

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES



Uso del sistema de bombeo con panel fotovoltaico en el manejo
agronómico del cultivo de palto variedad exportable Hass en el
valle Chaipara - Huancavelica

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO**

AUTOR

Lenner Humberto Loayza Basan

ASESOR

Juan José Monroy Ramos

Huaura, Perú

2024

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (obligatorio)	

Datos del Jurado

Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos de la obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma (Normal ISO 639-3)	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA
PROFESIONAL**

ACTA N° 031-2024-UCSS/FCAA-JD

Siendo las 11:00 horas del 25 de noviembre de 2024, a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Trabajo de Suficiencia Profesional, integrado por:

- | | |
|---|-------------------|
| 1. María Eugenia del Carmen Viloría Ortín | Jurado Presidente |
| 2. María del Carmen Villegas Montoya | Jurado Miembro |
| 3. Juan José Monroy Ramos | Asesor |

se reunieron para la sustentación virtual del trabajo de suficiencia profesional titulado 'Uso del sistema de bombeo con panel fotovoltaico en el manejo agronómico del cultivo de palto variedad exportable Hass en el valle Chaipara - Huancavelica' que presenta el Bachiller en Ciencias Agrarias Lenner Humberto Loayza Basan, cumpliendo así con los requerimientos de presentación y sustentación de un trabajo de suficiencia profesional original, para obtener el Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado lo declara:

Aprobado

En mérito al resultado obtenido, se eleva la presente acta al decanato de Ciencias Agrarias y Ambientales, a fin de que se declare EXPEDITA, para conferirle el título profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

Lima, 25 de noviembre de 2024

María Eugenia del Carmen Viloría Ortín

Jurado Presidente

María del Carmen Villegas Montoya

Jurado Miembro

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Lima, 14 de noviembre de 2024

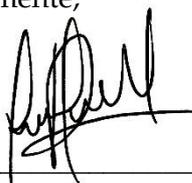
Señor,
José Victor Ruíz Ccance
Jefe del Departamento Académico
Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales UCSS

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que el trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: 'Uso del sistema de bombeo con panel fotovoltaico en el manejo agronómico del cultivo de palto variedad exportable Hass en el valle Chaipara - Huancavelica', presentado por Lenner Humberto Loayza Basan, (código de estudiante 2010100909, y DNI 71886530) para optar el título profesional de INGENIERO AGRÓNOMO, ha sido revisado en su totalidad por mi persona y CONSIDERO que el mismo se encuentra APTO para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se la ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 %**. Por tanto, en mi condición de asesora, firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



Monroy Ramos, Juan José

DNI N° 70566843

ORCID N° 0000-0003-4221-566X

Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL	2
ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
TRAYECTORIA DEL AUTOR	10
I. EL PROBLEMA	13
1.1. Planteamiento del problema	13
1.1.1. Problema principal	14
1.1.2. Problemas secundarios	14
1.2. Objetivos	15
1.2.1. Objetivo General	15
1.2.2. Objetivos específicos.....	15
1.3. Justificación.....	15
1.4. Alcances y limitaciones.....	16
1.4.1. Alcances	16
1.4.2. Limitaciones	16
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes	18
2.2. Bases teóricas	19
2.2.1. El origen del palto	19
2.2.2. Descripción botánica del cultivo	20
2.2.3. Valor nutricional.....	21
2.2.4. Variedades de palto	22
2.2.5. Producción de palta	23
2.2.6. Producción de palta en Huancavelica.....	23
2.2.7. Enfermedades del palto	23
2.2.8. Plagas del palto.....	24
2.2.9. Requerimientos agroecológicos	25

2.2.10.	Condiciones edáficas	26
2.2.11.	Energía solar	27
2.2.12.	Radiación solar	27
2.2.13.	Sistema fotovoltaicos	27
2.2.14.	Panel solar	28
2.2.15.	Inversor.....	29
2.2.16.	Bateria	29
2.2.17.	Equipo de bombeo compatible con sistemas fotovoltaicos.....	30
2.2.18.	Riego	31
2.2.19.	Sistemas de riego.....	31
2.3.	Definición de términos básicos	32
III.	PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN	34
3.1.	Metodología de la solución	34
3.1.1.	Matriz FODA y estrategias.....	34
3.1.2.	Carta Gantt	36
3.2.	Desarrollo de la solución	41
3.3.	Factibilidad técnica-operativa	46
3.4.	Cuadro de inversión.....	47
IV.	ANÁLISIS CRÍTICO	48
4.1.	Análisis de costos – beneficio	48
V.	APORTES MÁS SIGNIFICATIVOS A LA EMPRESA	51
VI.	CONCLUSIONES.....	52
VII.	RECOMENDACIONES	53
	REFERENCIAS	54
	ANEXOS	61

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama de la empresa Incavo SAC.....	10
Figura 2. Ubicación del valle de Chaipara.....	41
Figura 3. Distribución de paneles en el módulo de bombeo.....	44
Figura 4. Distribución de los módulos de bombeo con su respectivo reservorio y geotanques.....	45
Figura 5. Resultado comparativo entre los dos sistemas de bombeo.....	50
Figura 6. Capacitación hacia los productores de palta del valle de Chaipara.....	61
Figura 7. Instalación de las estructuras metálicas para el soporte de paneles solares....	62
Figura 8. Colocación de 12 paneles fotovoltaicos en el módulo de bombeo.....	63
Figura 9. Implementación y conexión del módulo de bombeo conjuntamente con los paneles solares.....	63
Figura 10. Bomba sumergible multietapa PMSM de 7.5 Hp utilizado en el proyecto...	64
Figura 11. Vista panorámica actual de los módulos de bombeo en el valle de Chaipara.....	65
Figura 12. Implementación de otros módulos de bombeo en el valle de Chaipara.....	66
Figura 13. Salida del agua por la manguera de 2 pulgadas.....	66
Figura 14. Almacenamiento del agua en el reservorio independiente.....	67
Figura 15. Incremento de calibre en la fruta (ganancia de peso y tamaño) de palta Hass.....	67
Figura 16. Mejoramiento en la producción (t/ha) de palta Hass.....	68
Figura 17. Incremento de la exportación de palta Hass en mercados internacionales...	68
Figura 18. Difusión del proyecto realizado en los medios de comunicación.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación botánica del palto <i>Persea americana</i> Mill.	20
Tabla 2. Contenido nutricional de la palta por cada 100 gramos de pulpa.....	22
Tabla 3. Tipos de paneles solares según fabricación.....	29
Tabla 4. Matriz FODA y las estrategias implementadas en el proyecto.	344
Tabla 5. Carta Gantt de la programación del proyecto.....	366
Tabla 6. Costo de la inversión para la implementación de un modelo de sistema de bombeo con panel solar.....	477
Tabla 7. Comparación de costos energéticos entre dos tipos de energía (electricidad y Fotovoltaica).....	488

RESUMEN

La palta variedad Hass en los últimos años tiene una gran importancia en la agroexportación peruana, presentando un incremento en las extensiones de las fronteras agrícolas básicamente en la costa y sierra del Perú, uno de los grandes problemas es la escasez de agua por la falta de precipitaciones. En este trabajo, se presenta como objetivo el uso del sistema de bombeo con panel solar fotovoltaico en el manejo agronómico del cultivo de palto en el valle Chaipara - Huancavelica, con la finalidad de mejorar el sistema de producción e incrementar la rentabilidad de los productores de palto de dicho valle. Se plantea la instalación de módulos de sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos que funcionara con la captación de agua del río Mantaro para luego ser llevado a una altura de 90 metros y ser almacenado en un reservorio matriz para su posterior distribución a las parcelas respectivamente, con este sistema de bombeo moderno se logró la mejora del manejo agronómico del cultivo reflejado en el crecimiento y desarrollo de la planta, presentando una mejor vigorosidad y productividad. En conclusión, la instalación de este sistema moderno redujo el costo de bombeo en comparación con otro sistema convencional (bombeo con energía eléctrica) y el costo de inversión se recuperó con el incremento de la producción de palto y la comercialización de las frutas a la empresa exportadora al año siguiente de haber instalado el módulo de bombeo con panel solar.

Palabras claves: Palto, manejo agronómico, exportación, sistema de bombeo, paneles solares y energías renovables.

ABSTRACT

The Hass variety avocado in recent years has had great importance in Peruvian agroexport, presenting an increase in the extension of agricultural frontiers basically on the coast and mountains of Peru. One of the great problems is the scarcity of water due to the absence of rains. In this work, the use of the pumping system with a photovoltaic solar panel in the agronomic management of avocado cultivation in the Chaipara - Huancavelica valley is presented as an objective, with the purpose of improving the production system and increasing the profitability of avocado producers. avocado from said valley. The installation of pumping system modules with photovoltaic panels is proposed that will work with the collection of water from the Mantaro River and then be taken to a height of 90 meters and stored in a matrix reservoir for subsequent distribution to the plots respectively, with This modern pumping system improved the agronomic management of the crop, reflected in the growth and development of the plant, presenting better vigor and productivity. In conclusion, the installation of this modern system reduced the cost of pumping compared to another conventional system (pumping with electrical energy) and the investment cost was recovered with the increase in avocado production and the marketing of the fruits to the company exporter the year after having installed the pumping module with solar panel.

Keywords: Avocado, agronomic management, export, pumping system, solar panels and renewable energies.

INTRODUCCIÓN

En la agricultura el agua es de gran necesidad, conforme pasan los años se implementan nuevas técnicas para lograr el uso óptimo de este recurso. La escasa eficacia de los tipos de riego conlleva al planteamiento de nuevas alternativas, implementado y mejorando el sistema de riego tecnificado o por goteo (Rincón, 2020).

El uso de riego tecnificado permite al productor agrario inyectar al cultivo la cantidad de agua requerida en el momento adecuado. El riego por goteo es un sistema muy eficiente porque brinda la facilidad de aplicar el agua y nutrientes a la misma vez, en forma de gotas y de manera localizada (Davalos, 2019).

A lo largo de los años, el sector agrícola ha experimentado una escasez de agua, particularmente en zonas donde los canales de riego se encuentran lejos de los cultivos, restringiendo la venta a la agroindustria, por ende, es importante incentivar al productor agrícola en la utilización de tecnologías emergentes como el sistema de bombeo solar para la extracción de agua superficial, con el fin de satisfacer sus necesidades y buscar incrementar la productividad de sus cultivos (Fernández, 2022).

Existen diversos antecedentes de estudios sobre el uso de sistemas fotovoltaicos en el sector agrícola con la puesta en marcha de diseños de riego sostenidos por paneles solares. De igual manera, se han llevado a cabo diversas investigaciones a nivel nacional relacionadas con el empleo de sistemas de irrigación por goteo apoyados en paneles solares en un cultivo de olivos en la parcela Olivanto, Boyacá, Colombia, y un lote de cultivo en Tacna. Estos sistemas logran la viabilidad en las áreas sugeridas, ya que proporcionan un retorno de la inversión inicial en menos de 5 años en comparación con un sistema que emplee gasolina y tienen una duración superior a 20 años (Mendivelso, 2016).

En la misma línea en el ámbito internacional, Guarín y Ruiz (2022) elaboraron un sistema de irrigación solar para la compañía agrícola Cactus S.A., estudiando las propiedades solares y su potencial uso en el área de influencia denominada finca 2 perteneciente a la compañía agrícola El Cactus S.A. ubicado en Toca-Boyacá. Logrando la factibilidad económica de la inversión, debido que el tiempo de retorno se dará en 8 años y producirá beneficios durante los 17 años futuros de vida útil.

Los estudios realizados evidencian la necesidad de instaurar un sistema de bombeo de agua basado en energía solar con el objetivo de incrementar los ingresos de los agricultores y mejorar su calidad de vida debido a la fuente de energía que emplea, trayendo impactos positivos a largo plazo, con la rentabilidad productiva del cultivo de palto.

En el contexto de lo anteriormente mencionado, el objetivo principal de esta investigación fue implementar y valorar la utilización del sistema fotovoltaico en el manejo agronómico del cultivo de palto variedad exportable Hass en el valle Chaipara – Huancavelica con el fin de obtener una producción sustentable.

