huaura.

INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGÁNICA							
SOLICITANTE :		DR. SADY JAVIER GARCÍA BENDEZÚ					
PROCEDENCIA :		LIMA/ HUAURA/ SANTA MARÍA/ LOCALIDAD SANTA ROSALÍA					
MUESTRA DE :		GUANO DE ISLA					
REFERENCIA :		H.R. 65266					
FACTURA :		Investigación					
FECHA :		15/08/18					
Número Muestra		pH	CE _(1:1)	M.O.	N	P2O5	K2O
Lab	Claves	(1:1)	dS/m	%	%	%	%
927		6.15	24.90	8.45	3.22	0.94	1.51
Número Muestra		CaO	MgO	Hd	Na		
Lab	Claves	%	%	%	%		
927		3.58	1.33	13.21	0.61		
						<i>Dr. Sady García Bendezú</i> <i>Jefe del Laboratorio</i>	

Anexo 6. Prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney para rendimiento según sistema de riego de predios productores de palto orgánico, región Lima.

Prueba estadística ^a	Media
Mann-Whitney U	116.000
Wilcoxon W	1244.000
Z	-4.105
Asymp. Sig. (2-tailed)	<.001**

a. Grouping Variable: sistema de riego

Anexo 7. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para rendimiento (kg/ha) según el portainjerto utilizado en predios productores de palto orgánico, región Lima.

Resumen de la prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes

Total N	63
Prueba estadística	6.771 ^a
Grado de libertad	2
Asymp. Sig. (2 sides test)	.034 *

a. The test statistic is adjusted for ties

Anexo 8. Prueba de la mediana de muestras independientes para rendimiento (kg/ha) según el portainjerto utilizado en predios productores de palto orgánico, región Lima.

Comparaciones por pares del portainjerto que utiliza

Portainjerto que utiliza	Test Statistic	P-vaor	Adj. Sig. ^a
Duke 7 y Topa Topa vs Zutano y Topa Topa	.325	.569	1.000 ns
Duke 7 y Topa Topa vs Zutano	7.630	.006	.017*
Zutano y Topa Topa vs Zutano	3.376	.066	.198 ns

Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas de 2 caras).

El nivel de significación es 0,050.

a. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para pruebas múltiples.

Anexo 9. Prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney para rentabilidad según sistema de riego de predios productores de palto orgánico, región Lima.

Resumen de la prueba U de Mann-Whitney ^a	P-Valor
Asymp. Sig. (2-tailed)	<.000**

El nivel de significación es 0,050

a. Grouping Variable: sistema de riego

Anexo 10. Análisis de varianza del total de frutos/árbol del comparativo de diferentes fuentes orgánicas de palto “cv. “Hass” en la provincia de Huaura.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F. calculado	p-valor^o
Tratamiento	4925.47	5	985.09	23.32	<0.0001
Bloque	143.53	4	35.88	0.85	0.5106
Error	844.87	20	42.24		
Total	5913.87	29			

⁽¹⁾Diferencia altamente significativa (p<0.01); significativa (p>0.01<0.05); NS: No significativo (p>0.05)

Anexo 11. Análisis de varianza de número de frutos/árbol de la categoría extra del comparativo de diferentes fuentes orgánicas de palto variedad Hass en la provincia de Huaura.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F. calculado	p-valor^o
Tratamiento	3147.50	5	629.50	22.13	<0.0001
Bloque	349.80	4	87.45	3.07	0.0399
Error	569.00	20	28.45		
Total	4066.30	29			

⁽¹⁾Diferencia altamente significativa (p<0.01); significativa (p>0.01<0.05); NS: No significativo (p>0.05)

Anexo 12. Análisis de varianza de número de frutos/árbol de la categoría primera del comparativo de diferentes fuentes orgánicas de palto variedad Hass en la provincia de Huaura.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F. calculado	p-valor^o
Tratamiento	513.07	5	102.61	9.98	0.0001
Bloque	104.80	4	26.20	2.55	0.0711
Error	205.60	20	10.28		
Total	823.47	29			

⁽¹⁾Diferencia altamente significativa (p<0.01); significativa (p>0.01<0.05); NS: No significativo (p>0.05)

Anexo 13. Análisis de varianza de número de frutos/árbol de la categoría segunda del comparativo de diferentes fuentes orgánicas de variedad Hass en la provincia de Huaura.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F. calculado	p-valor^o
Tratamiento	43.07	5	8.61	2.17	0.0981
Bloque	13.53	4	3.38	0.85	0.5082
Error	79.27	20	3.96		
Total	135.87	29			

⁽¹⁾Diferencia altamente significativa (p<0.01); significativa (p>0.01<0.05); NS: No significativo (p>0.05)

Anexo 14. Análisis de varianza de rendimiento total (kg/ha) del comparativo de diferentes fuentes orgánicas de palto variedad Hass en la provincia de Huaura.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F. calculado	p-valor ⁽¹⁾
Tratamiento	62803994.90	5	12560798.98	20.45	<0.0001
Bloque	1663735.70	4	415933.93	0.68	0.6157
Error	12282751.33	20	614137.57		
Total	76750481.93	29			

⁽¹⁾Diferencia altamente significativa ($p < 0.01$); significativa ($p > 0.01 < 0.05$); NS: No significativo ($p > 0.05$)

Anexo 15. Análisis de varianza de rendimiento de la categoría extra (kg/ha) del comparativo de diferentes fuentes orgánicas de palto variedad Hass en la provincia de Huaura.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F. calculado	p-valor
Tratamiento	40467474.30	5	8093494.86	21.63	<0.0001
Bloque	5026929.43	4	1256732.36	3.36	0.0294
Error	7484371.39	20	374218.57		
Total	52978775.11	29			

Anexo 16. Análisis de varianza de rendimiento de la categoría primera (kg/ha) del comparativo de diferentes fuentes orgánicas de palto variedad Hass en la provincia de Huaura.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F. calculado	p-valor
Tratamiento	8031078.57	5	1606215.71	8.86	0.0001
Bloque	1958127.55	4	489531.89	2.70	0.0600
Error	3623965.82	20	181198.29		
Total	13613171.94	29			

Anexo 17. Análisis de varianza de rendimiento de la categoría segunda (kg/ha) del comparativo de diferentes fuentes orgánicas de palto variedad Hass en la provincia de Huaura.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F. calculado	p-valor
Tratamiento	251765.43	5	50353.09	2.54	0.0616
Bloque	76340.97	4	19085.24	0.96	0.4490
Error	396184.00	20	19809.20		
Total	724290.41	29			

Anexo 18. Análisis de varianza de rendimiento de fruta exportable (kg/ha) del comparativo de diferentes fuentes orgánicas de palto variedad Hass en la provincia de Huaura.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F. calculado	p-valor^{a)}
Tratamiento	69304700.72	5	13860940.14	20.91	<0.0001
Bloque	2277729.62	4	569432.41	0.86	0.5051
Error	13255435.30	20	662771.77		
Total	84837865.65	29			

Anexo 19. Imágenes de la aplicación de fuentes orgánicas, evaluaciones y cosecha del experimento. Imágenes sobre la diversidad, cobertura en plantaciones jóvenes y adultas de los predios productores de palto orgánico, en las provincias de Huaura y Barranca, región Lima.



Aplicación de fuentes orgánicas



Diferentes etapas de desarrollo del cultivo del experimento con distintas fuentes orgánicas



Imágenes de algunos predios productores de palto orgánico, se observa la cobertura y diversidad de especies.