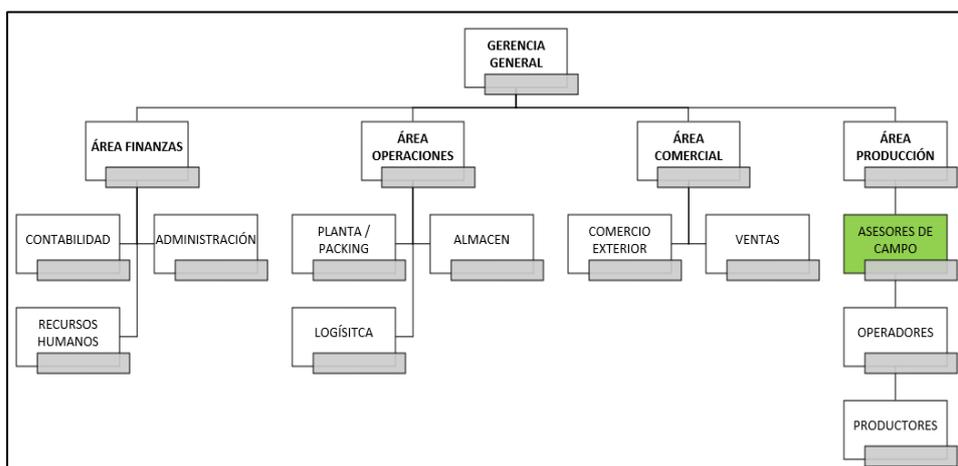
TRAYECTORIA DEL AUTOR

La empresa Incavo S.A.C. Está dedicada al rubro de la exportación de frutales, teniendo mayor especialización en la comercialización de palto variedad Hass, con presencia a nivel nacional en la costa (Arequipa, Moquegua, Ica, Lima, La Libertad y Lambayeque), en la sierra (Cusco, Apurímac, Ayacucho, Huancavelica, Junin); entre otras regiones del país, teniendo la visión de ser una compañía conocida a escala global por su venta de productos saludables preservando el medio ambiente.

La empresa viene trabajando de forma directa y articulada con productores y asociaciones de las diversas regiones del Perú, dando la asesoría en el manejo agronómico del cultivo exportable con la finalidad de asegurar la calidad y producción de los frutos. Asimismo, brinda financiamiento a los proyectos agrícolas organizados por los productores y asociaciones. En la Figura 1 se evidencia el organigrama de la empresa Incavo S.A.C. con sus respectivas áreas de procesos.

Figura 1

Organigrama de la empresa Incavo S.A.C.



Nota. El cuadro verde representa el área donde desempeñaba mis funciones.

El Perú es un país que presenta las condiciones climatológicas adecuadas para la producción de paltos, siendo las regiones anteriormente mencionadas las más favorecidas por los microclimas que presentan.

En la organización cumplía el rol de jefe zonal en las regiones Ayacucho, Apurímac y Huancavelica, realizando las funciones de identificación y reconocimiento de los productores y asociaciones que produzcan palta Hass, con la finalidad de llegar a un acuerdo comercial respecto a la exportación de la fruta, garantizando la calidad del producto con las exigencias del mercado exportable (China, Europa, Estados Unidos, Chile, Argentina, entre otros).

Los acuerdos comerciales se brindaron mediante las asesorías y seguimiento del cultivo de palta Hass en la etapa fenológica, a través de visitas y reuniones con los productores de los departamentos Ayacucho, Apurímac y Huancavelica.

Los productores que formaban parte del grupo de trabajo recibían beneficios económicos, con el objetivo de financiar y mejorar el manejo agronómico de la palta Hass, obteniendo resultados positivos en la calidad y rendimiento del cultivo.

Los productores que llevaban años trabajando con la empresa percibían abonos económicos para mejorar las condiciones de su cultivo, al mismo tiempo, los productores del valle de Chaipara aceptaron la instalación del módulo de mejoramiento del sistema de riego mediante la instalación de bombeo con energías renovables, siendo el objetivo disminuir los costos de producción, debido que la asociación trabajaba con un sistema de bombeo convencional a energía eléctrica.

En primer lugar, identificamos las limitaciones que presentaba la asociación en el sistema de producción, evidenciando la escasez de agua en el rendimiento del cultivo de palta Hass debido que los productores utilizaban sistemas de bombeo con fuente de energía eléctrica, generando un costo elevado en el pago mensual de la tarifa de energía eléctrica y la mayoría de productores no contaban con la economía suficiente para cubrir el gasto energético, provocando el corte de la energía eléctrica y la afectación directa a las plantaciones de palta.

Posterior a la identificación del problema procedimos a seleccionar el lote donde se realizó el proyecto. La asociación de valle Chaipara cuenta con 20 productores, siendo cada uno propietario de una hectárea de plantaciones de palto variedad Hass. En el año 2021, iniciamos la instalación de un módulo piloto de sistema de bombeo con panel solar, utilizando el agua del río Mantaro – Huancavelica instalamos las tuberías a una altura de 90 metros para luego almacenarlo en un reservorio matriz y ser distribuidos a los campos de paltos. Durante la etapa de bombeo analizamos la capacidad de bombeo por día y luz solar existente en el lugar de estudio. Siendo la capacidad promedio de bombeo por día de 8 horas, empezando a las 9 am y finalizando 4 pm aproximadamente.

Durante el llenado del reservorio matriz, evidenciamos la insuficiencia en la capacidad de llenado, debido que el módulo de bombeo con paneles fotovoltaicos implementado no suplía la demanda de la dimensión del reservorio. Ante ello, recomendamos a un corto o mediano plazo independizar los módulos de sistema de bombeo con paneles solares y el uso de geotanques para el almacenamiento de agua, con capacidad de riego para dos productores por dos hectáreas, y así garantizar el abastecimiento constante de agua a las parcelas de palta.

I. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Persea americana “palta”, es una especie nativo de América, en especial de Guatemala y México. En Perú, las regiones que producen más palto son Arequipa, Ayacucho, Ancash, Lima, Ica, Moquegua, La Libertad y Tacna, abarcando zonas desérticas y áreas con falta de agua. No obstante, esto no dificulta la producción y evolución de este cultivo en sus diferentes variedades, estableciéndose en 17, 500 hectáreas del territorio peruano (Anyosa, 2013).

El palto necesita cantidades determinadas de agua y esta demanda cambia durante la fase de crecimiento. La fluctuación en la cantidad de agua destinada al riego es dañina para el cultivo, tanto para la cosecha como para el árbol, impactando en las próximas temporadas agrícolas (Juárez, 2019).

La cantidad de agua necesaria para el cultivo, es importante en la producción de palta. En las estaciones de primavera y comienzos del verano el uso del agua es más significativo, dado que, en este periodo, el consumo de agua es más intenso. En esta etapa, la planta activa su área radicular presentando alta demanda nutricional. Si se presenta una carencia de agua, el crecimiento de brotes y frutos será restringido y pausado; y si se supera la cantidad de agua, los frutos pueden mostrar alteraciones fisiológicas (Ferreya y Selles, 2017).

El estrés hídrico en la palta se presenta cuando los niveles de evapotranspiración se encuentren por debajo del valor estándar de la evapotranspiración de cultivos (ETc). El estrés hídrico provoca alteraciones en los procesos de desarrollo esenciales de la palta, las cuales tienen múltiples repercusiones en su crecimiento. Uno de los impactos más relevantes es la restricción de la expansión de las flores, otro proceso que se ve afectado es el crecimiento del sistema radicular. Esto se debe a que la limitada disponibilidad de agua impacta la relación entre el crecimiento de la raíz y la parte aérea; la raíz prosigue su crecimiento en

busca de agua en áreas más profundas del suelo, mientras que la parte aérea cesa su crecimiento debido al estrés (Moreno *et al.*, 2015).

Actualmente, en la producción y competitividad de la palta, se evidencia un desarrollo tecnológico limitado en el cultivo y su transferencia. Casos como los ocurridos en el sur de Perú ponen de manifiesto las diversas restricciones a las que se ven sometidos los productores de palta alrededor de los procesos productivos. Estas restricciones se encuentran principalmente en la reducción de las unidades de producción, el acceso complicado al crédito, la ausencia de paquetes tecnológicos, la escasa investigación y apoyo técnico, y el bajo valor añadido debido a la escasez de infraestructura para empacar y exportar la palta (Dorado *et al.*, 2015).

La presente investigación tiene el propósito de evaluar el uso del sistema de bombeo con panel fotovoltaico en el manejo agronómico del cultivo de palto variedad exportable Hass en el valle Chaipara – Huancavelica.

1.1.1. Problema principal

Disminución de la productividad del palto variedad Hass con el uso de sistema de riego convencionales en el valle de Chaipara - Huancavelica.

1.1.2. Problemas secundarios

- Pérdida de la calidad de fruta exportable de palto variedad Hass por el déficit hídrico en el valle de Chaipara - Huancavelica.
- Ausencia de asistencia técnica y acompañamiento a los productores, respecto al uso de sistemas de riego con paneles fotovoltaicos.
- Incremento de costos económicos por el uso de sistemas de bombeo convencionales en el cultivo palto variedad Hass del valle de Chaipara - Huancavelica.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Implementar sistemas de bombeo con panel fotovoltaico en la mejora de la producción de palto variedad Hass en el valle de Chaipara - Huancavelica.

1.2.2. Objetivos específicos

- Mejorar la calidad de fruta exportable de palto variedad Hass, incrementando la demanda hídrica en el sistema de riego en el valle de Chaipara - Huancavelica.
- Brindar asistencia técnica y acompañamiento a los productores sobre la implementación de sistemas de riego con paneles fotovoltaicos.
- Reducir los costos de producción en el cultivo palto variedad Hass mediante el uso de sistemas de bombeo con panel fotovoltaico en el valle de Chaipara – Huancavelica.

1.3. Justificación

El valle de Chaipara carece del recurso hídrico, limitando la comercialización a la agroindustria, por tanto, es crucial motivar al agricultor a implementar tecnologías innovadoras como el sistema de bombeo solar para satisfacer sus requerimientos de irrigación de sus cultivos y potenciar su rendimiento productivo. Con la implementación del sistema de bombeo con panel fotovoltaico, se garantizó el rendimiento y calidad de la fruta exportable, implementándose el sistema de riego tecnificado utilizando energía solar, permitiendo mejorar el comportamiento de la planta a nivel radicular y foliar. De esta manera se buscó aumentar las fronteras agrícolas en la asociación Valle Chaipara, optimizando el sistema de riego e incrementando las condiciones económicas, brindando una alternativa de mejora en la producción y rentabilidad del cultivo de palto.

Dentro del enfoque de las políticas de financiamiento de la empresa INCAVO S.A.C. hacia los productores, se planteó como estrategia mejorar la calidad de la palta, aumentando los

calibres de la fruta exportable. Del mismo modo, aumento la tasa de exportación y la rentabilidad económica por cada productor de la asociación.

En las áreas remotas del valle de Chaipara, donde la red eléctrica no se encuentra disponible, los agricultores cuentan con sistemas de bombeo de agua del río mediante motobombas, debido a su sencilla instalación. Por ser maquinarias que operan con combustibles fósiles (diésel), las motobombas producen grandes efectos perjudiciales a la naturaleza como la liberación de gases de efecto invernadero (CO₂, SO₂ entre otros), elevados gastos en el sistema de bombeo debido al costo del combustible, durante su funcionamiento y mantenimiento resulta muy costoso el riego del cultivo, obstaculizando el progreso de los agricultores de Chaipara. La instalación del módulo fotovoltaico permitió la reducción significativa del costo de producción del palto.

1.4. Alcances y limitaciones

1.4.1. Alcances

Con la implementación de sistema de bombeo con panel solar, se obtuvo resultados positivos de rendimiento (t/ha.) de palta, referente a la calidad se logró incrementar el peso y tamaño de los frutos, del mismo modo, los agricultores de la asociación quedaron muy satisfechos con esta alternativa de sistema de bombeo, influyendo positivamente en la rentabilidad productiva. Paralelamente, se incrementó el volumen exportable de palta para la empresa, teniendo como resultado, mayores ingresos económicos para continuar implementando proyectos de bombeo con energía fotovoltaica en la zona sierra del Perú.

1.4.2. Limitaciones

- Es necesario considerar que la implementación del sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos requiere preliminarmente una inversión alta por los costos de instalación del módulo de bombeo (paneles solares, inversores y bombas sumergibles, etc.)

- La capacidad de implementar un nuevo sistema de bombeo por parte de los agricultores es complicado y difícil, ya que las nuevas tecnologías presentan incertidumbres respecto a los resultados esperados en los productores del valle de Chaipara.
- Es importante mencionar que los resultados esperados serán positivos, sin embargo, dependerá de las condiciones específicas de cada zona y el manejo productivo de cada agricultor respecto al cultivo de la palta.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Davalos (2019), desarrolló un sistema de riego con bombeo solar destinado a una parcela de yuca en el caserío la Guayaba - Cajamarca, sugiriendo el uso de energía solar fotovoltaica para el riego agrícola. Se instaló módulos de bombeos con paneles solares en el lugar de estudio, observándose el índice de radiación de 3,71 kWh*m²*día en un ángulo ideal de 7,5°. Además, el sistema de bombeo requiere de energía, con 40 m³ diarios de demanda de agua. La elección de la bomba solar (PS1800 CSJ8-7) se llevó a cabo basándose en el caudal y pendiente máximo. Se escogieron 16 paneles fotovoltaicos, 2 en paralelo y 8 en serie para cubrir la capacidad productiva de la potencia de 1,72 kW. El análisis financiero concluyó con un VAN de \$ 15 976,67 y un TIR del 9 %.

Mendivelso (2016), investigó sobre el uso de paneles solares en la mejora del riego por goteo en un cultivo de olivos en Boyacá, Colombia y un terreno en Tacna, Perú, determinando las zonas en las que se implementa el sistema, considerando las condiciones ambientales que sean propicias para el crecimiento del cultivo y la necesidad de los rayos solares para el funcionamiento del módulo fotovoltaico. A continuación, evaluó el área de la parcela, la localización del depósito de agua, el lugar para instalar los paneles solares y el sistema de riego, calculando la demanda de agua necesaria. Posteriormente, se llevó a cabo el estudio del suministro de extracción de agua para riego con el sistema fotovoltaico diseñado, con la finalidad de determinar la carga a sustituir. El proyecto llevado a cabo es factible en las áreas sugeridas, porque el retorno de inversión es menor a 5 años frente a un sistema convencional, no produce gastos en combustible y mantenimiento, debido que cuenta con una durabilidad superior a los 20 años.

Guarin y Ruiz (2022), en la compañía agrícola Cactus S.A., evaluaron el desarrollo de un sistema de riego fotovoltaico, estudiando las propiedades solares y su potencial uso en la finca 2 del lugar de estudio en Toca-Boyacá. La investigación se llevó a cabo en cuatro etapas, que comprenden 1). Determinar el potencial existente de radiación solar 2).

Establecimiento de estándares técnicos 3). Descripción del sistema de energía fotovoltaica 4). Valoración de los gastos. En la compañía agrícola se tiene el uso del sistema de riego tecnificado por goteo, lo que permite contar con dos bombas que producen un alto consumo de energía. Entre los hallazgos obtenidos se incluyen: 1). La emisión solar diaria de 5,08 kWh / m² 2). Historial del uso de energía entre 2018 y 2021, y el conteo de las horas de operación están vinculadas al gasto general 3). La meta de consumo de 161 kWh al día con el número de paneles establecidos 4). La inversión del proyecto a llevar a cabo ascendería a \$ 231,381,63 COP. La implementación del proyecto es económicamente viable, debido que en los 8 años se recuperara la inversión, produciendo beneficios en los próximos 17 años de vida útil 2). La propuesta implementada es precursora de nuevos procesos en la región 3). Las condiciones meteorológicas podrían perjudicar los módulos fotovoltaicos, por lo que resulta crucial su vinculación a un sistema de almacenamiento. En la investigación se observa la sencillez del sistema, incorporando el diseño de un prototipo de seguidor solar.

Fernández (2022), evaluó el diseño de un sistema de bombeo solar con el objetivo de disminuir el gasto energético en la cosecha de maíz en Batangrande, Lambayeque. Esto se realizó a través de la creación de una bomba Pedrollo sumergible (4SR33G/20) con 2Hp trifásica 380V, 8 sistemas fotovoltaicos de 340 W teniendo la potencia total de 2,720W y un reservorio para el almacenamiento de agua con una autonomía de dos días. Así, la operación se automatizará en el pozo y reservorio mediante dos sensores, cada uno de los cuales permitirá la identificación de los niveles de agua bajo, medio y alto, con el objetivo de prevenir que la bomba funcione en seco durante ciertos periodos del año. Se lograron indicadores económicos como el VAN de S/ 32,661.47 y el TIR del 20 %, lo que evidencia la factibilidad y viabilidad de dicho proyecto.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El origen del palto

El cultivo *Persea americana* “palto” es originario de América, nativo de las regiones altas de México y Centroamérica, extendiéndose hasta Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú. Forma parte del género *Persea*. Las paltas originarias de las altitudes de México se conocen como raza mexicana, las originarias de las regiones altas de Guatemala se conocen como

raza Guatemalteca y finalmente la raza Antillana fue hallada en Las Antillas; estas tres razas se originaron desde estas tres regiones (Agroarequipa, 2011).

Morales (2006), realiza la clasificación taxonómica del palto de la siguiente manera (Tabla 1).

Tabla 1

Clasificación botánica de Persea americana

Taxonomía del palto	
Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Laurales
Familia	Lauraceae
Género	<i>Persea</i>
Especie	<i>Persea americana</i>
Nombre común	Palto

Nota. Morales (2006)

2.2.2. Descripción botánica del cultivo

A) Raíz

Los cultivos de hojas perennes presentan un sistema radicular principal mayor a 50 cm de profundidad del suelo. La mayoría de las especies que provienen de suelos con abundante agua suelen presentar raíces cortas y débiles durante su ciclo vegetal (Flores, 2012).

B) Tallo

Los tallos del palto son rectos y gruesos, con la corteza suave, el color de tejido leñoso es crema con orificios anchos. Estos árboles alcanzan los 5 metros de altura, no resiste altas temperaturas o quemaduras solares y a las heladas (Flores, 2012).

C) Hojas y Pecíolo

Presenta de forma pedunculadas y elípticas, las hojas son simples, perdurables, alternas, íntegras y con nervaduras en forma de pistilo con inserción peciolada. Usualmente se presenta caída de hojas, siendo un indicador de mala adaptación a zonas inadecuadas en la producción del cultivo (Bartoli y Ángel, 2008).

D) Flores

El palto tiene flores hermafroditas con estambres, semillas, cáliz, pétalos, androceo y gineceo. Las flores del palto presentan alta fertilidad por la presencia de nueve estambres, durante la apertura floral se muestra el órgano femenino activo en las mañanas y el órgano masculino está disponible en la tarde del día siguiente (Revelo y Sisalema, 2016).

E) Fruto

Presenta una drupa periforme, alargada, ovoide, carnosa, con tonalidad que fluctúa entre los colores verde claro y verde oscuro. La textura de la cáscara y la parte comestible varían dependiendo de la raza y variedad del palto que se ha instalado (Revelo y Sisalema, 2016).

F) Semillas

La semilla del palto es de forma ovalada, con una cubierta membranosa de tamaño medio a grueso. En otras razas, la relación entre el fruto y la semilla es crucial, siendo óptimo un mayor porcentaje de pulpa. La semilla es monoembriónica, lo que significa un solo tallo, aunque en ocasiones se pueden apreciar uno o varios embriones (Baiza, 2003).

2.2.3. Valor nutricional

La palta tiene un 1,8 % de ácidos grasos, lípidos y proteínas, predominados por los ácidos oleicos, linoléicos y palmíticos, y muestra una elevada relación entre ácidos grasos insaturados y saturados. En la Tabla 2 presenta el valor nutricional de la palta, que, debido a su alto nivel de vitaminas y minerales, la sitúa como uno de los alimentos esenciales en la alimentación más balanceada (Ministerio de Salud [MINSAL], 2009).

Tabla 2*Contenido nutricional de la palta por cada 100 gramos de pulpa*

Composición	Cantidad
Energía (kcal)	131,00
Agua (g)	79,20
Grasa (g)	12,50
Proteína (g)	1,70
Carbohidratos totales (g)	5,6
Fibra cruda (g)	5,8
Potasio (mg)	600
Sodio (mg)	10
Magnesio (g)	39

Nota. Elaboración propia a partir de MINSA (2009).

2.2.4. Variedades de palto

A) Variedad Fuerte

Es una mezcla de características de la raza guatemalteca y mexicana, inclinándose hacia la alternancia. Es una planta sumamente robusta con un desarrollo inicial bastante pausado y poco precoz. Su fruto es de tonalidad verde, de forma piriforme a oblonga, con un peso que varía entre 180 y 420 gramos (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2015).

B. Variedad Hass

En el año 1926 se originó la palta variedad Hass en el huerto del Señor Hass California, proveniente de la raza guatemalteca y obtuvo su determinada patente en el año 1935. En varias partes del mundo es conocido como aguacate y es la variedad más comercializada a nivel global (MINAGRI, 2015).

2.2.5. Producción de palta

Durante la campaña de comercio agrícola del 2023, se exportaron 599, 208 toneladas de palta. Respecto al año anterior se evidencio un aumento del 9 % de exportación y del 2,7 % de producción. La palta, a nivel nacional abarca 16 regiones, particularmente en Arequipa, La Libertad, Moquegua, Lima e Ica, se suman a ellos regiones andinas de Cusco, Apurímac, Junín, Áncash, Huancavelica. El 80% de la producción proviene de la agricultura familiar, presentando cantidades menores de área agrícola (< 1 ha), aportando activamente a la cadena de exportación de la palta (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2024).

2.2.6. Producción de palta en Huancavelica

La región Huancavelica se posiciona como el octavo principal productor de palta en el país (3 % del total). En el primer semestre del 2023, la producción regional experimentó un aumento del 6 %, alcanzando un total de 25,2 mil toneladas. Durante el primer semestre de 2023, la agroexportación experimentó un crecimiento del 153 % debido al notable aumento en las ventas de palta (+263 %) y al incremento en los volúmenes de envío (+251 %) (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo [MINCETUR], 2024).

2.2.7. Enfermedades del palto

A. *Phytophthora cinnamomi* Rands

El *Phytophthora cinnamomi* es la enfermedad más relevante que afecta al palto. Esta enfermedad se distingue por la reducción del desarrollo de los árboles, la pérdida de tonalidad de las hojas, se marchitan y progresivamente adquieren un tono amarillento, hasta que finalmente ocurre la defoliación completa del árbol. El hongo infecta los pelos absorbentes volviéndolos negros y frágiles. El patógeno impacta directamente en la planta perjudicando la absorción de fuentes minerales y agua durante su ciclo vegetativo (Luis, 2015).

B. *Lasiodiplodia theobromae* Pat

Lasiodiplodia theobromae afecta a la planta con heridas frecuentes en las ramas, la necrosis afecta la corteza de la planta en forma de "V" y luego causa una muerte regresiva. El síntoma se evidencia en plantas jóvenes y adultas, provocando en casos extremos la muerte de la planta (Luis, 2015).

C. *Botrytis*

Botrytis cinérea, es un hongo gris que muestra síntomas como pudrición y caída de flores y frutos recién cosechados en entornos con altas precipitaciones. Para el control de lluvias constantes, es imprescindible incorporar un plan de medidas preventivas para las cuales podemos emplear productos fungicidas (Colonia, 2013).

2.2.8. Plagas del palto

A. Mosca de la fruta

Ceratitis capitata causa perjuicios cuando los huevos salen de las larvas, interactuando con microorganismos fungos provocando la caída y pudrición de los frutos. Se nutren de la pulpa, generando orificios hasta alcanzar el centro del fruto (Hernández, 2016).

B. Trips de los frutos

Es una plaga que afecta directamente a flores y frutos cuajados, el efecto se visualiza en la etapa de crecimiento del fruto, mostrando raspados y heridas en la epidermis. El daño ocasionado por Trips es irreversible generando pérdidas en la calidad del cultivo (Altamirano, 2016).

C. Arañita roja

Oligonychus yothersi provoca daño mediante la remoción y extracción de la savia en el haz de las hojas, causando la disminución de la clorofila y la presencia de manchas de tonalidad rojiza en las hojas. Esta es la reacción de la planta al sellar las heridas que quedaron tras la

raspadura, lo que provoca una reducción en la actividad fotosintética y una disminución del rendimiento (Altamirano, 2016).

D. Mosca Blanca

La plaga *Aleurotrachelus trachoides* es un insecto que pica y chupa; se pueden notar en el envés de las hojas la existencia de diminutos fragmentos de color negro. Los daños se concentran principalmente en las hojas del tercio inferior y de la parte interna, donde se nota el amarillamiento de las hojas (Varón *et al.*, 2008).

2.2.9. Requerimientos agroecológicos

A. Condiciones climáticas

El clima es uno de los elementos cruciales para la producción de palto, ya que no existen zonas con clima subtropical. La palta puede ser cultivada desde el nivel del mar hasta los 2,500 m.s.n.m.; no obstante, se aconseja su cultivo entre los 800 y 2,500 m.s.n.m., para prevenir problemas con enfermedades, especialmente en las raíces (Huachaca, 2012).

B. Temperatura

El palto es susceptible a temperaturas bajas, particularmente el cultivar Hass, que experimenta daños con temperaturas inferiores a $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la Fuerte a $-2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Durante la fase de floración, la temperatura ideal es de $18\text{ a }25\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante el día y de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la noche, lo que conduce a una exitosa fecundación y un buen cuajado (Huamán, 2017).

C. Radiación solar

El palto necesita de luz, sin que sea demasiado intensa para conseguir la mayor distinción floral y fomentar la actividad de los agentes polinizadores. La intensa radiación provoca el quemado de la superficie de los frutos. La total exposición a la luz solar es sumamente ventajosa para el cultivo, no obstante, tanto el tallo como las ramas primarias pueden sufrir quemaduras solares (Redagricola, 2020).

D. Humedad relativa

La palta se origina en regiones donde el calor está relacionado con las precipitaciones y la elevada humedad atmosférica. Si la humedad relativa disminuye a determinados niveles, los impactos son severos. En el proceso de floración y cosecha de frutos es necesaria una humedad del 70 al 80 %. La escasa humedad en el aire provoca la transpiración, necrotiza los estigmas y reduce la capacidad del polen para germinar (Redagricola, 2020).

E. Agua

El agua es el elemento esencial del fruto, en la mayoría de las especies varía entre el 50 y el 90 %; en el palto, llega a ser el 70 % para la madurez. En este periodo, la disponibilidad de agua debe ser elevada y el suelo debe tener la cantidad apropiada. El agua, que forma el fruto, participa en el movimiento de los componentes hidrocarbonados y minerales. La carencia de esta causa la disminución del tamaño de las frutas hasta su caída y pérdida de la cosecha (Leris, 2017).

2.2.10. Condiciones edáficas

A. Suelos

Para el desarrollo del sistema radicular es crucial que el suelo represente un alto porcentaje de macro poros, características de suelos con estructura sólida, especialmente por su alto contenido de materia orgánica, dado que el sistema radicular es superficial y el 80% de las raíces se ubican en los primeros 30 cm del suelo (Reina, 2016).

B. pH de los suelos

El pH necesario para el crecimiento del palto es de 5 a 7,5, si supera el neutro, se manifiestan síntomas de clorosis férrica, reduciendo la disponibilidad de microelementos. El suelo presenta la mayor presencia de nutrientes a un pH próximo a la neutralidad (6,5 a 7,5) y la mayor retención de estos cuando el pH se desvía de 7,0 (MINAGRI, 2015).

2.2.11. Energía solar

La luz solar es utilizada como fuente de calor y energía térmica mediante el uso de captadores solares para convertirse en energía eléctrica por medio de células fotovoltaicas y esta proviene del sol constituyendo la fuente de energía más importante que llega a la tierra, suministrando el 99,9 % y es usada en todos los procesos productivos (Benito y Ruiz, 2018).

2.2.12. Radiación solar

Las horas sol pico está vinculada con la cantidad de horas solares en un día que se corresponden con la radiación global de 1000W/m^2 durante un lapso de tiempo específico. La radiación solar se libera en forma de radiaciones electromagnéticas, las cuales son absorbidas por la superficie terrestre. La constante solar se refleja en la parte alta de la atmósfera de la Tierra, con una potencia promedio de 1357 W/m^2 (Farfán y Campos, 2019).

A. Radiación solar en el Perú

En Perú, la energía solar se encuentra en todo el territorio. La disponibilidad de energía solar es bastante amplia y constante a lo largo del año, ubicándose casi siempre en un margen de $\pm 20\%$ del promedio anual (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI, 2018]).

Según Huacho (2021), en la región de Huancavelica, en el 2019, el índice de radiación solar ultravioleta UV se ubicó en rangos de 6,89 - 8,95 del Índice Ultravioleta (IUV), frente al protocolo de categoría de exposición de la OMS, se encuentran entre niveles elevados y muy elevados. En relación con el protocolo de clasificación de exposición de la OMS, la radiación del 2021 (7,92) IUV se categoriza como de alta.

2.2.13. Sistema fotovoltaicos

El sistema fotovoltaico es el que proporciona energía eléctrica a un circuito eléctrico externo a través de la radiación solar que impacta en un componente conocido como celda

fotovoltaica a causa del fenómeno fotoeléctrico que produce energía eléctrica. Está compuesto por el generador (Celdas fotovoltaicas), las baterías, el regulador de carga y carga en corriente continua (CC), así como el alimentador de cargas en corriente alterna, para lo cual es necesario un inversor (Vargas, 2022).

A. Celda fotovoltaica

Es el componente fundamental del sistema fotovoltaico, pues mediante los fotones provenientes del sol convierte esta energía en energía eléctrica. Su funcionamiento se basa en el principio del efecto fotoeléctrico, generando la liberación de electrones de un conductor cuando la luz incide en él. Los electrones libres se mueven en una misma dirección debido a la influencia de un campo eléctrico, generando así una corriente eléctrica (Vargas, 2022).

2.2.14. Panel solar

Es un grupo de células solares equivalentes, vinculadas de manera que puedan proporcionar las condiciones ideales de tensión y corriente para ser incorporadas en un sistema de producción de energía (Asmat, 2018).

A. Tipos de paneles solares

En la Tabla 3 se evidencia los tipos de paneles implementados en el mercado peruano, por la tecnología utilizada en la producción y fabricación de células (Asmat, 2018).

Tabla 3*Tipos de paneles solares según fabricación*

Silicio	Rendimiento de laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
Monocrystalino	24 %	15-18 %	Son tipos azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre si	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
Policristalino	19-20 %	12-14 %	La superficie es estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
Amorfo	16 %	< 10 %	Tienen un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico

Nota. Tabla tomada de Asmat (2018).

2.2.15. Inversor

Es responsable de controlar corriente de carga de las baterías y la tensión, previniendo la descarga y sobrecarga, garantizando un uso más eficaz y extendiendo la duración de las baterías. Entre sus funciones se incluyen restringir la energía proporcionada a la batería, evitar sobrecargas, desconectar la batería cuando se encuentra cargada y actúa como núcleo de cables para el panel, las baterías y la carga (Timana, 2019).

2.2.16. Bateria

Las baterías almacenan la energía obtenida de los paneles solares, ofreciendo una alta potencia inmediata. El factor crucial a considerar para un sistema fotovoltaico al seleccionar

las baterías es su capacidad, lo que se refiere a la cantidad de energía eléctrica que se puede obtener en una descarga total de este, partiendo de un estado de carga completa (Timana, 2019).

2.2.17. Equipo de bombeo compatible con sistemas fotovoltaicos

A. Bombas centrífugas

Se caracterizan por poseer un motor que impulsa el agua a través de una fuerza centrífuga y tienen una velocidad elevada que facilita el arrastramiento del agua a través de su eje y su extracción radialmente a la tubería a la que están conectadas. Se dividen en dos categorías: las superficiales y las sumergibles, ya que son idóneas para suministrar agua a alturas superiores a 60 metros, en función del volumen y los tipos de impulsores utilizados (Mendivelso, 2016).

Las bombas superficiales se colocan al nivel del suelo y no funcionan correctamente si el pozo de succión supera los 8 metros (García y Peñuela, 2019).

Las bombas centrífugas sumergibles se distinguen por su conexión vertical entre un motor y una bomba, además de tener varios impulsores, a los que se les conoce como bombas de paso múltiple (García y Peñuela, 2019).

B. Bombas volumétricas

Las bombas volumétricas se emplean en sistemas de bombeo que necesitan flujos de alta presión y profundidades elevadas. Algunas de estas bombas cuentan con una cámara sellada que incluye un pistón y un cilindro para el desplazamiento de cantidades de agua (Mendivelso, 2016).

Bombas neumáticas de cilindro

Las bombas neumáticas de cilindro son ampliamente empleadas en aplicaciones de bombeo mecánico energizado. Su mecanismo de operación se lleva a cabo cuando el pistón se baja, libera la acumulación de agua en su cavidad y, al elevarse, impulsa el agua hacia la superficie (Mendivelso, 2016).

Bombas de membrana o diafragma

Las bombas de membrana transportan el agua mediante diafragmas fabricados en un material duradero y dúctil. Así, los diafragmas se convierten en goma protegida de materiales artificiales (Mendivelso, 2016).

2.2.18. Riego

El riego implica proporcionar agua al terreno para que las plantas obtengan el abastecimiento necesario, promoviendo su crecimiento. La necesidad de agua en los palto, al igual que en cualquier otra planta, se determina por su tamaño, su follaje, el clima y la estación del año. Es importante recordar que el 55 % de las raíces del palto se encuentran en los primeros 20 cm del suelo, el 36 % se sitúa entre los 20 y 40 cm y únicamente el 9 % de las raíces se encuentra entre los 40 y 60 cm. La implementación de riego por goteo posibilita un aprovechamiento óptimo del agua (ahorra entre el 30 % y el 50 % de agua), y se debe considerar la edad de las plantas de palto para la cantidad de goteros que se utilizaran (MINAGRI, 2016).

2.2.19. Sistemas de riego

El sistema por goteo implica el suministro de agua constante a baja y media presión, a través de mangueras de plástico situadas dentro o próximas al área radicular de la planta. Este riego permite un control más efectivo de la humedad del suelo y del entorno próximo a las plantas, lo que resulta en un mejor crecimiento de los cultivos y una disminución de la presencia de hongos y bacterias en los cultivos (Ranilla y Mamani, 2023).

2.3. Definición de términos básicos

- **Palto:** Es una especie polimorfa arbórea, procedente de una extensa región geográfica, que se propaga desde las sierras centrales hasta la costa Pacífica de Centroamérica. En Perú, el término palta se deriva del quechua y se utiliza para referirse a una etnia amerindia. El palto es un árbol verde que puede alcanzar una altura de 12 a 24 metros, sus hojas son de forma elíptica u oval con un largo de 7,5 a 25,4 centímetros, sus flores son de tamaño reducido, de color verde y con una consistencia de manteca. La palta ofrece una comida abundante en nutrientes y fitoquímicos, con niveles considerables de: potasio, fibra alimentaria, vitamina A, magnesio, vitamina C, vitamina E, entre otros elementos nutritivos (Whiley, et al., 2007).
- **Manejo agronómico:** Son tareas culturales que se llevan a cabo para la preparación de un cultivo, asegurando la calidad del producto y las mejores cosechas, llevando a cabo tareas como riego, deshierbo, aporque, poda, entre otras. La gestión agronómica del palto requerirá que el agricultor enfoque su mayor esfuerzo en su cultivo para convertir esta inversión en lucro durante 50 años de existencia comercial (Agrobanco, 2011).
- **Riego tecnificado:** Los sistemas de riego tecnológicos facilitan la optimización del uso del agua y proporcionan a los cultivos la cantidad requerida de forma eficaz para su crecimiento, minimizando así el derroche de este preciado recurso, y disminuyendo simultáneamente el peligro de erosión. La eficacia del sistema de riego tecnológico se mide por la relación entre el consumo de agua de las plantas y el suministro de agua desde la bocatoma (Huaylla, 2019).
- **Exportación:** Es la venta de productos producidos en un país para residentes de otro de con el objetivo de suplir necesidades e incrementar las oportunidades de mejora entre los mercados extranjeros. Perú se posiciona como el segundo principal exportador de palta a nivel global, dominando 13 mercados globales y exportando más de 36 mil toneladas de este fruto verde para el 2023 (MIDAGRI, 2024).
- **Sistema de bombeo:** Es un grupo de construcciones civiles, conductos, equipamiento y complementos, que captan el agua directamente del suministro de agua (lagos, ríos,

aguas subterráneas, presas) y la conducen a un depósito de almacenamiento temporal de agua. Los componentes de un sistema de bombeo incluyen: la caseta de bombeo, la cisterna de bombeo, el equipo de bombeo, el grupo energético, la tubería de succión, la de impulsión, los tableros, el control eléctrico y el sistema de ventilación natural o a través de dispositivos (Cafaggi *et al.*, 2021).

- Paneles solares: Son dispositivos hechos de metales frágiles a la luz que liberan electrones al impactar con la luz. Los paneles absorben la energía solar y la convierten directamente en corriente continua, la cual se almacena en acumuladores para ser utilizada en diversas funciones. Están compuesto de celdas fabricadas con silicio, capaces de producir cada una de 2 a 4 amperios, con un voltaje de 0,46 a 0,48 voltios (Arencibia, 2016).
- Energía solar: Es un recurso de energía renovable, fundamentalmente sin contaminación y prácticamente sin restricciones para el ser humano. Su uso puede llevarse a cabo transformando la radiación electromagnética que proviene del sol en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. La transformación directa de energía solar en energía eléctrica se consigue a través del uso de aparatos electrónicos conocidos como celdas fotovoltaicas (Laborde y Williams, 2016).
- Energías Renovables: Hace referencia a las energías cuya renovación supera la cantidad de uso y provienen de fuentes naturales que pueden ser reemplazadas más rápido de lo que se pueden consumir. Las energías renovables proporcionan energía sin restricciones, no generan emisiones de efecto invernadero, no generan desechos y se encuentran en la naturaleza en formas como energía eólica (acción del viento), energía solar fotovoltaica (acción de los rayos solares), energía hidráulica (acción del agua) y energía de biomasa (residuos orgánicos) (Vivanco, 2020).

III. PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN

3.1. Metodología de la solución

3.1.1. Matriz FODA y estrategias

La Tabla 4 analiza la herramienta de análisis de la situación del proyecto ejecutado, examinando las características internas y externas, lo que proporciona un diagnóstico auténtico para proceder a tomar decisiones en consonancia con los objetivos propuestos.

Tabla 4

Matriz FODA y las estrategias implementadas en el proyecto

FACTORES INTERNOS	
Fortalezas – F	Debilidades – D
1. Tener un lazo comercial con mercados agroexportadoras y equipo técnico calificado.	1. Escasa información respecto a sistemas de bombeo con paneles solares en cultivo de palto.
2. Financiamiento del proyecto de implementación del sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos.	2. Pendiente pronunciado del terreno de captación dificultando las instalaciones de bombeo.
3. Agricultores predispuestos a implementar el sistema de bombeo fotovoltaico.	3. Resultados de retorno de inversión a mediano plazo.
4. En el Valle Chaipara se cuenta con sol durante todo el año.	4. En temporada de invierno disminuye la radiación solar y la potencia de bombeo.
5. El recurso hídrico en el lugar es constante debido que la cuenca del Mantaro abastece a la mayoría de los distritos de la provincia de Churcampa.	5. En épocas de estiaje se tiene que empozar el agua a fin de sumergir la

		bomba para iniciar el bombeo del agua.	
FACTORES EXTERNOS	Oportunidades – O	Estrategias – FO	
	1. La geografía del Perú con sus diferentes zonas y climas, permite desarrollar el proyecto en diferentes regiones del país.	1. Expandir el sistema de bombeo con paneles solares hacia las demás regiones del país.	1. Ubicar agricultores y asociaciones para la implementación del sistema de bombeo con paneles solares.
	2. Alianzas con las empresas privadas y gobiernos locales para la instalación de sistemas bombeo con paneles solares y lograr el crecimiento de la frontera agrícola.	2. Abrir nuevos lazos comerciales con otras asociaciones dedicadas al cultivo de palta en la región Huancavelica.	2. Gestionar asesoramientos y capacitaciones para generar mayor difusión respecto al sistema de bombeo con paneles solares, para dar a conocer las características del sistema de bombeo.
		Estrategias – DO	
	Amenazas – A	Estrategias – FA	
	1. Prejuicio de la efectividad de funcionamiento del sistema de bombeo con paneles solares.	1. Brindar capacitaciones, difundir las investigaciones y proyectar los resultados del piloto realizado.	
	2. Exposición a robos de los paneles solares porque están expuestos.	2. Contar con estructuras más seguras y adecuadas, para la protección de los paneles solares y la bomba sumergible.	

Presentación del equipo técnico de la empresa hacia los productores de palto del Valle de Chaipara

Presentación de cotizaciones para la implementación del módulo de sistema de bombeo con panel solar

Reunión con los productores de palto para la aceptación de la cotización en la implementación del módulo de bombeo

Instalación de las estructuras metálicas para el soporte de los paneles solares

Instalación del módulo de bombeo con paneles solares (bombas, inversor, paneles solares,)

Revisión y prueba de las instalaciones de tuberías para el paso del agua.

Instalación de geotank para el

almacenamiento del agua.

Prueba de funcionamiento del sistema de bombeo con paneles solares

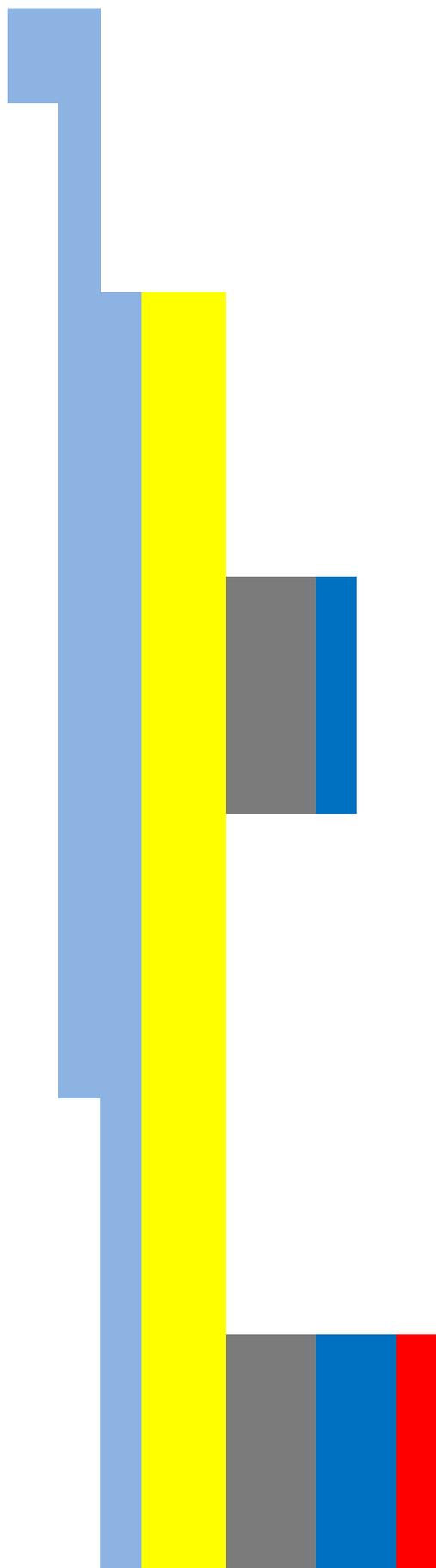
Capacitación a los productores sobre el uso y mantenimiento del sistema de bombeo con paneles solares.

Almacenamiento de agua en los geotanques instalados en las parcelas de los productores.

Distribución de agua mediante la implementación del sistema de riego por goteo en las parcelas definidas.

Programación de la dotación de riego de acuerdo a la etapa fenológica de la planta de palto

Implementación de programas de fertirriego según la etapa fenológica del palto



Manejo agronómico y asesoría a los productores de palto (riego fertilización, aplicaciones)

Seguimiento

personalizado a cada productor en el manejo agronómico según la etapa fenológica del palto

Manejo de fertilización en la etapa de crecimiento de fruto

Reunión con el productor y programación de cosecha

Recolección de muestras para materia seca, análisis de residuo químico, análisis de metales pesados en la fruta de palta.

Aprobación y autorización para la cosecha de palta

Inicio de la cosecha de palta entre los productores



Acopio de las frutas cosechadas de todos los productores del Valle de Chaipara

Traslado de la fruta a la planta de proceso (Huancavelica – Ica)

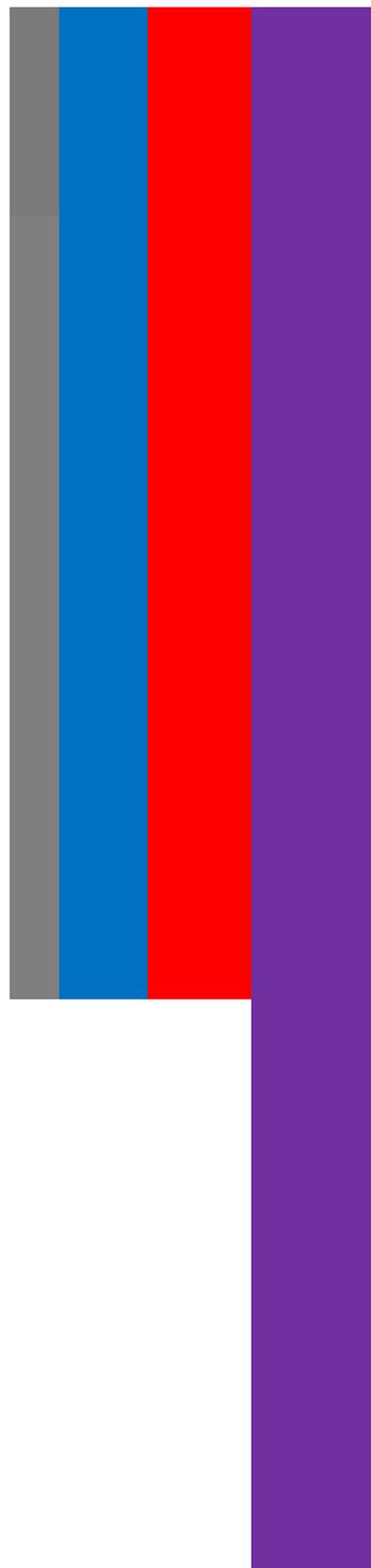
Inicio de proceso de la fruta en planta (packing) – (Ica)

Reporte de proceso y cantidad de fruta exportable

Análisis de rentabilidad en función al reporte de proceso con los agricultores del Valle de Chaipara.

Análisis y evaluación final del proyecto conjuntamente con todos los productores de palto del Valle de Chaipara

Recepción de oportunidades de mejora respecto al proyecto implementado.



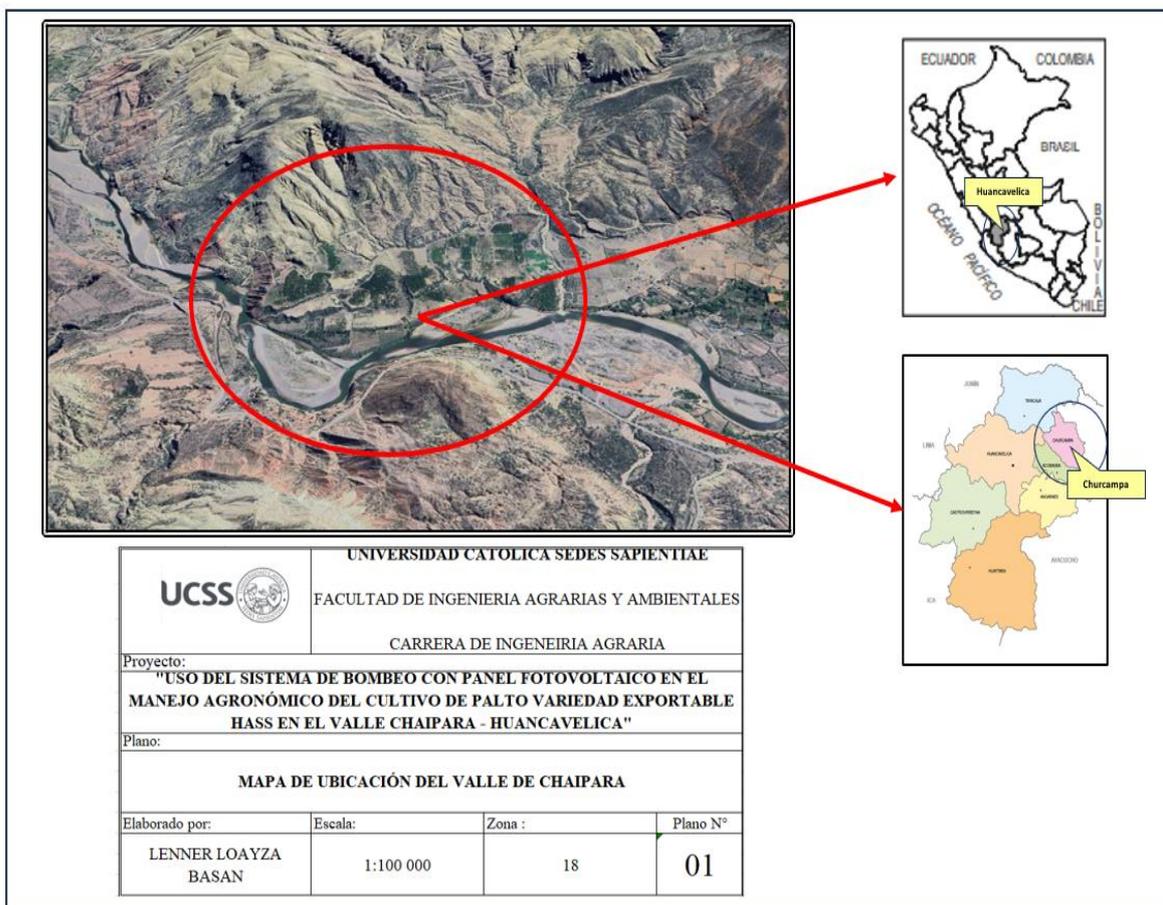
Nota. Actividades realizadas en la campaña agrícola 2021 – 2022 previo y durante la instalación del módulo de sistema de bombeo.

3.2. Desarrollo de la solución

El proyecto se desarrolló en el valle de Chaipara, ubicada en el distrito de La Merced, Provincia de Churcampa y Departamento de Huancavelica, ubicándose en la cuenca baja del río Mantaro, una superficie de 36 ha. El área de estudio se encuentra ubicada geográficamente entre 12°48'20" latitud sur y 74°23'24 longitud oeste del Meridiano de Greenwich, a una elevación de 2212 m s.n.m (Figura 2).

Figura 2

Ubicación del valle de Chaipara



Nota. Elaboración propia.

En el año 2007 las entidades locales y organizaciones del estado financiaron el proyecto de instalación de sistema de bombeo con fluido eléctrico, abarcando la instalación de riego tecnificado a cada parcela de los productores de palto del valle de Chaipara, durante los tres

primeros años de haber iniciado el proyecto, la municipalidad distrital costeo la tarifa de bombeo (consumo eléctrico) y mantenimiento, posterior correspondería realizar el pago a los productores de palto siguiendo el principio de autosostenibilidad del mismo.

A partir del año 2010 en adelante, los productores del valle de Chaipara realizarían el pago de las tarifas mensuales de consumo eléctrico y mantenimiento del sistema de bombeo, generando inconvenientes en el riego, debido que solo regaban 8 horas mensuales y pagaban tarifas altas de electricidad. Consecuencia de ello, las plantaciones de palta no cumplían con el requerimiento hídrico básico que necesitaba el cultivo.

La escasez de agua dificultaba el rendimiento del cultivo de palta, esencialmente en la etapa de crecimiento de frutos donde la presencia del agua es importante para que la planta asegure la ganancia de peso y tamaño, viéndose reflejado en los calibres de frutos para la comercialización. Sin embargo, el problema del déficit hídrico era continuo todas las campañas por las tarifas altas del costo del sistema de bombeo.

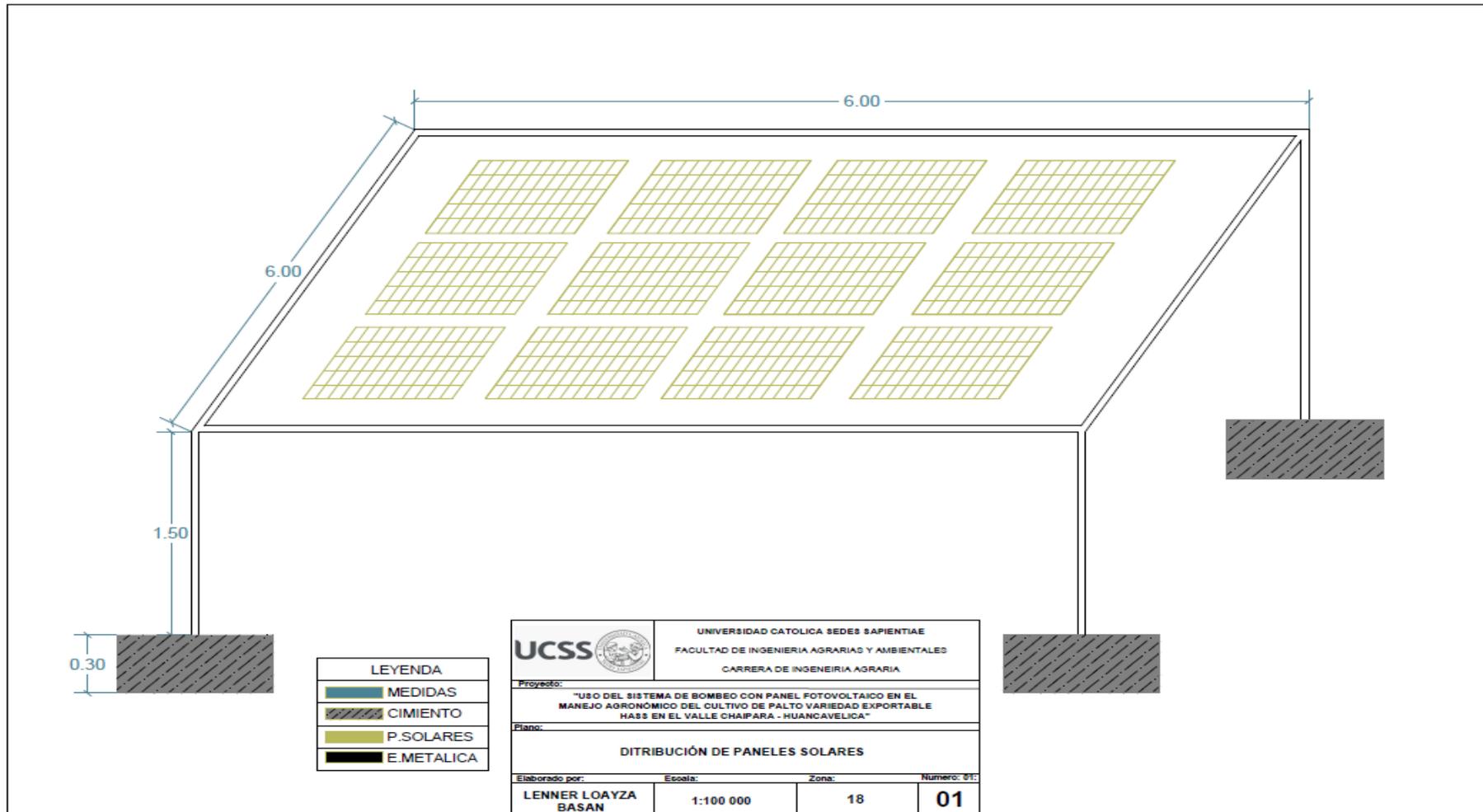
En ese contexto, a finales del 2017, ingreso a trabajar en una empresa exportadora de palta, con el objetivo de incrementar el volumen de exportación en la ventana temprana (cosecha entre los meses de diciembre a marzo) y garantizando la calidad de los frutos para la exportación; en ese sentido, nos contactamos con los productores del valle de Chaipara e iniciamos un lazo comercial y asesoría de manejo agronómico del cultivo de palto.

Los primeros años de trabajo fueron complicados, debido que, los campos de palto producían bajo volumen exportable. El relieve del valle de Chaipara permitió a los agricultores captar agua del río Mantaro y elevarlo a 90 metros de altura donde se encontraban los campos de cultivo, generando el incremento de los costos de producción por el sistema de bombeo eléctrico y en el peor de los casos el abandono de los cultivos por parte de los productores.

Ante la problemática identificada, en junio del año 2021, planteamos a los agricultores el programa de financiamiento que tenía la empresa, con el objetivo de reducir el costo en el sistema de bombeo (uso de energía eléctrica) e incrementar la producción de palta en los terrenos de cultivo, por ende, planteamos la implementación de nuevas tecnologías utilizando energías renovables.

Previa reunión con los agricultores se acordó la instalación de un módulo de sistema de bombeo con panel solar. La idea fue transmitida a la gerencia de la empresa para su análisis, evaluación y posterior aprobación del proyecto con el objetivo de incrementar el volumen y calidad en la producción de palta exportable.

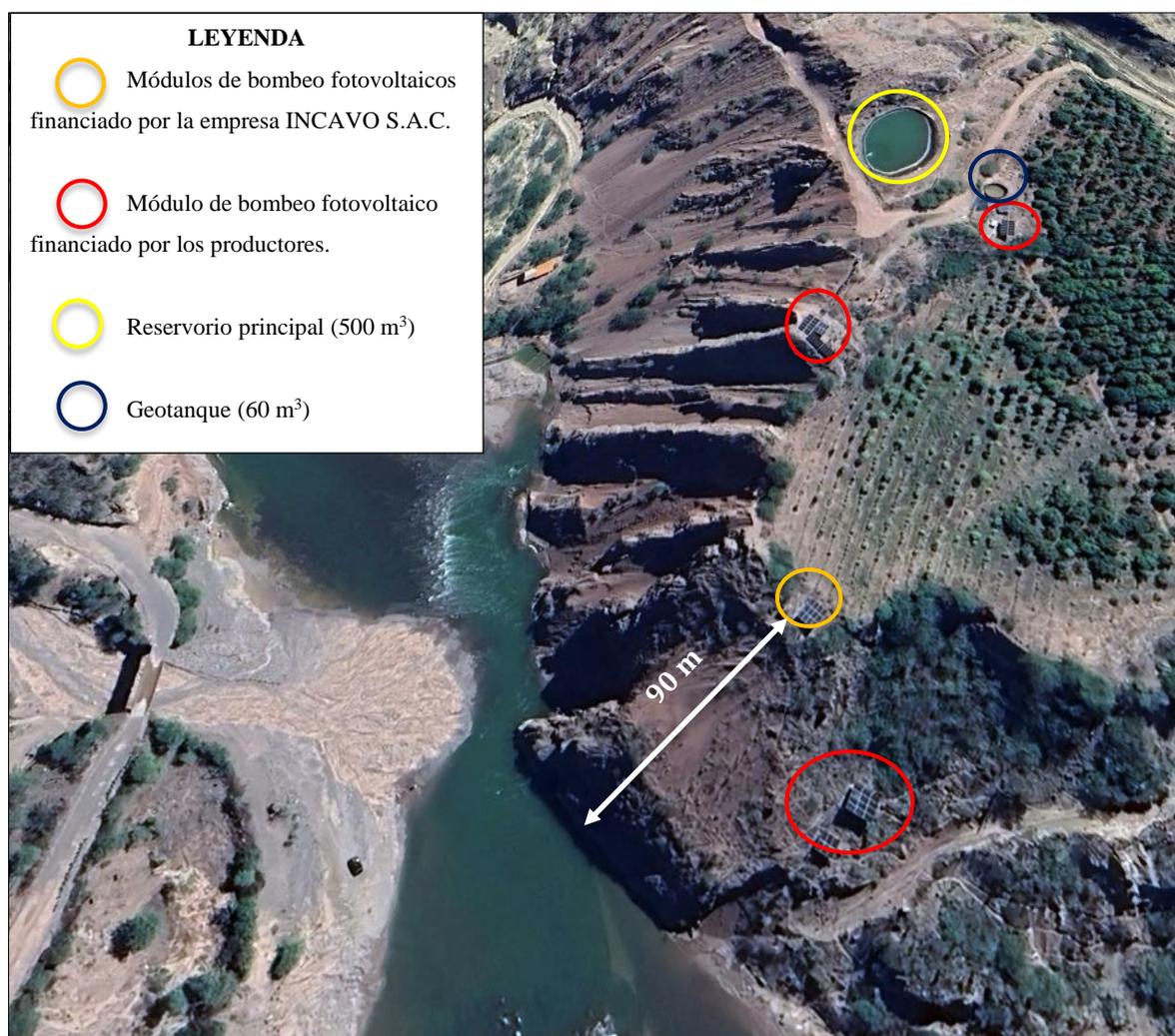
Para implementar el módulo de sistema de bombeo fotovoltaico era necesario el almacenamiento del agua en un reservorio, por ende, se empezó a brindar mantenimiento al reservorio construido en el año 2007. En julio del 2021 iniciamos la construcción e instalación del módulo, armando la estructura metálica (6m * 6 m) sobre un cimiento de concreto, colocando 12 paneles solares sobre la estructura armada, posterior continuamos con la instalación del cableado eléctrico desde el transformador hacia la bomba sumergible de 7,5 Hp (caudal de 45 m³/día) que se encontraba en las orillas del río Mantaro (90 m de pendiente), seguido instalamos las mangueras HDPE de 2 pulgadas para el bombeo de agua hacia el reservorio matriz (500 m³) de la asociación. En la Figura 3 se evidencia el prototipo de la instalación del módulo de bombeo con panel fotovoltaico.

Figura 3*Distribución de paneles en el módulo de bombeo**Nota.* Elaboración propia.

Las primeras pruebas de bombeo se realizaron de forma óptima, pero la capacidad de bombeo no era suficiente para llenar el reservorio, según los cálculos realizados, para lograr el llenado completo se tomaría 15 días continuos por 8 horas de bombeo diario, lo cual, no suplía la demanda hídrica que requería las plantas de palto. Ante ello, se planteó la solución de implementar nuevos módulos de bombeo fotovoltaico que ya serían financiados por los productores y dependería de los resultados que se obtendría, paralelo a ello la implementación de geotanques de capacidad de 60 m^3 independizados por cada productor. En la Figura 4 se muestra la distribución actual de los módulos de bombeo fotovoltaicos, reservorio principal y los geotanques en el Valle de Chaipara.

Figura 4

Distribución de los módulos de bombeo con su respectivo reservorio y geotanques



Nota. Imágenes extraídas de la plataforma Google Earth.

El tiempo de llenado de agua en los geotanques (60 m^3) se redujo a 1 día y medio con un tiempo de bombeo de 8 horas por día, realizando el riego por sistema de goteo de 3 veces a la semana durante 3 horas, cubriendo el riego de las 2 ha de cultivo de palto por cada productor al 100 %.

Obtenido los resultados del módulo piloto, realizamos la asesoría técnica del manejo agronómico de la palta con el fin de mejorar la calidad y tamaño de la fruta exportable. Del mismo modo, armamos lazos estratégicos comerciales con los productores del valle de Chaipara con el objetivo de garantizar la cosecha temprana de su fruta y mejorar la rentabilidad económica del mismo.

3.3. Factibilidad técnica-operativa

La viabilidad técnica y operativa de este proyecto se fundamentó en factores de análisis técnicos, económicos, operativos y ambientales:

- El lugar donde se instaló el módulo presenta índices de radiación solar todo el año, favoreciendo el uso de los paneles solares.
- Se contó con la predisposición de los productores del valle de Chaipara en implementar la estación piloto.
- Respaldo de la empresa en financiar el módulo de sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos.
- Equipo de técnico calificado para brindar el soporte durante toda la etapa, desde la instalación del primer módulo hasta la comercialización y exportación de la palta.
- El acceso a mercados internacionales permitió conocer sobre el sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos para replicarlo en las zonas remotas de la sierra peruana.

3.4. Cuadro de inversión

En la Tabla 6 se muestra el costo del sistema fotovoltaico para el bombeo de agua con una capacidad de bombeo de 45 m³ por día, en una pendiente de 90 metros de altura.

Tabla 6

Costo de la inversión para la implementación de un modelo de sistema de bombeo con panel solar

Categoría	Cantidad	Precio Total (S/)
Bomba solar sumergible 7.5 HP	1	7,000.00
Panel solar mono cristalino	12	12,000.00
Inversor	1	4,500.00
Cable eléctrico N2x0H 4mm.x4	100 metros	2,3000.00
Geotanque capacidad 60 m ³	1	5,500.00
Tablero de control	1	150.00
Manguera 2 pulgadas HDPE	2 rollos	700.00
Estructura metálica (soporte panel)	1	2,500.00
Servicio de transporte e instalación	1	1,500.00
Imprevistos (8 %)		2,892.00
Total		39,042.00

Nota. Elaboración propia de la información recopilada

En la Tabla 6, se detallan los componentes clave de la instalación de un panel fotovoltaico. Otros complementos como tornillos, soportes, uniones, varillas y otros, no se reflejan ya que no son tan relevantes, pero deben ser considerados en el valor final, considerándose un 8 % de imprevistos.

IV. ANÁLISIS CRÍTICO

4.1. Análisis de costos – beneficio

En el estudio económico se realizó la comparación de los gastos energéticos entre dos tipos de energía (electricidad y fotovoltaica), tal como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7

Comparación de costos energéticos entre dos tipos de energía (electricidad y Fotovoltaica)

Fuente de energía	Eléctrica	Fotovoltaica
Eficiencia	30 %	100 %
Coste por unidad	S/. 1,45 kWh	S/. 0
Costo electricidad diario	S/. 34,80	S/. 0
Costo electricidad mensual	S/. 1,044,00	S/. 0
Costo electricidad anual	S/. 12,528,00	S/. 0
Costo en 3 años		
Costo	S/. 37,584,00	S/. 0
Mantenimiento motor	S/. 1000,00	S/. 0
Coste inicial	S/. 5000,00	S/. 0
Costo total	S/. 43,584,00	39,042,00

Nota. Comparación entre las fuentes de energía utilizados en el presente proyecto.

La tabla 7 muestra que, al evaluar el costo de cada tipo de energía en 3 años, la solución solar resulta considerablemente rentable que la tradicional, que utiliza energía eléctrica; se ha observado actualmente un incremento considerable en su costo y que, con el paso del tiempo, el incremento será inevitable. Además, es evidente que la energía fotovoltaica no implica la necesidad de combustibles, sino que se utiliza un recurso gratuito e ilimitado como los rayos solares. El sistema fotovoltaico no demanda un alto costo, sin embargo, necesita un mantenimiento preventivo realizando la limpieza de los paneles solares y la bomba para erradicar impurezas que disminuyan su eficiencia. Es imprescindible revisar la presencia de conexiones flojas ni fracturados, y que los parantes metálicos (vigas, columnas) en estados óptimos para asegurar una larga durabilidad.

Con el incremento de la producción de palto y la comercialización de las frutas a la empresa exportadora se recuperó el costo de inversión, logrando recuperar la calidad que exige el mercado internacional, teniendo en consideración el beneficio del tiempo de cosecha que es en una ventana comercial temprana que oscila entre los meses de diciembre a marzo donde los precios son competitivos.

La producción promedio por hectárea bajo un sistema de bombeo convencional con uso de bombas eléctricas y bajo las horas de riego que tenía la asociación es de 7 t/ha aproximadamente (historial de producción campaña agrícola 2019– 2020), mientras que con el sistema de bombeo fotovoltaico la producción promedio en su primer año fue de 10 t/ha.

Referente al precio es variable por semanas, en la campaña 2019-2023 el promedio fue de 5 soles por kilo exportable y para el análisis del costo beneficio se realizará con el cálculo promedio de la producción y precio.

Producción bajo sistema de Bombeo eléctrico (2 horas por semana) – Campaña 2019 - 2020

Precio promedio* kilos producidos (ha) = Venta

$$5 \text{ soles} * 7,000 = \text{S/. } 35,000$$

Producción bajo sistema de bombeo fotovoltaico (9 horas por semana) – Campaña 2021 - 2022

Precio promedio* kilos producidos (ha) = Venta

$$5 \text{ soles} * 10,000 = \text{S/. } 50,000$$

Producción bajo sistema de bombeo fotovoltaico (9 horas por semana) – Campaña 2022- 2023

Precio promedio* kilos producidos (ha) = Venta

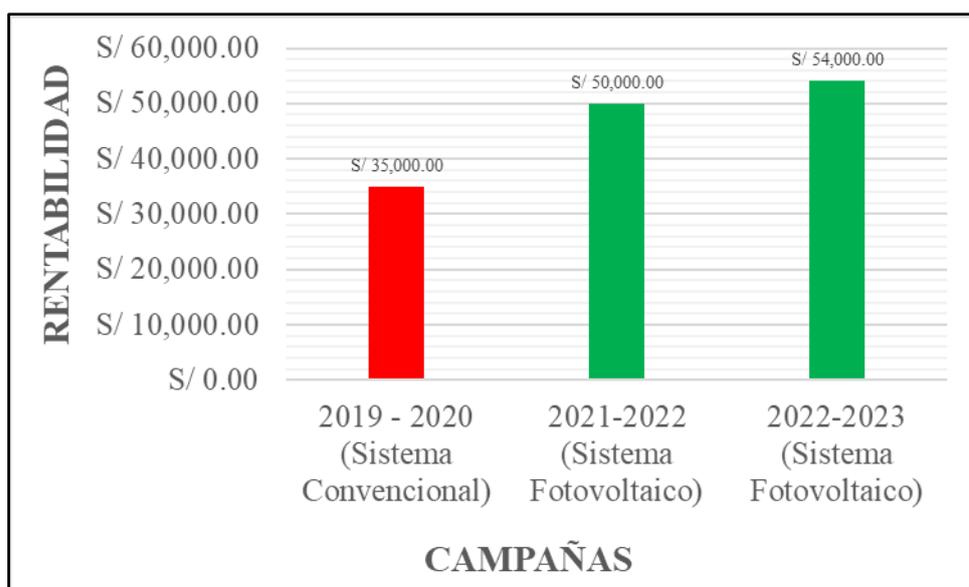
4,5 soles * 12, 000 = S/. 54, 000

El proyecto resultó rentable debido que el cálculo del costo beneficio nos indica que el costo retorno el siguiente año de haber instalado el sistema de bombeo fotovoltaico.

En la figura 5 se muestra el comparativo de la rentabilidad (producción * precio) durante las 03 campañas estudiadas, utilizando los 02 sistemas de bombeo (convencional y fotovoltaico).

Figura 5

Resultado comparativo entre los dos sistemas de bombeo



Nota. Se considera el precio promedio de S/. 5.00 por cada kilo cosechado durante las 03 campañas.

V. APORTES MÁS SIGNIFICATIVOS A LA EMPRESA

- Gracias al riego tecnificado con paneles solares aplicado el cultivo de palto se evidencia mayor eficiencia, obteniendo una producción del mismo, optimizando gastos y tiempos innecesarios, del mismo modo, se logró el mejoramiento de la calidad y tamaño de la fruta de variedad Hass, beneficiando a la empresa en el incremento de la cantidad de fruta exportable por campaña temprana.
- Opción de mercado para los productores de palta Hass en la región Huancavelica y demás regiones del Perú, ventana de marketing para la empresa que formo parte del proyecto puesta en marcha del sistema de bombeo con paneles solares, cuyo funcionamiento del sistema de riego se realizará en el instante adecuado y el tiempo requerido para la cosecha de palto.
- Denominación de empresa que impulsa la revolución verde en el Perú, dirigiendo sus esfuerzos a reducir los impactos ambientales en sus procesos y brindando apoyo a los proyectos sostenibles con el medio ambiente y la sociedad.

VI. CONCLUSIONES

La implementación del sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos facilitó la rentabilidad del proyecto ya que la solución solar es considerablemente más sustentable que la tradicional que utiliza electricidad, en la actualidad, se observa un ahorro considerable. De igual forma, el costo de inversión se recuperó con el aumento de la producción de palto y la venta de las frutas a la empresa exportadora al año siguiente de haber instalado el módulo de bombeo con panel solar.

Con el uso del sistema de bombeo con energía fotovoltaica se busca que los demás agricultores de la provincia de Churcampa demuestren interés en la función de impulsar el desarrollo sostenible en el país, presentándoles ventajas en términos de avance tecnológico, incremento de la productividad, y ventajas económicas a medio y largo plazo, del mismo modo, la utilización de la energía solar contribuye a la protección y preservación del medio ambiente.

El proyecto implementado redujo considerablemente los costos de producción del cultivo de palto debido que, la energía solar fotovoltaica evita los costos de electricidad y combustible, y se beneficia del recurso inagotable y gratuito de la radiación solar. El costo por mantenimiento del sistema es bajo porque solo se realizará la limpieza de paneles solares y bombas, para eliminar polvos y suciedades.

VII. RECOMENDACIONES

Implementar más módulos de bombeo fotovoltaico con el objetivo de incrementar las fronteras agrícolas en el Valle Chaipara, tomando como base la información y los resultados obtenidos, para mejorar rentabilidad y productividad del cultivo de palto.

Promover capacitaciones y ejecución de proyectos de sistemas de bombeo con paneles solares para lograr la sustentabilidad en los cultivos de palto, aplicando los pilares de la sostenibilidad relacionado al crecimiento económico, social y ambiental.

Replicar este proyecto con los demás agricultores de la provincia y región de Huancavelica para aportar información respecto a la disminución de costos de producción en cultivo de palto con el sistema de bombeo con panel fotovoltaico.

REFERENCIAS

- Agroarequipa, (2011). *Producción agraria: “Cultivo de Palto”*.
agroarequipa.blogspot.com/2011/08/Cultivo_de_Palto.html
- Agrobanco. (2011). *Manejo Integrado de Palto*. Oficina Académica de Extensión y Proyección Social – UNALM.
https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/palto/Guia_Tecnica_de_Palto.pdf
- Altamirano, S. (2016). *Introducción y manejo agronómico de (Persea americana Mill.) Var. Hass, en Sartimbamba, Sanches Carrión La Libertad* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/items/e2322752-9a01-4392-8d14-677701ff0461>
- Anyosa, B. (2013). Exportación y perspectiva del comercio de la palta Hass peruana. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. *Ciencia & Desarrollo*, 2 (15).
<http://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/CYD/article/view/308/261>
- Arencibia, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*. 17 (9): 1-4pp.
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63647456002.pdf>
- Asmat, C. (2018). Determinación de la eficiencia de un sistema de bombeo fotovoltaico en el distrito de Yaurisque-Cusco [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/40c0d8b8-bcc3-43ca-9b69-60459423f322>
- Baíza, V. (2003). Guía técnica del cultivo del aguacate. *SV. Editorial Maya*. 60-69 pp.
<https://repositorio.iica.int/handle/11324/7367>
- Bartoli, A. y Ángel, J. (2008). *Manual técnico del cultivo de aguacate Hass (Persea americana L.)*. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. La Lima, Honduras.

http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/654/EDA_Manual%20de%20producci%c3%b3n%20de%20aguacate.pdf?sequence=1

Benito, G. y Ruiz, K. (2018). *Análisis beneficio-costo de la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en el campus Aguas Claras de la Universidad Santo Tomás Sede Villavicencio, Meta* [Tesis de Pregrado, Universidad Santo Tomás Sede Villavicencio]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/13714>

Cafaggi, A., Rodal, E. y Sanchez, A. (2021). Sistemas de bombeo. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 379 pp. [https://www.ingenieria.unam.mx/deptohidraulica/publicaciones/pdf_publicaciones/Sistemas%20de%20bombeo%20\(dig-2021\)%201.pdf](https://www.ingenieria.unam.mx/deptohidraulica/publicaciones/pdf_publicaciones/Sistemas%20de%20bombeo%20(dig-2021)%201.pdf)

Colonia, L. (2013). *Guía técnica. Manejo integrado en el cultivo de palto*. Agrobanco. 6-9 pp. https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2020/05/031-f-palto_MANEJO_INTEGRAL_.pdf

Davalos, J. (2019). *Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para riego agrícola en el caserío la Guayaba, distrito de Bellavista, Jaén – Cajamarca* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Jaén]. http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/71/1/Davalos_PJ.pdf

Farfan, J. y Campos, A (2019). Energía Solar Fotovoltaica para la explotación de agua subterránea. *Revista de investigación y cultura*, 8(1):3-4. <https://www.redalyc.org/journal/5217/521758809019/html/>

Fernandez, A. (2022). *Diseño de sistema de bombeo con energía solar para reducir el costo energético en el cultivo de maíz en Batangrande, Lambayeque* [Tesis de grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5320/8/TL_FernandezFernandezAl_xi.pdf

- Ferreira, R., y Selles, G. (2017). Diez años de investigación en manejo del riego en palto. *Retrieved November 4* (1). <http://www.redagrica.com/cl/diez-anos-investigacion-manejo-del-riego-en-palto/>
- Flores, D. (2012). Cultivo de palto. Manual práctico para agricultores. *Swisscontact* 1 (1): 8. https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/MANUAL_CULTIVO_PALTO.pdf
- García, A. y Peñuela, L. (2019). Diseño e implementación de un sistema de paneles solares como prueba piloto para suministro energético de dispositivos móviles, en la Universidad Santo Tomás, sede Villavicencio campus Loma Linda [Tesis de grado, Universidad Santo Tomás Sede Villavicencio]. <https://bibliotecadigital.oducal.com/Record/ir-11634-17565?sid=182497>
- Guarín, W., y Ruiz, J. (2022). *Diseño de un sistema fotovoltaico de riego para la empresa agrícola Cactus S.A.* [Tesis de grado, Universidad Antonio Nariño]. <https://repositorio.uan.edu.co/server/api/core/bitstreams/22c948fe-ba17-49f1-9abc-38fc860c4415/content>
- Guerra, D., Grajales, L., Reyes, H. y Rebolledo, A. (2015). Uso eficiente del agua en la producción de aguacate Hass. *Suelos Ecuatorianos* 45 (1): 31-35. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7831447>
- Hernández, F. (2016). Etapas de la erradicación y manejo integrado de la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata* W.) en la Región Ica [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://localhost:4000/bitstreams/0ab99b93-9160-4421-86c9-2317f09f893b/download>
- Huachaca, W. (2012). Análisis de la situación actual de la producción de palto (*Persea americana* L.) En el Valle Pampas – Huancayo [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/browse?value=Producci%C3%B3n+de+palto&type=subject>

- Huacho, R. (2021). *Comportamiento del índice de radiación solar ultravioleta (uv) en los periodos 2018 – 2019, en la ciudad de Huancavelica* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <file:///C:/Users/ASE026/Downloads/TESIS-2021-ING.%20AMBIENTAL-YAULILAHUA%20HUACHO.pdf>
- Huamán J. (2017). *Informe por servicios profesionales en el cultivo de palto (Persea americana) var. Hass para exportación en la empresa agrícola Pampa Baja S.A.C.* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín Arequipa]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/51166eee-0ad0-46c0-a00d-db7f9dfcbdad>
- Huaylla, L. (2019). *Sistemas de riego tecnificado*. Instituto de capacitación del Oriente. 26pp. https://ico-bo.org/wp-content/uploads/2019/09/Cartilla_Riego_Tecnificado_GAP_web.pdf
- Juárez, Y. (2019). *Impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua para el cultivo de palta* [Tesis de grado, Universidad Científica del Sur]. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/908>
- Laborde, M. y Williams, M. (2016). *Energía solar*. Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 1ra edición. 161 pp. https://www.ancefn.org.ar/user/FILES/PUBLICACIONES/Energia_Solar.pdf
- Leris, L. (2017). *Programación y manejo del riego en palto*. Boletín INIA N° 13 (1). 40-54 pp. <https://cdn.portalfruticola.com/2018/07/7ae56cd8-13-manual-palto.pdf>
- Luis, K. (2015). *Efecto de los factores físico químicos y biológicos sobre Phytophthora cinnamomi Rands aislada de cultivo de palto (Persea americana Mill) del distrito de Moquegua* [Tesis de grado, Universidad Jose Carlos Mariategui]. <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/97>
- Mendivelso, C. (2016). *Sistema de riego por goteo con paneles solares en un cultivo de árboles de olivo en la finca Olivanto en Boyacá, Colombia y una parcela de Tacna, Perú* [Tesis de grado, Universidad Santo Tomas]. <file:///C:/Users/ASE026/Downloads/Trabajo%20principal..pdf>

- Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). *Boletín Palta 2014*. Lima, Perú: Biblioteca Nacional del Perú. <https://es.slideshare.net/slideshow/minag-boletin-palta-2014/44963651>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2016). *La palta, "Producto de exportación"*. Lima, Perú: Biblioteca Nacional del Perú. <https://idmaperu.org/wp-content/uploads/2023/03/MANUAL-PALTO-HVCA.pdf>
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. (2024). Huancavelica: Reporte de comercio general I semestre 2023. Plataforma del Estado Peruano. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5688874/5051920-rcr-huancavelica-i-semester-2023.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2024). Exportación de palta superó las 36 mil toneladas en primer bimestre de 2024. Plataforma del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/agromercado/noticias/930071-midagri-exportacion-de-palta-supero-las-36-mil-toneladas-en-primer-bimestre-de-2024>
- Ministerio de Salud. (2009). Tablas Peruanas de composición de alimentos. (Ed, 8°). 26-27 pp. <https://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/20.500.14196/1034/tablas-peruanas-QR.pdf>
- Morales, J. (2006). *Informe por servicios profesionales en el cultivo de palto (Persea americana) var. Hass para exportación en la empresa agrícola Pampa Baja S.A.C.* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín Arequipa]. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4864014>
- Moreno, C., González, M. y Egido, J. (2015). Influencia del manejo sobre la calidad del suelo. *Revista Científica Ecuatoriana*, 2 (1), 33–40. <http://www.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadorescalidad/index.php/revista/article/view/4/6>

- Ranilla, J. y Mamani, E. (2023). *Diseño de una estación de riego tecnificado utilizando energía solar, para el cultivo de paltas en el Valle de Chilina, Arequipa* [Tesis de grado, Universidad Continental]. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13882/8/IV_FIN_111_TE_Mamani_Ranilla_2023.pdf
- Redagrícola. (2020). *Evaluación del efecto de la salinidad sobre variables fisiológicas y vegetativas: Palto Hass sobre portainjertos Zutano y Velvick*. <https://www.redagricola.com/pe/palto-hasssobre-portainjertos-zutano-y-velvick/>
- Reina, J. (2016). *Sustentabilidad de los sistemas agropecuarios en la zona del proyecto de riego Carrizal - Chone etapa I (Manabí, Ecuador)* [Tesis de grado, Universidad Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/b810ce3f-5261-4b22-94e5-fc4b429e3166>
- Revelo, C. y Sisalema, L. (2016). *Determinación de los periodos fenológicos de dos variedades de aguacate (Persea americana), en dos localidades de los valles interandinos de Pichincha*. [Tesis de pregrado, Universidad de las Américas]. <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/5145>
- Rincon, D. (2020). *Proyecto de riego utilizando energía solar para el cultivo de limones en la finca contador del Municipio de Viani* [Tesi de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/57d2b630-6306-46ba-aafc-71e59c8d67b4/content>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2018). *Niveles de radiación ultravioleta. Plataforma del Estado Peruano*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=prensa&n=783>
- Timana, W. (2019). *Generacion de energia fotovoltaica y su utilizacion en sistemas de bombeo para riego tecnificado, aplicando la guia PMBOK* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura] . <https://repositorio.unp.edu.pe/items/955efd68-cac1-40b8-98bb-1dde5b1ce253>

- Vargas, A. (2019). *Diseño de un sistema de bombeo de agua con paneles solares para mejorar el riego por goteo del cultivo de cacao en el fundo La Esperanza, Lamas, San Martín* [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3211264>
- Varón, E., Caicedo, L. y Quiroga, L. (2008). Generalidades de la mosca blanca (*Aleurotrachelus trachodius*) del aguacate. CORPOICA. 22-25 pp. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1783/Ver_documento_1783.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vivanco, E. (2020). *Energías renovables y no renovables: Ventajas y desventajas de ambos tipos de energía*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. 9 pp. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/29102/1/BCN_Energia_renovable_y_no_renovableventajas_y_desventajas_final.pdf
- Whiley, A., Schaffer, B. y Wolstenholme, B. (2007). El Palto, botánica, producción y usos. *Ediciones Universitarias de Valparaíso*. 1 (1): 358-364pp. <https://www.agricolajerez.com/es/product/el-aguacate-el-palto-botanica-produccion-y-usos>

ANEXOS

Figura 6

Capacitación a los productores de palta del valle de Chaipara



Nota. Elaboración propia

Figura 7

Instalación de las estructuras metálicas para el soporte de paneles solares



Nota. Elaboración propia

Figura 8

Colocación de 12 paneles fotovoltaicos en el módulo de bombeo



Nota. Elaboración propia

Figura 9

Implementación y conexión del módulo de bombeo conjuntamente con los paneles solares



Nota. Elaboración propia

Figura 10

Bomba sumergible multietapa PMSM de 7.5 Hp utilizado en el proyecto



Nota. Elaboración propia

Figura 11

Vista panorámica actual de módulos de bombeo en el valle de Chaipara



Nota. Elaboración propia

Figura 52

Implementación de otros módulos de bombeo en el valle de Chaipara



Nota. Elaboración propia

Figura 13

Salida del agua por la manguera de 2 pulgadas



Nota. Elaboración propia

Figura 64

Almacenamiento del agua en el reservorio independiente



Nota. Elaboración propia

Figura 15

Incremento de calibre en la fruta (ganancia de peso y tamaño) de palta Hass



Nota. Elaboración propia

Figura 16

Mejoramiento en la producción (t/ha) de palta Hass



Nota. Elaboración propia

Figura 17

Incremento de la exportación de palta Hass en mercados internacionales



Nota. Elaboración propia

Figura 18

Difusión del proyecto realizado en los medios de comunicación



Nota. Elaboración propia